Instytut Gospodarki
Surowcami Mineralnymi
i Energią
Polskiej Akademii Nauk

Szkoła Eksploatacji Podziemnej

KGHM
POLSKA MIEDŹ

Patron Jubileuszowego Wydania
Materiałów Konferencyjnych
SEP 1992-2021



Kraków 2021

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią

POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA

Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2021

Informujemy, że materiały konferencyjne SEP ze wszystkich edycji 1992-2021 dostępne będą na stronie www.szkolaeksploatacji.pl po zakończeniu konferencji.

Kraków, 27–29 września 2021



KOMITET ORGANIZACYJNY

Jerzy Kicki (przewodniczący), Jacek Jarosz (wiceprzewodniczący),
Eugeniusz Jacek Sobczyk, Barbara Marchewczyk, Michał Kopacz, Dominik Galica, Rafał Polak, Krzysztof Stachurski, Leszek Malinowski, Sylwester Kaczmarzewski, Jarosław Kulpa, Piotr Olczak, Paweł Kamiński

ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

Szkoła Eksploatacji Podziemnej
ul. Józefa Wybickiego 7
31-261 Kraków
tel./fax (12) 632-13-24
fax (12) 632-35-24

REDAKCJA TECHNICZNA, SKŁAD I ŁAMANIE TEKSTU

Krzysztof Stachurski

©Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2021

Do użytku wewnętrznego

Materiały opublikowane w wersji elektronicznej na podstawie dostarczonych tekstów i prezentacji.

Słowo wstępne

Drodzy Uczestnicy i Sympatycy Szkoły

Praktycznie rzutem na taśmę mówiąc językiem sportu, zorganizowaliśmy XXIX Szkołę Eksploatacji Podziemnej w roku 2020, a teraz obchodzimy piękny jubileusz 30-lecia naszej działalności, czyli czas na wspomnienia, ale i myślenie o przyszłości. Tym bardziej, że górnictwo się zmienia w tempie niezwykłym i dotyczy to wyzwań jakie stawiają przed branżą rosnące wymagania społeczne, środowiskowe, techniczne. Górnictwo światowe wyjątkowo dobre zniosło zderzenie z Czarnym Łabędziem, jakim okazała się pandemia, uzyskując bardzo dobre wyniki finansowe niewiele odbiegające od roku 2019. Czarnym Łabędziem Nassim Taleb nazywa nieprzewidywalne zdarzenia, które rządzą naszym życiem, co opisał w swojej najbardziej poczytnej książce pt. „Czarny Łabędź. Jak nieprzewidywalne zdarzenia rządzą naszym życiem". Wprawdzie w jednym z wywiadów stwierdził, że on i inni naukowcy ostrzegali i przewidywali możliwość wystąpienia pandemii, ale opinie te są osamotnione. Zdecydowana większość zgadza się z poglądem, który zaprezentował Albert Camus w słynnej „Dżumie", iż na świecie było tyle dżum, co wojen. Mimo tego dżumy i wojny zastają ludzi zawsze tak samo zaskoczonych. I nie inaczej było w przypadku pandemii COVID-19, która ciągle mutując, obnaża słabość nie tylko polskiej służby zdrowia, ale też wielu krajów na świecie ciągle powiększając liczbę ofiar.

To katastrofalne wydarzenie ma miejsce w niezwykłej dramatycznej sytuacji jaką jest wyścig z czasem mający na celu zmniejszenie ilości gazów cieplarnianych będących bezpośrednią przyczyną zmian klimatu, których konsekwencją jest konieczność podjęcia zdecydowanych wysiłków jakim jest transformacja energetyczna. W warunkach polskiej energetyki, gdyż paliwa kopalne stanowią źródło energii na poziomie ponad 70 % oznacza to olbrzymie problemy w górnictwie węgla brunatnego i kamiennego. Spadek wydajności i problemy finansowe dotyczące branży węgla kamiennego zmuszają nas jako organizatorów Szkoły do zdecydowanych działań promujących rozwiązania techniczne i innowacyjne, które będą wpływały na poprawę sytuacji ekonomiczno-finansowej spółek i kopalń. Szkoła jest związana z górnictwem węgla kamiennego od początku swojego istnienia. Pierwsze nasze spotkania zdominowane były działaniami restrukturyzacyjnymi, które były koniecznością po zderzeniu jakim było przejście z niewydolnego systemu gospodarczego czasów komunistycznych do gospodarki rynkowej. Brak konsekwentnych ciągłych działań na rzecz dogłębnych rozwiązań jest widoczny do dzisiaj.

XXX Szkoła Eksploatacji Podziemnej zapowiada się niezmiernie pracowicie. Przed nami sesja plenarna będąca opisem stanu energetyki w Polsce i działań jakie podejmują spółki górnicze na rzecz poprawy efektywności energetycznej i rozwoju odnawialnych źródeł energii. Kilkanaście sesji tematycznych będzie przekazem działań szczegółowych w różnych obszarach górnictwa. Tegoroczna Szkoła odbywa się w momencie ważnym dla spółek górniczych nie związanych z węglem a mianowicie dla KGHM Polska Miedź SA i ZGH Bolesław. Górnictwo rud cynku i ołowiu przechodzi do historii z podniesionym czołem. Wyczerpane złoża rejonu olkuskiego skłoniły kierownictwo firmy do przygotowania strategii firmy, która może być wzorem dla wszystkich, którzy kończą działalność górniczą. KGHM Polska Miedź SA, który jest największym producentem srebra na świecie i znaczącym miedzi, ale też największym „pożeraczem" energii w Polsce, angażuje ogromne środki w inwestycje zmieniające energetykę. Odnotowuje też po raz pierwszy zdecydowaną poprawę sytuacji ekonomiczno-finansowej w kopalni Sierra Gorda, której jest współwłaścicielem obok Sumitomo Corporation.

Pisząc o XXX Szkole, myślę, że warto przytoczyć nieco faktów historycznych związanych z jej dorobkiem. W dwudziestu dziewięciu Szkołach odnotowaliśmy 11 177 uczestników (niektórzy z nich byli wielokrotnie) wygłoszono 3721 referatów, zorganizowano kilkadziesiąt paneli dyskusyjnych. Szkole towarzyszyły często obrady International Mining Forum - naszego swoistego okna na świat. Stworzona Biblioteka Szkoły Eksploa-

tacji Podziemnej to wydanie ponad 100 książek i raportów. Przez długi czas towarzyszył nam portal Teberia – dzisiaj nieco zapomniany. W roku 1995 ukazał się Biuletyn Informacyjny Szkoły, który towarzyszy nam każdego roku i jest informacją o jej działaniach i dokonaniach. Mimo usilnych starań nie udało
nam się zachęcić do pisania uczestników SEP, a więc tych którym zawdzięczamy nasze istnienie, a szkoda.

Licznemu gronu najstarszych uczestników Szkoły dedykuję fragment tekstu znakomitej piosenki wspaniałego Barda jakim był Wojciech Młynarczyk „Jeszcze w zielone gramy"

Jeszcze w zielone gramy, chęć życia nam nie zbrzydła
Jeszcze na strychu każdy klei połamane skrzydła
I myśli sobie Ikar, co nie raz już w dół runął
Jakby powiało zdrowo to bym jeszcze raz pofrunął"
Jeszcze w zielone gramy, choć życie nam doskwiera
Gramy w nim swoje role, naturszczycy bez suflera
W najróżniejszych sztukach gramy, lecz w tej co się skończy źle
Jeszcze nie, długo nie

Młodszym uczestnikom dedykuję fragment tekstu będący częścią hymnu Piwnicy pod Baranami słynnej Dezyderaty – utworu z niezwykłą historią powstania to przepis na mądre i piękne życie:

Niech twoje osiągnięcia zarówno jak plany będą dla Ciebie źródłem radości. Wykonaj swą pracę z sercem, jakakolwiek byłaby skromna, ją jedynie posiadasz w zmiennych kolejach losu. Bądź ostrożny w interesach, na świecie bowiem pełno oszustwa. Niech Ci to jednak nie zasłoni prawdziwej cnoty.

Jerzy Kicki

GLORIA PATRONIS

Partnerzy i Patroni SEP 2021

KGHM POLSKA MIEDŹ

Patron Jubileuszowego Wydania
Materiałów Konferencyjnych
SEP 1992-2021

ABB

BOGDANKA

Hitachi ABB Power Grids

KOMATSU

P&H JOY MONTABERT

IBM

KGHM CUPRUM
CENTRUM BADAWCZO-ROZWOJOWE

JSW SA

DATAMINE

PBSz

ZGM BOLESŁAW

SANDVIK

FAMUR

DREMEX EST. 1978

Skanix

+GF+

Kopalnia Soli Wieliczka

Patronat medialny

netTG.pl GOSPODARKA · LUDZIE

Trybuna Górnicza

Wydawnictwo Gospodarcze

Inżynieria Górnicza

napędy i sterowanie

Pokłady możliwości



KGHM

Rozwój metod diagnostycznych urządzeń przeróbczych w KGHM Polska Miedź S.A. na przykładzie projektu „Monitoring maszyn kruszących”, akronim OPMO, dofinansowanego z KIC Raw Materials.

Wojciech Anacki

Wydział Zarządzania Programami i Projektami Dofinansowanymi
XXX Szkoła Eksploatacji Podziemnej w Krakowie, 2021

Plan prezentacji

1. KGHM Polska Miedź S.A. w KIC Raw Materials
2. Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – wprowadzenie
3. Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – założenia
4. Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – działania w KGHM – oczujnikowanie
5. Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – działania w KGHM – warstwa analityki danych
6. Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – podsumowanie
7. Pytania?

KGHM Polska Miedź S.A. w EIT KIC Raw Materials



Rys.1 Organizacja EIT Raw Materials, źródło: https://eitrawmaterials.eu/about-us/, dostęp 10.09.2021

KGHM Polska Miedź S.A. jest partnerem stowarzyszonym Wspólnoty **EIT Raw Materials** i uczestniczy w międzynarodowych projektach badawczych od 2016 roku.

EIT Raw Materials składa się z **120 partnerów głównych** i **180 partnerów projektowych** z 20 krajów UE, będących przedsiębiorstwami, uniwersytetami i jednostkami badawczo-rozwojowymi.

KGHM Polska Miedź S.A. w EIT KIC Raw Materials

- Od 2016 KGHM był członkiem konsorcjum 6 projektów Upscalling oraz 1 Projekt RIS o łącznej wartości ponad 15 mln EUR.

MAMMA
Maintained Mine and Machine

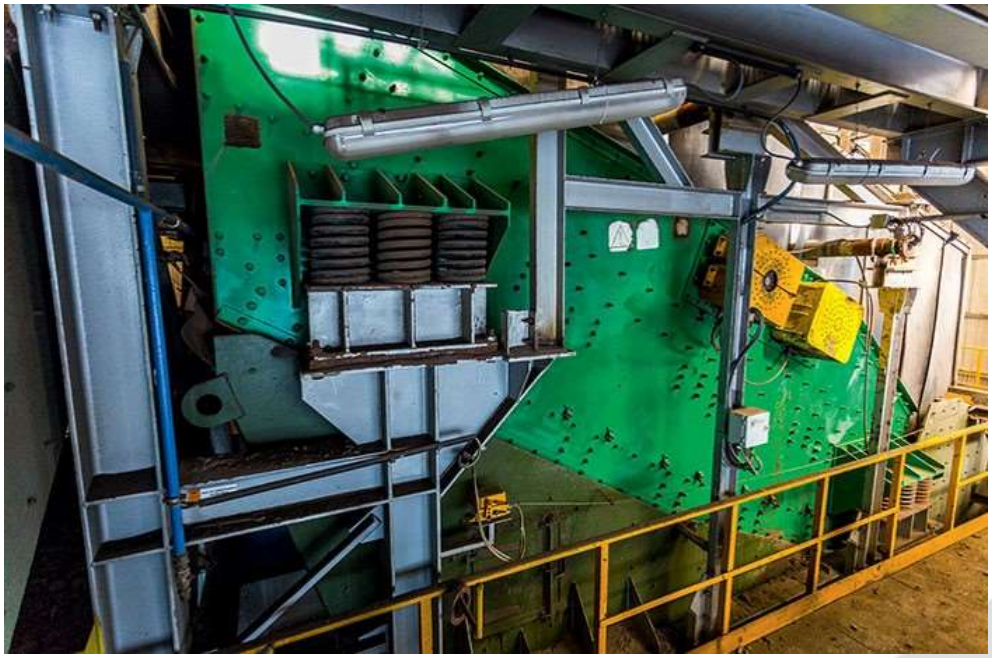
OPMO
Operational Monitoring of Mineral Crushing Machinery

AMICOS

BatterFlai

ReviRis
Revitalising Post-Mining Regions

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących - wprowadzenie



Rys 2. Widok przesiewacza SWR-3 w KGHM Polska Miedź S.A., Oddział ZWR Rejon Polkowice

Czas trwania: **3 lata** (01/2019 do 12/2021)

Budżet konsorcjum:
1,1 mln EUR

Dofinansowanie z **EIT Raw Materials**

Wrocław University of Science and Technology

Tampere University

KGHM CUPRUM
CENTRUM BADAWCZO-ROZWOJOWE

metso minerals

ameplus systemy sterowania

KGHM POLSKA MIEDŹ

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – wprowadzenie - zespół

1. Uniwersytet w Tampere – koordynator - kier. Prof. Arto Lehtovaara
2. Metso – kier. Marke Kallio
3. KGHM Polska Miedź S.A. – kier. mgr inż. Marek Jach
4. AMEPlus – kier. Dr inż. Szymon Ogonowski
5. KGHM Cuprum – kier. Dr inż. Paweł Stefaniak
6. Politechnika Wrocławska – kier. Prof. Radosław Zimroz

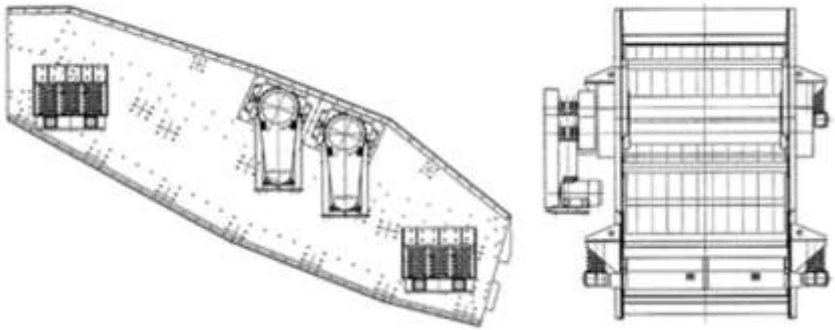


Rys 3. Zespół KGHM, Cuprum, PWR i AMEPlus w trakcie pomiarów w O/ZWR Polkowice, 2019 rok

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących - założenia

„KGHM Case" – monitoring przesiewacza

- Prace realizowane przez KGHM Polska Miedź S.A., KGHM Cuprum, Politechnikę Wrocławską i AMEPlus
- Rozwój istniejących systemów monitorujących pracę przesiewacza
- Pilotaż w oparciu o przesiewacz wibracyjny Kofama PZ3-3, Rejon Polkowice Oddziału KGHM Zakłady Wzbogacania Rud



Rys 4. Schemat konstrukcji przesiewacza Kofama PZ3-3

„Metso Case" – monitoring kruszarek

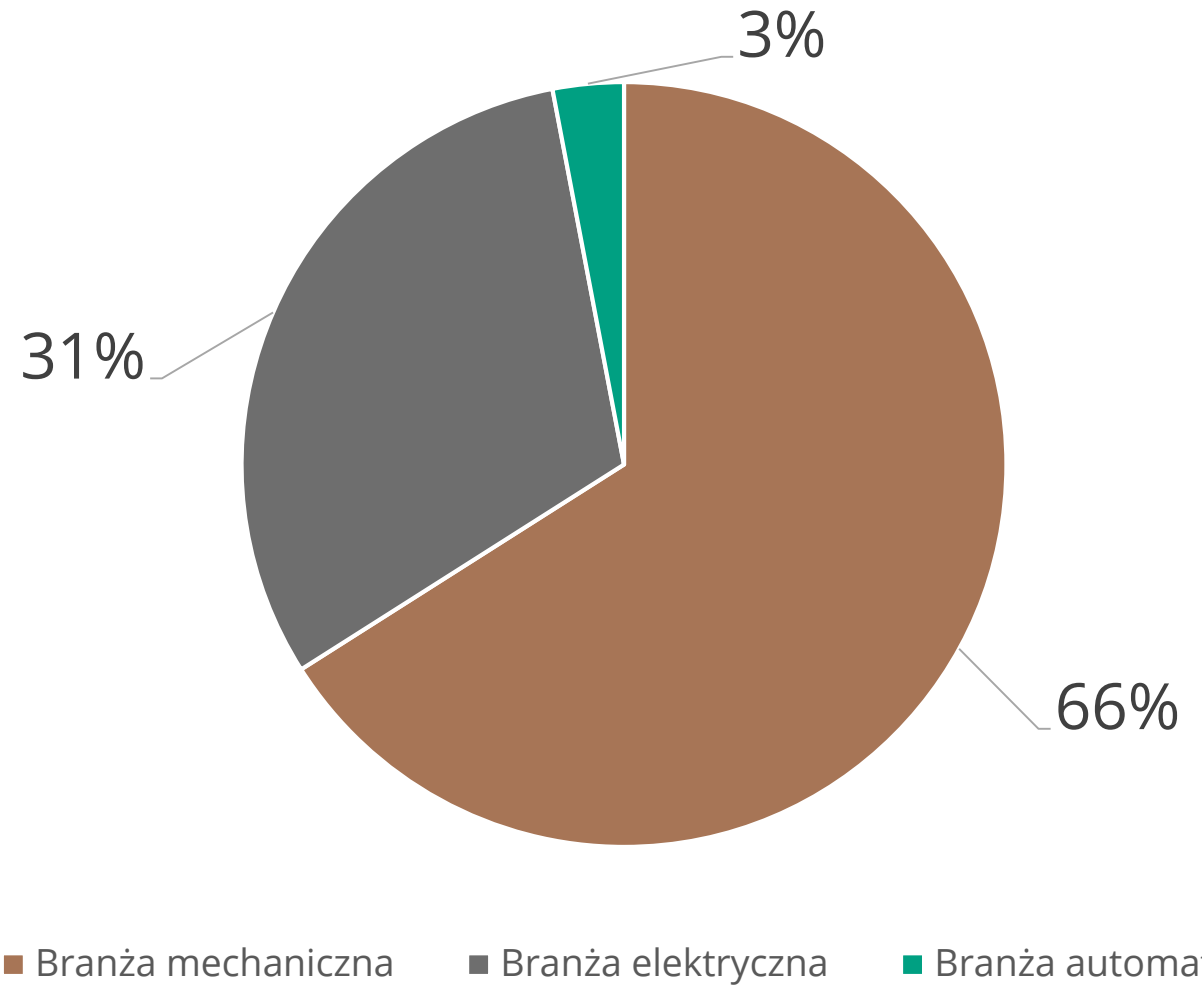
- Prace realizowane przez Metso i Uniwersytet w Tampere
- Rozwój istniejących systemów monitorujących pracę kruszarek mobilnych
- Pilotaż w oparciu o kruszarkę szczękową Metso Nordberg® C130™



Rys 5. Zdjęcie poglądowe kruszarki Metso Nordberg® C130™

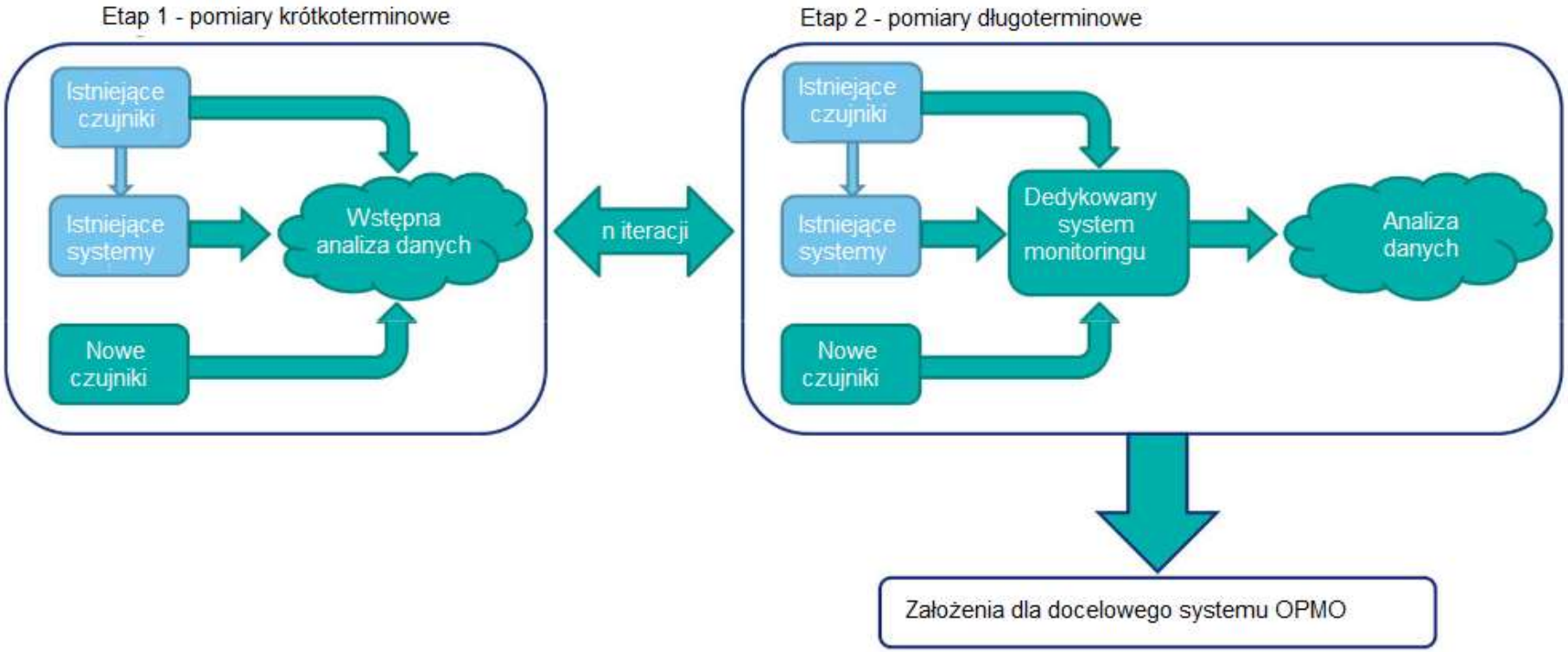
Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących - założenia

Grupy przyczyn awarii przesiewacza powodujących zatrzymanie - wg branż w latach 2019-2020



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z O/ZWR Polkowice

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – działania w KGHM - oczujnikowanie

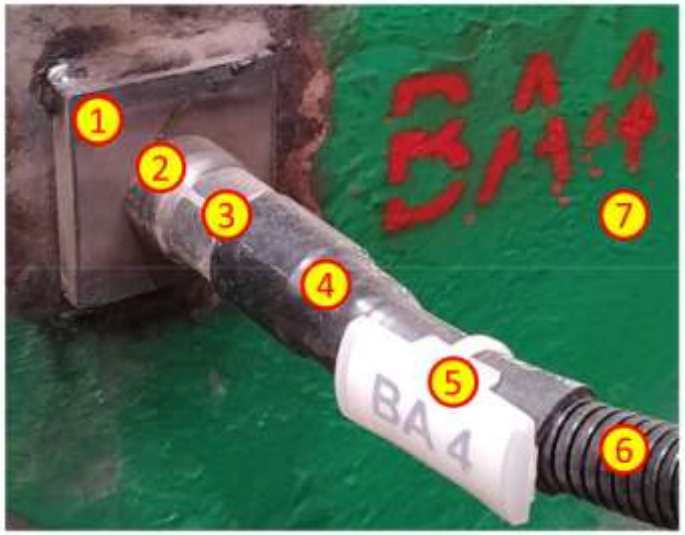


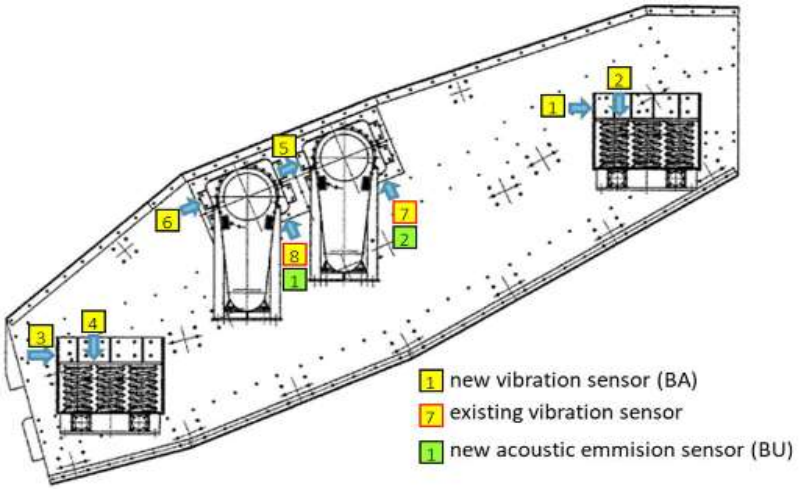
- Pomiary krótkoterminowe – 1-zmianowe sesje pomiarowe w 1. roku realizacji projektu
- Pomiary długoterminowe – ciągłe pomiary ze zdalną transmisją danych do PWR, Cuprum i AME od kwietnia 2019 roku

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – działania w KGHM - oczujnikowanie

- Parametry rejestrowane przez aktualny system monitoringu:
  - Prądy silników napędowych M1 i M1 [A]
  - Sygnał pracy silników [0/1]
  - Strumień nadawy [t/h]
  - Strumień produktu [t/h]
  - Temperatura łożysk [oC]
  - Przyspieszenia na wałach A i B [g]
  - Przemieszczenia wałów A i B [d]

- Rozbudowa o czujniki:
  - 2 zestawy czujników wibracyjnych (nr 1-2 i 7-8) po każdej ze stron przesiewacza na obudowie sprężyn) (pomiary dwuosiowe)
  - 2 zestawy czujników wibracyjnych na łożyskach (3-4 i 5-6) od strony napędu
  - Czujniki akustyczne
  - System wizyjny



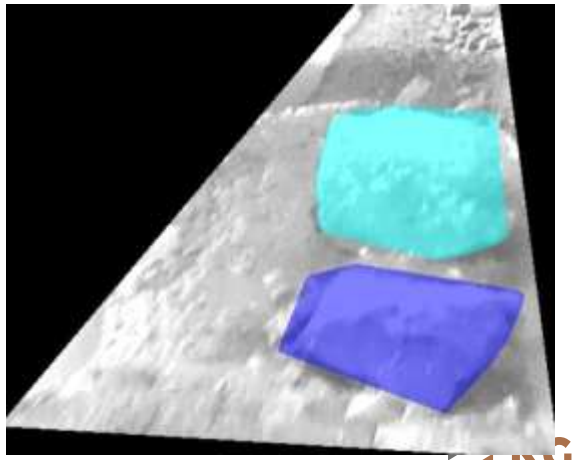


Rys 6a i 6b. Sposób montażu czujników na przesiewaczu, źródło: Raport Deliverable 4.3: Specification of new holistic system

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – działania w KGHM – warstwa analityki danych

- Prace realizowane głównie przez KGHM Cuprum, Politechnikę Wrocławską i AMEPlus
- Wyzwania w zakresie danych wizyjnych:
  - Synchronizacja danych pomiarowych (np. względem pomiarów wibroakustycznych)
  - Algorytmy automatycznej detekcji zdarzeń jako element systemu SCADA
- Wyzwania w analizie danych wibracyjnych:
  - Oddzielenie sygnałów tła od „sygnału diagnostycznego”
  - Przejście z danych surowych na cechy diagnostyczne
  - Parametry rzetelnej oceny stanu diagnostycznego urządzenia oraz wartości progowe

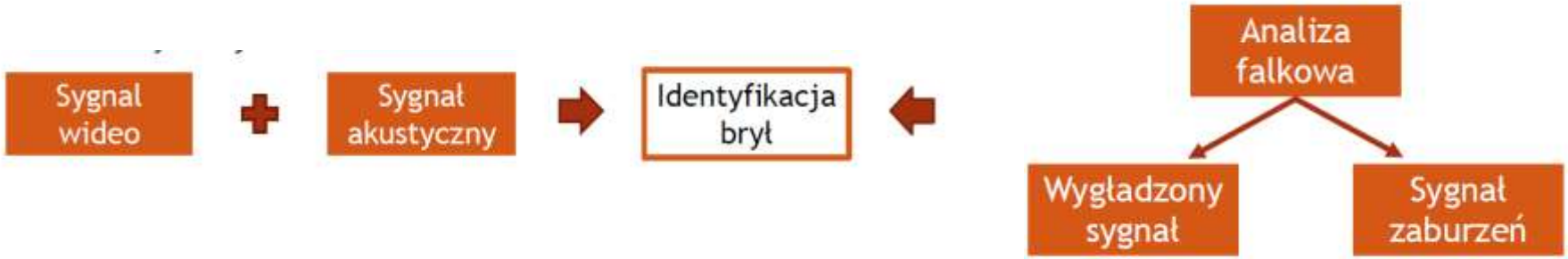




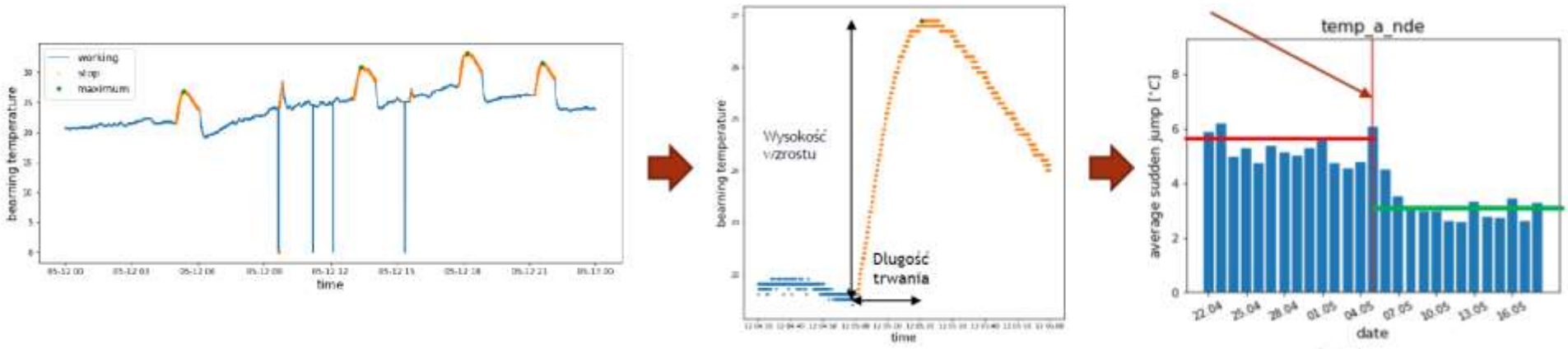
Rys 7a i 7b. Analiza nadawy i system detekcji brył, źródło: Raport Deliverable 5.1: Specification of updated data analysis methods

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – działania w KGHM – warstwa analityki danych

- Opracowane algorytmy uwzględniają m.in.:
  - Identyfikację źródeł zakłóceń w sygnałach akustycznych i wideo



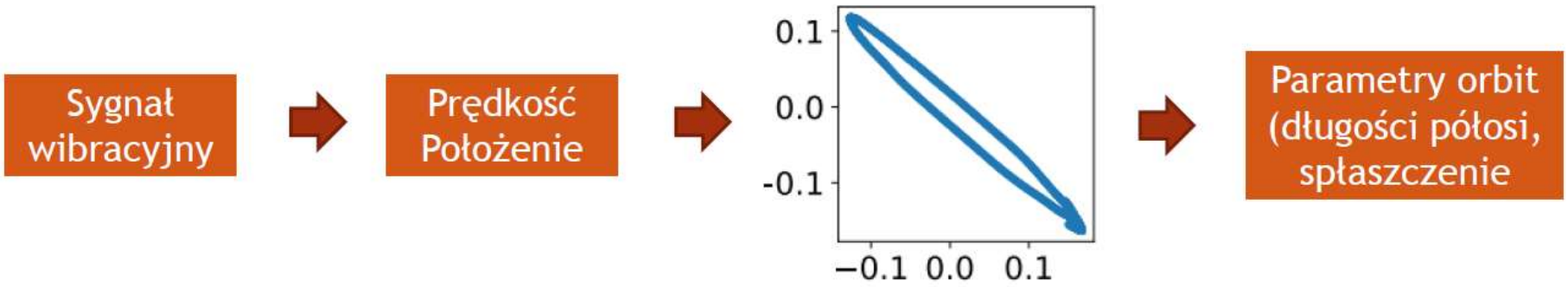
  - Ekstrakcję cech temperaturowych dla łożysk przesiewacza



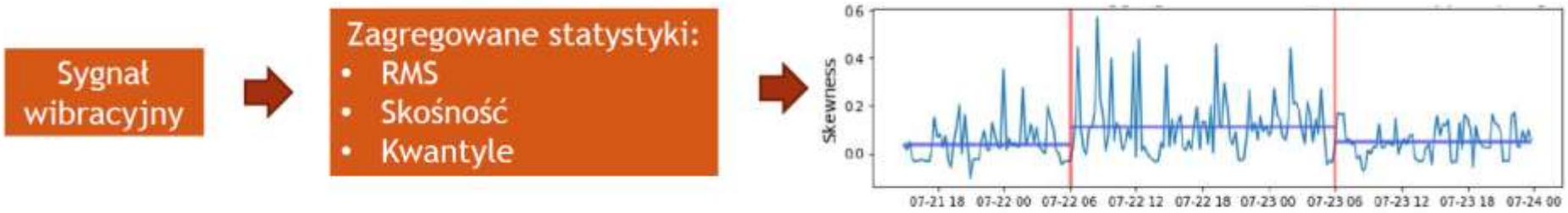
Rys 8a i 8b. Opracowane algorytmy analizy danych, źródło: KGHM Cuprum

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – działania w KGHM – warstwa analityki danych

- Opracowane algorytmy uwzględniają m.in.:
  - Parametryzację trajektorii przesiewacza



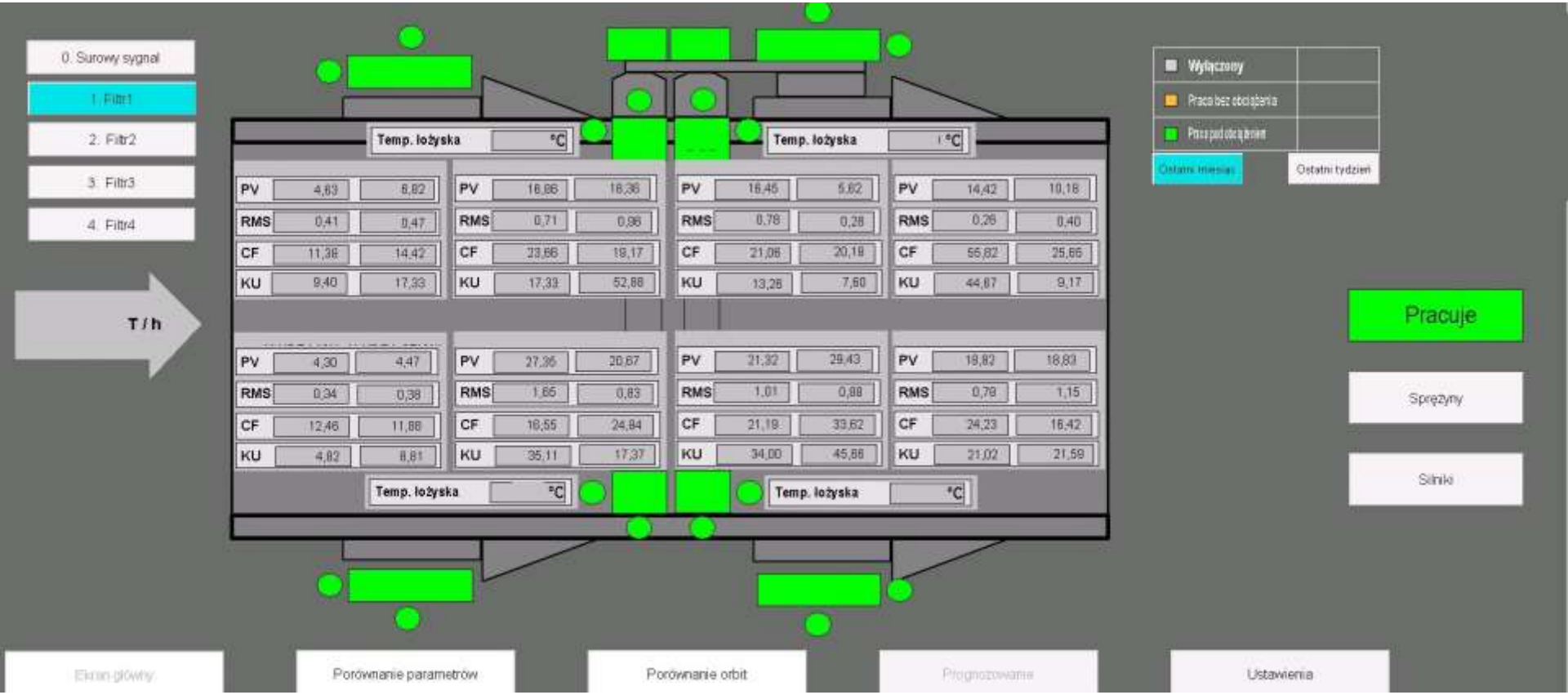
  - Parametryzację sygnałów drganiowych



Rys 9a i 9b. Opracowane algorytmy analizy danych, źródło: KGHM Cuprum

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – podsumowanie

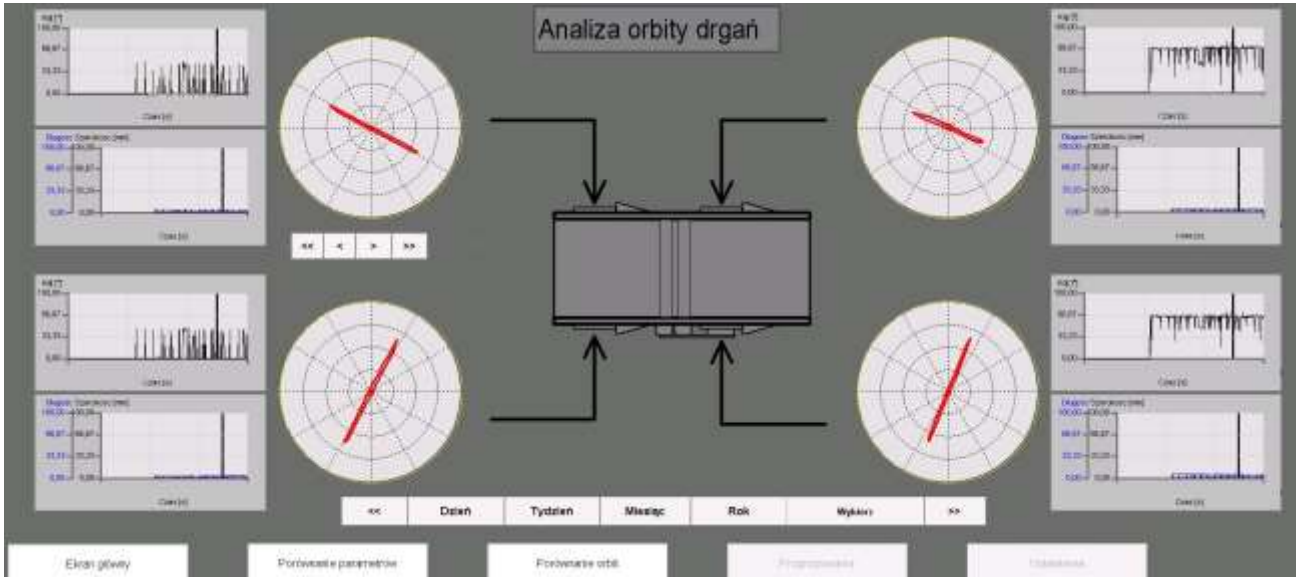
System OPMO został zintegrowany do modułu SCADA, widok ogólny:



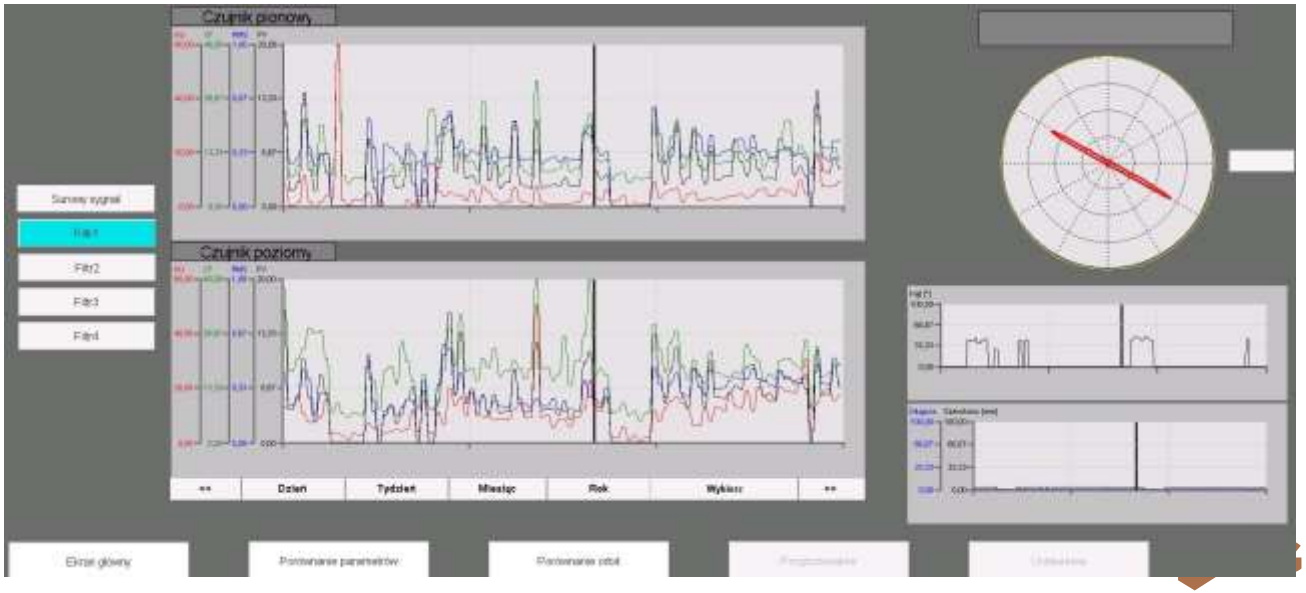
Rys 10, Widok ogólny modułu SCADA systemu OPMO dla przesiewacza, źródło: firma AMEPlus

KGHM

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – podsumowanie



Rys 11, Widok ekranu analitycznego dla sprężyn, źródło: firma AMEPlus



Rys 12, Widok ekranu analitycznego dla konkretnej sprężyny, źródło: firma AMEPlus

Projekt OPMO: Monitoring Maszyn Kruszących – podsumowanie

- KGHM Polska Miedź S.A aktywnie uczestniczy w procesie pozyskiwania dofinansowania ze źródeł publicznych na innowacje i działalność badawczo-rozwojową.
- Konsorcja międzynarodowe mogą ubiegać się o dofinansowanie rzędu kilku milionów Euro.
- Jednym z obszarów na które można pozyskać dofinansowanie jest rozwój systemów analityki danych w procesach przemysłowych, czego przykładem może być projekt OPMO.
- Projekty dofinansowane z KIC Raw Materials są nastawione na zastosowanie komercyjne i przyszłą sprzedaż, w wymiarze szerszym niż jedno przedsiębiorstwo.
- Więcej informacji o projekcie można uzyskać na stronach:
  - https://eitrawmaterials.eu/project/opmo/
  - https://projects.tuni.fi/opmo/

KGHM

Dziękuję za uwagę

Wojciech Anacki
KGHM Polska Miedź S.A.
Centrala

Informatyczny system wsparcia obliczeń trakcyjnych układów transportu podziemnego w kopalniach PGG S.A.

IT System for Traction Calculations of Underground Transport Systems in PGG S.A. Mines

Łukasz Bednarczyk
Polska Grupa Górnicza S.A.

STRESZCZENIE: Wyrobiskami podziemnymi kopalń węgla kamiennego biegną szlaki transportu, po których poruszają się zestawy transportowe i pociągi przewożące dziesiątki megagramów ładunków; obudowy chodnikowej, drewna, części maszyn i urządzeń w tym sekcji obudowy zmechanizowanej. Mając na uwadze skalę ilości zadań transportowych w kopalniach PGG S.A., w celu zagwarantowania bezpieczeństwa, efektywnego wykorzystania taboru, lepszej organizacji pracy rozpoczęto wdrożenie ustandaryzowanego narzędzia informatycznego będącego wsparciem obliczeń trakcyjnych układów transportu podziemnego. W referacie przedstawiono proces tworzenia i wdrożeniu programu w strukturach kopalń spółki. Opisane zostały założenia i sposób funkcjonowania aplikacji na podstawie modułu dla kolejek podwieszonych. Wskazano kierunki rozwoju oraz przedstawiono zrealizowane pomiary dołowe w zakresie wyznaczenia sił działających na łuk obudowy chodnikowej pochodzących od ruchu zestawów transportowych kolejek podwieszonych.

ABSTRACT: Underground excavations in hard coal mines are traversed by locomotives, tractors, trains transporting tens of mega grams of cargo; roadway supports, timber, parts of machinery and equipment including sections of powered roof supports. In view of the scale of transport tasks in the mines of PGG S.A., in order to ensure safety, efficient use of rolling stock, better organisation of work. In PGG S.A., the implementation of a standardised IT tool has been started as a support for traction calculations of underground transport systems. The paper presents the process of creation and implementation of the application in the structures of the company's mines. Assumptions and way of functioning of the application on the basis of the module for overhead railways were described. The directions of development are indicated, and underground measurements are presented in the scope of determining the forces acting on the curve of the casing coming from the movement of transport sets of overhead rail vehicles.

SŁOWA KLUCZOWE: Transport podziemny, kolejki podwieszone, informatyzacja górnictwa, obliczenia trakcyjne

GENEZA POWSTANIA PROGRAMU OBLICZEŃ TRAKCYJNYCH

W skład PGG S.A. wchodzi 7 kopalń, w tym 4 kopalnie zespolone, 14 wydzielonych ruchów, każda z kopalń posiada rozbudowane systemy transportu dołowego, zazwyczaj są to układy

transportu kolei podziemnej, kolejek podwieszonych i kolejek spągowych, w zdecydowanej większości przypadku są to środki transportu z napędem własnym a napęd linowy stosowany jest obecnie tylko w sporadycznych przypadkach. Środkami transportu dołowego każdego dnia, na każdej zmianie w kopalniach PGG S.A. przemieszczane są setki a nawet tysiące megagramów ładunków. W każdym drobnym przypadku zadania transportowego, są to masy, co najmniej kilku megagramów, drogi transportu biegną w wyrobiskach w których odbywa się ruch załogi, wykonywany jest szereg robót górniczych. Stanowi to potencjalne zagrożenie dla załogi. Ponadto współczesne środki transportu zwłaszcza kolejki podwieszane pozwalają na dużą dowolność konfiguracji zestawu transportowego. O prawidłowości konfiguracji mówi szereg zapisów zawartych w instrukcji obsługi danego środka transportu. Kolejki podwieszone są najszybciej rozwijającą się grupą środków pomocniczego transportu w polskim górnictwie węgla kamiennego. Mają one coraz większy udział w liczbie przewożonych osób. Również trasy, po których się przemieszczają, są wydłużane. Jest to trend długoterminowy [7].

Opisane zagadnienie stawia wysokie wymagania wobec wykonawcy obliczeń a także wiąże się z dużą odpowiedzialnością. Obowiązujące rozporządzenie, paragraf 630 pkt. 5 określa, aby częścią dokumentacji układu transportu były obliczania trakcyjne w zakresie:

- maksymalnych mas transportowanych;
- drogi hamowania;
- przyspieszeń (opóźnień) podczas hamowania [1].

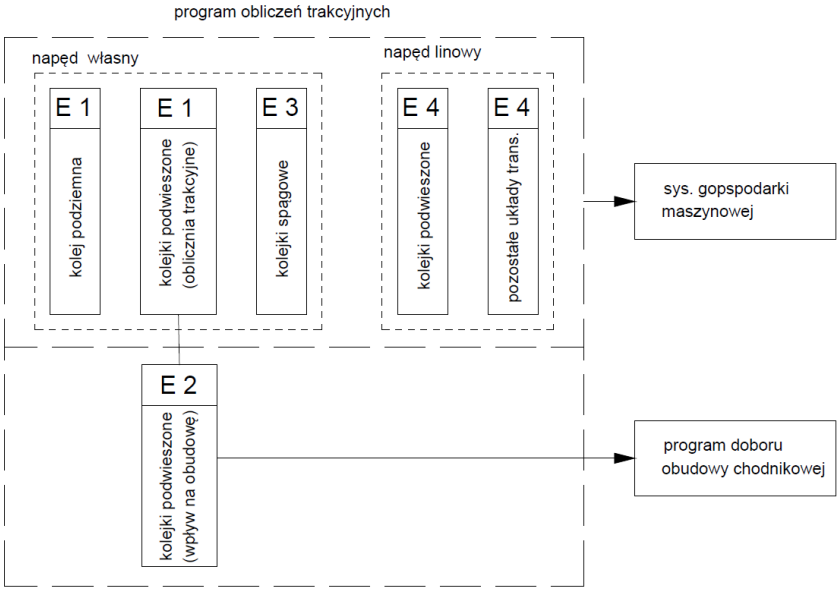
Zgodnie z obowiązującymi przepisami i sztuką inżynierską, chcąc efektywnie wykorzystać posiadany tabor środków transportu, zapewnić bezpieczeństwo pracownikom uczestnicząc w transporcie oraz przebywającym w wyrobiskach transportowych, należy powyższe obliczenia wykonać co najmniej w przedstawionym zakresie.

Właściwe wykorzystanie rozbudowanych parków maszynowych kolejek podwieszonych wymusza odpowiedni dobór komponentów zespołu transportowego, tj. ciągnika, wózków hamulcowych oraz zestawów nośnych, dostosowanych do określonych warunków. Warunki te w przypadku transportu podwieszonego określone są przez: nachylenie trasy, długość, profil i typ szyn [5].

Do tej pory obliczenia w kopalniach PGG wykowane były za pomocą arkusza kalkulacyjnego bazując na wypracowanych modelach obliczeniowych charakterystycznych dla danej kopalni. Zestawiając z powyższymi uwarunkowaniami skalę użytkowanych środków transportu w ramach spółki, oraz następujący proces łączenia zakładów górniczych w kopalnie zespolone, wręcz oczywiste nasuwa się, aby wdrożyć ustalony sposób realizacji obliczeń trakcyjnych, co współcześnie należy zrozumieć, że wdrożyć system informatyczny, będący narzędziem wsparcia dla osoby wykonującej obliczenia trakcyjne.

W innych spółkach węglowych i kopalniach już wcześniej wdrożono zinformatyzowane narzędzia do realizacji obliczeń trakcyjnych dla kolejek podwieszonych. Przykładem jest system wspomagania projektowania pomocniczego transportu kopalnianego STD (ang. *Safe Trans Design*) w wersji 2.0 opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG i wdrożony w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. [3] oraz wprowadzenie w Przedsiębiorstwie Górniczym Silesia *Metody obliczeń statycznych i dynamicznych wybranych parametrów trakcyjnych kolejek podwieszonych*, jako projekt kopalni oraz Akademii Górniczo-Hutniczej [4].

W PGG S.A. w wyniku analizy dostępnych rozwiązań, uznano, że kompetencje posiadane w spółce w Zakładzie Informatyki i Telekomunikacji oraz przez doświadczoną kadrę w służbach transportu można wytworzyć produkt, (aplikację) odpowiadającą wymaganiom i oczekiwaniom kopalń PGG S.A. wykraczającą funkcjonalnością poza oferowane rozwiązania rynkowe.



Rys. 1. Kolejne etapy E1, E2, E3 i E4 wdrażania programu obliczeń trakcyjnych oraz powiązanie z innymi programami funkcjonującymi w PGG S.A.
Figure 1. Subsequent stages E1, E2, E3 and E4 of the implementation of the traction calculation programme, and the connection to other programmes operating in PGG S.A.

OPRACOWANIE ZAŁOŻEŃ

Przed przystąpieniem do prac wykonano analizy wyjściowego stanu, czyli sprawdzono w jaki sposób są realizowane obliczenia, na poszczególnych kopalniach. Zważywszy na fakt, że PGG S.A. powstała z połączenia różnych kopalń reprezentujących odmienną kulturę organizacyjną, materiał wsadowy był bardzo zróżnicowany, dotyczył wszystkich układów transportu. W wyniku syntezy, wyciągnięto następujące wnioski

- najbardziej czasochłonne są obliczenia dla kolejek podwieszonych;
- najwięcej zmian w układach transportu, wymuszających kolejne obliczenia występujące w układach transportu kolejkami podwieszonymi;
- niewielkie różnice w bazowych modelach obliczeniowych;
- na niektórych kopalniach występują dodatkowe rygory dotyczące. układów transportu charakterystyczne dla danej kopalni;
- ze względów organizacyjnych osoby zajmujące się są obliczeniami trakcyjnymi zajmują różne stanowiska w różnych działach, np. inspektor w dziale przygotowania produkcji, inspektor lub nadsztygar w dziale górniczym, inspektor wydzielonym dziale transportu (logistyki);
- stosowane modele matematyczne do wyznaczania sił działających na łuk obudowy są nazbyt uproszczone nie sprawdzają się w przypadku nachyleń trasy, kątowego, odbiegającego od pionu położenia łańcuchów zawiesi, nieuzgodniony jest wzrost sił podczas hamowania, brak również takiego modelu w literaturze i przepisach maszynowych i górniczych.

Na podstawie przeprowadzonego dialogu z kopalnianymi służbami transportu podziemnego nakreślono wymagania ze strony użytkowania:

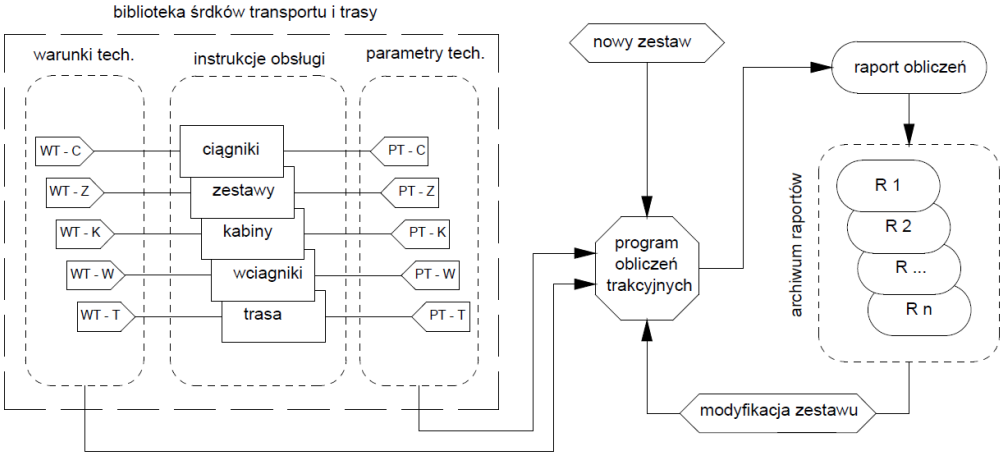
- intuicyjna obsługa;
- sprawdzenie poprawność konfiguracji;
- rozbudowana baza danych dotycząca taboru środków transportu;
- możliwość edycji utworzonego zestawu transportowego;

Problematycznym okazało się określenie obszaru potencjalnych błędów, niemiarodajne było analizowanie wykonanych obliczeń ze względu na weryfikacje przed organy nadzorcze.

Aby wskazać miejsce generujące najwięcej błędów, osobom zajmującym się obliczeniami trakcyjnymi został przedstawiony ciągnik i zespół transportowy typu niestosowanego na danej kopalni. W wyniku analizy stwierdzono najwięcej błędów wobec zapisów w instrukcji obsługi.

Najczęściej dotyczyły one;

- odległości granicznej rozmieszczenia podzespołu z napędem hydraulicznym od agregatu hydraulicznego;
- weryfikacji hamowania awaryjnego ciągnikiem przy granicznych obciążeniach ładunkiem;
- maksymalnych opóźnień podczas hamowania, w stanie jazdy bez ładunku;
- współczynnika oporów toczenia;
- sprawdzenia wytrzymałości sprzęgów i elementów złącznych;
- masy dodatkowego wyposażenia, liny, węży hydraulicznych, pełnych stanów cieczy roboczych i paliwa.



Rys. 2. Uproszczona struktura programu, rozbudowana baza danych środków transportu będąca integralną częścią programu
Figure 2. Simplified programme structure, extensive database of means of transport being an integral part of the programme

Na podstawie powyżej przedstawionych wniosków zostały sformułowane podstawowe założenia:

- realizacji etapami, z których każdy dotyczy poszczególnych rodzajów układów transportu (kolejki podwieszone, przewóz dołowy, kolejki spągowe);

- pierwszy etap będzie dotyczył kolejek podwieszonych ze względu na największą ilość realizowanych obliczeń;
- obliczenia sił przenoszących na łuk obudowy opierać będą się na podstawie modelu matematycznego opiniowanego pozytywnie przez jednostkę naukową i potwierdzonego pomiarami in situ w kopalni PGG S.A.
- forma raportu wynikowego będzie podlegać opiniowaniu przez jednostkę skupiająca rzeczoznawców w zakresie transportu specjalnego według aktualnej umowy.

REALIZACJA

Jako przykład w dalszej części referatu zostanie przedstawiony proces opracowania i wdrożenia dla kolejek podwieszonych.
W celu realizacji został powołany zespół składających się z doświadczonych pracowników służb transportu z różnych kopalń spółki. Zadaniem zespołu było wypracowanie ustandaryzowanego toku obliczeniowego, będącego materiałem wsadowym dla programisty. Obliczenia stanowią dla służb kopalnianych przygotowujących dokumentacje trans-portu największy problem. Powodem tego stanu rzeczy jest konieczność używania do obliczeń wzorów ogólnych, gdyż w polskim prawodawstwie górniczym temat kolejek podwieszonych z napędem własnym oraz tras dla ich układów transportu jest potraktowany w sposób bardzo ogólny. Podane są wymagania, brak jest natomiast jasnych wytycznych, co do sposobu wyliczania kluczowych wartości [4]. Proces projektowania środków technicznych do transportu materiałów i do przewozu osób składa się z kilku zadań, z pozoru niezależnych od siebie, ale stanowiących spójny całościowo tryb postępowania [5].

Został przyjęty model obliczeniowy, bazujący na stosowanej do tej pory metodzie, wskazania i rozpatrzenia punktów ekstremalnych, czyli punktów, gdzie występują najtrudniejsze warunki ruchu, w myśl zasady: „jeśli zestaw przejedzie przez to miejsce, to przejedzie przez pozostałą trasę".

Ekstremalne miejsce w układzie transportu należy wskazać wobec kilku warunków, takich, jakich największe opory ruchu, najmniejsza nośność toru podwieszonego, punkty te mogą występować w odległych miejscach.

Punktem występowania największych oporów ruchu jest największy wznios, który należy pokonać danym środkiem transportu, ponieważ opory pokonywania wzniesień mają największy udział w oporach całkowitych ruchu. Drugim warunkiem jest najmniejsza nośność torowiska, wobec kolejek podwieszonych, uzależniona od maksymalnego dopuszczalnego obciążenia łuku obudowy, nośności złącza szynowego, wytrzymałości kształtownika, z którego wykonana jest szyna. Wymienione warunki dotyczące nośności mogą również wystąpić w różnych punktakach analizowanej trasy.

Najdłuższa droga hamowania wystąpi w sytuacji staczania się po upadzie, więc będzie to dotyczyło tego samego miejsca, co największe opory ruchu. Odmienne będzie dla opóźnienia podczas hamowania, osiągnie największe wartości, w miejscu, gdzie nachylenie jest najbliższe, 0° czyli w tym przypadku efektywna siła hamowania na największą wartość, oczywiście dotyczy to sytuacji, gdy zestaw transportowy ma najmniejsza masę.

Ponadto zostały określone warunki wynikające z przepisów górniczych oraz instrukcji obsługi danego środka transportu. Najważniejsza praca spoczęła w rękach programisty ZIT, który bazując na modelu matematycznym i nakreślonych warunkach, tworzył docelową aplikację. Prace odbywały się metodą zwinnego zarządzania projektami, gdzie cyklicznie odbywały się

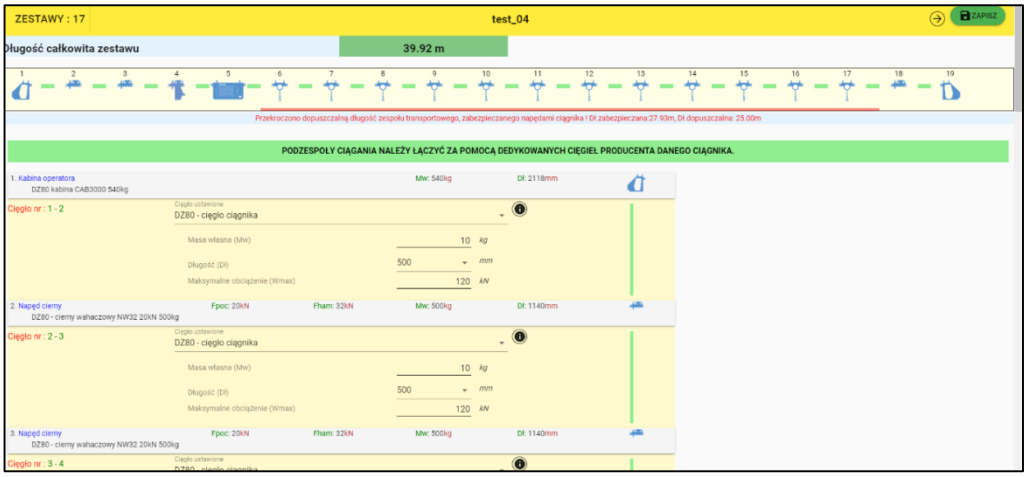
spotkania zespołu i programisty podsumowujące kolejne kroki. Taki sposób okazał się bardzo efektywny.

Po ukończeniu pierwszej wersji, program został przedstawiony do zaopiniowania przez Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego. Następnie na podstawie opinii zostały wprowadzone korekty, uzyskując kolejną wersję, przeznaczoną do wdrożenia w wybranych kopalniach. Dopiero po dokonaniu kolejnych zmian powstała docelowa produkcyjna wersja przeznaczona dla wszystkich kopalń.

OPIS FUNKCJONOWANIA PROGRAMU

Użytkownik ma zadanie dobrać ciągnik i zespół transportowy do realizacji zamierzonego zadania transportowego. Można wyróżnić trzy zasadnicze rodzaje zadań; jazdę ludzi, transport standardowy oraz transport ciężki. Program składa się z czterech zasadniczych faz postępowania. Pierwsza jest to zdefiniowanie warunków na trasie tzw. „ekstremalnych punktów" oraz parametrów chrakteryzujących własności trasy i ciągnika. Kolejno należy wybrać z bazy danych typ ciągnika, wobec niego; ilość napędów rodzaj kabin i innych podzespołów ciągnika, wynikową jest siła uciągu i hamowania oraz maksymalna masa ładunku, który można przetransportować we wskazanych warunkach, wartość maksymalnej masy ładunku rzutowana jest na nomogram siły uciągu danego ciągnika.

Następnie należy sformować zespół transportowy, gdzie w zależności od planowanego przeznaczania dobierane są odpowiednie podzespoły. Dla jazdy ludzi to kabiny osobowe, do których można wprowadzić dowolną ilość pasażerów, oraz uwzględnić dodatkową masę ładunków. Dla transportu materiałów możliwy jest wybór danego rodzaju wciągników lub zestawu nośnego. Tutaj następuje sprawdzenie warunków maksymalnej masy nośności ze względu na obciążenie łuku obudowy oraz na nośność poszczególnych urządzeń dźwignicowych. Użytkownik ma możliwość wprowadzenia rzeczywistej masy ładunku, który chce transportować, jeśli masa jest minujesz niż maksymalna dopuszczalna masa transportowa, wtedy dalsze obliczenia będą wykonywane dla zestawu transportowego obciążonego określoną masą ładunku. Dla zestawów nośnych uwzględniono również zależność maksymalnej nośności od długości szyn i rozstawu wózków jezdnych zestawu nośnego. Ponadto jest możliwość uwzględnienia dodatkowego wyposażania, jak np. opylacz, wózek obserwacyjny, pomost roboczych itd. Kolejną fazą jest konfigurowanie ciągnika, czyli nadanie kolejności poszczególnym podzespołom ciągnika i zespołu transportowego oraz połączenie ich cięgłami o odpowiedniej długości i wytrzymałości.



Rys. 3. Widok okna programu, przedstawiono graficznie przekroczenie odległości pomiędzy agregatem a skrajnym wózkiem napędowym
Figure 3. View of the programme window, the exceeding of the distance between the aggregate and the outermost driving bogie is graphically represented

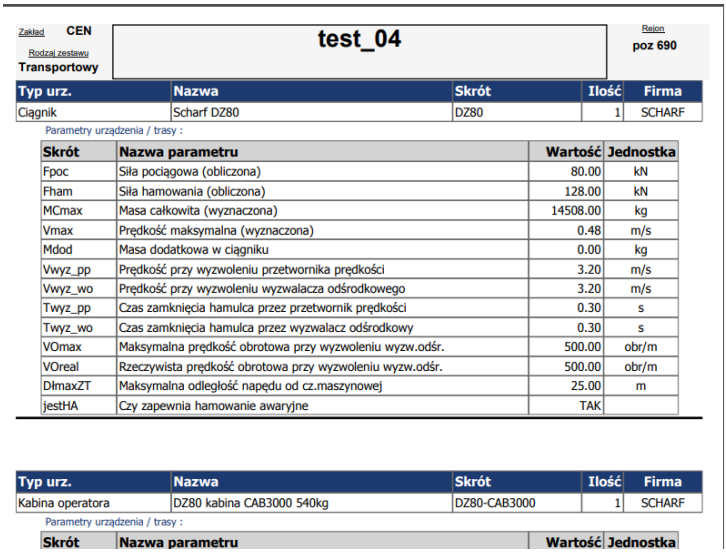
Po skonfigurowaniu zestawu, następuje sprawdzenie kolejnych warunków, wynikających ze specyfiki układu transportu, czyli długości maksymalnej zestawu transportowego, podyktowanej np. rozstawem tam wentylacyjnych bądź długościach stacji osobowych. Kolejno następuje sprawdzanie warunków granicznych odległości wózków napędowych i hamulcowych ciągnika względem agregatu spalinowo hydraulicznego, oraz odległości pomiędzy wózkami hamulcowymi połączonymi w układ wielokrotny.

Kolejnym jest sprawdzenie warunku wytrzymałości elementów złącznych, czyli poszczególnych cięgieł łączących dane podzespoły ciągnika i zespołu transportowego względem sił działających na nie, pochodzących od poszczególnych napędów. Ponadto wprowadzony jest warunek wytrzymałości liny bezpieczeństwa, gdzie porównywana jest minimalna siła zrywająca względem siły samostaczania.

Kończącą fazą jest wykonanie obliczeń trakcyjnych dla przyjętej konfiguracji zestawu transportowego, względem podanej masy ładunku lub ilości transportowanych osób. Obliczone wartości są weryfikowane poprzez sprawdzenie warunków wynikającego z obowiązującego rozporządzenia załącznika 4 pkt. 4.9; 4.19; 4.8 między innymi zapewnienie opóźnienia hamowania o wartości nie mniejszej niż 1 m/s i nie większej niż 10 m/s. Współczynnik statycznej pewności hamowania nie mniejszy niż 1,5 w stosunku do maksymalnej siły staczającej transportowany zestaw. Współczynnik pewności hamowania wyznaczony jako stosunek maksymalnej siły hamowania do maksymalnej siły pociągowej napędu własnego nie mniejszy niż 1,5 [1].

Forma wydruku zapewnia przejrzysty tok obliczeniowy z widocznymi wzorami i kolejnymi przejściami pomiędzy nimi, ponadto załącznikiem jest wydruk parametrów technicznych środków transportu, co zapewnia spełnienie paragrafu 630 pkt. 1 gdzie określono, że Dokumentacja Układu Transportu musi zawierać m.in.; charakterystykę techniczną maszyn i urządzeń transportowych obejmującą:

- parametry eksploatacyjne;
- cechy charakteryzujące środki transportowe oraz trakcje [1].



Zakład CEN

Rodzaj zestawu Transportowy

test_04

Rejon poz 690

Typ urz.	Nazwa	Skrót	Ilość	Firma
Ciągnik	Scharf DZ80	DZ80	1	SCHARF

Parametry urządzenia / trasy :

Skrót	Nazwa parametru	Wartość	Jednostka
Fpoc	Siła pociągowa (obliczona)	80.00	kN
Fham	Siła hamowania (obliczona)	128.00	kN
MCmax	Masa całkowita (wyznaczona)	14508.00	kg
Vmax	Prędkość maksymalna (wyznaczona)	0.48	m/s
Mdod	Masa dodatkowa w ciągniku	0.00	kg
Vwyz_pp	Prędkość przy wyzwoleniu przetwornika prędkości	3.20	m/s
Vwyz_wo	Prędkość przy wyzwoleniu wyzwalacza odśrodkowego	3.20	m/s
Twyz_pp	Czas zamknięcia hamulca przez przetwornik prędkości	0.30	s
Twyz_wo	Czas zamknięcia hamulca przez wyzwalacz odśrodkowy	0.30	s
VOmax	Maksymalna prędkość obrotowa przy wyzwoleniu wyzw.odśr.	500.00	obr/m
VOreal	Rzeczywista prędkość obrotowa przy wyzwoleniu wyzw.odśr.	500.00	obr/m
DlmaxZT	Maksymalna odległość napędu od cz.maszynowej	25.00	m
jestHA	Czy zapewnia hamowanie awaryjne	TAK	

Typ urz.	Nazwa	Skrót	Ilość	Firma
Kabina operatora	DZ80 kabina CAB3000 540kg	DZ80-CAB3000	1	SCHARF

Parametry urządzenia / trasy :

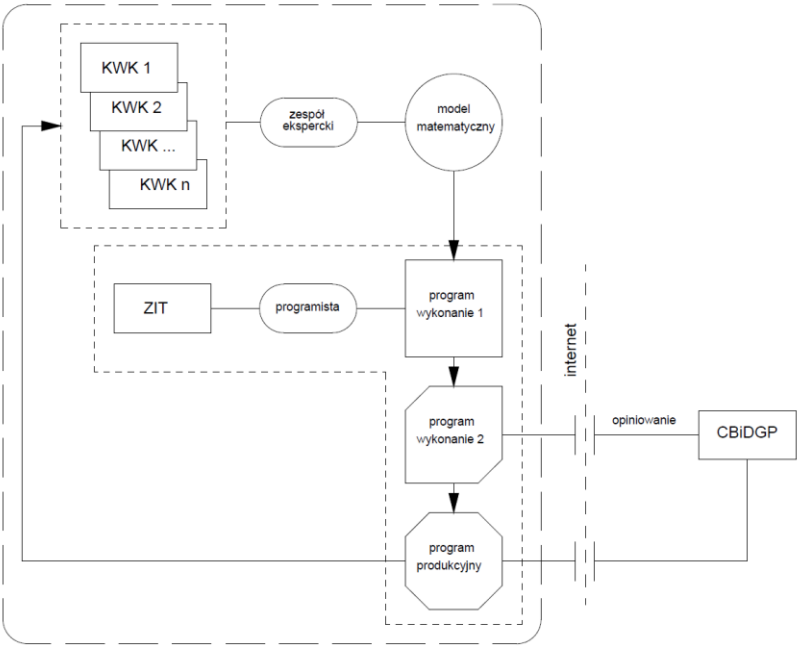
Skrót	Nazwa parametru	Wartość	Jednostka

Rys. 4. Raport z programu w zakresie parametrów technicznych podzespołów zestawu transportowego
Figure 4. Programme report on the technical parameters of the components of the transport set

WDROŻENIE

Wdrożenie obejmowało dwa etapy, pierwszy to udostepnienie programu dla trzech ruchów zakładów górniczych różnych kopalń. Stanowiło to sprawdzenie funkcjonalności przez reprezentantów docelowego grona użytkowników – odbiorców. Pozwoliło to wskazać potencjalne trudności w implementacji w KWK zarówno od stronty technicznej, czyli informatycznej, jak i organizacyjnej. Ponadto stanowiło to rozbudowanie bazy danych środków transportu. Drugi etap to sukcesywne wdrożenie na poszczególnych kopalniach. Została przyjęta metodyka szkoleń opierająca się na szkoleniach w wąskich grupach kolejno z każdej kopalń. Pierwotnie podyktowane to było to rygorami sanitarnymi związanymi z pandemią koronawirusa, jednak taki sposób okazał się bardzo owocny, a zaproponowana forma i wąskie grono wymuszało zaangażowanie a nawet niosło znamiona interakcyjnego dialogu. Dlatego taka forma została podtrzymana, ponadto planowane jest przygotowanie materiału szkoleniowego w formie elektronicznej dostępnego przez wirtualna platformę szkoleń wewnętrznych i rozwoju pracownika „Akademia PGG”.

W celu upowszechnienia stosowania i przełamania pewnego mentalnego oporu wynikającego z dotychczasowego rutynowego działania i dawnych przyzwyczajeń postanowiono, że za pomocą programu wykonywane będą obliczenia dla zmian i nowych dokumentacji układu transportu wymagających nowych obliczeń trakcyjnych. W połączeniu z częstymi zmianami w układach transportu kolejkami podwieszonymi zagwarantuje to kompleksowe wdrożenie. W celu optymalizacji współpracy na linii kopalnia – rzeczoznawcy podczas odbiorów technicznych zestawów transportowych i trasy układów transportu, program przez stronę internetowa został udostępniony CBiDGP w okresie obozowania umowy.



Rys. 5. Etapy tworzenia programu oraz udostępnienie poza środowisko PGG S.A.
Figure 5. Stages of programme development, and sharing outside the PGG S.A. environment

POMIARY DOŁOWE

W przedstawionych założeniach opracowania programu została wskazana luka w zakresie odwzorowania sił działających na łuk obwodowy związanych ze zmiennym ruchem zestawów transportowych, czyli odziaływaniem dynamicznym podczas hamowania, a także w przypadku odbiegającego od pionu położenia łańcuchów zawiesi.

Każde awaryjne zadziałanie układu hamulcowego ma charakter gwałtowny, co skutkuje wystąpieniem przeciążeń dynamicznych oddziałujących zarówno na trasę podwieszoną jak i na odrzwia obudowy podatnej [2]. Obliczenia powinny uwzględniać wszelkie możliwe statyczne i dynamiczne kombinacje oddziaływania na obudowę chodnikową ciągnika, zestawu transportowego oraz ładunku i ich bezwładności w dających się racjonalnie przewidzieć warunkach eksploatacyjnych [3].

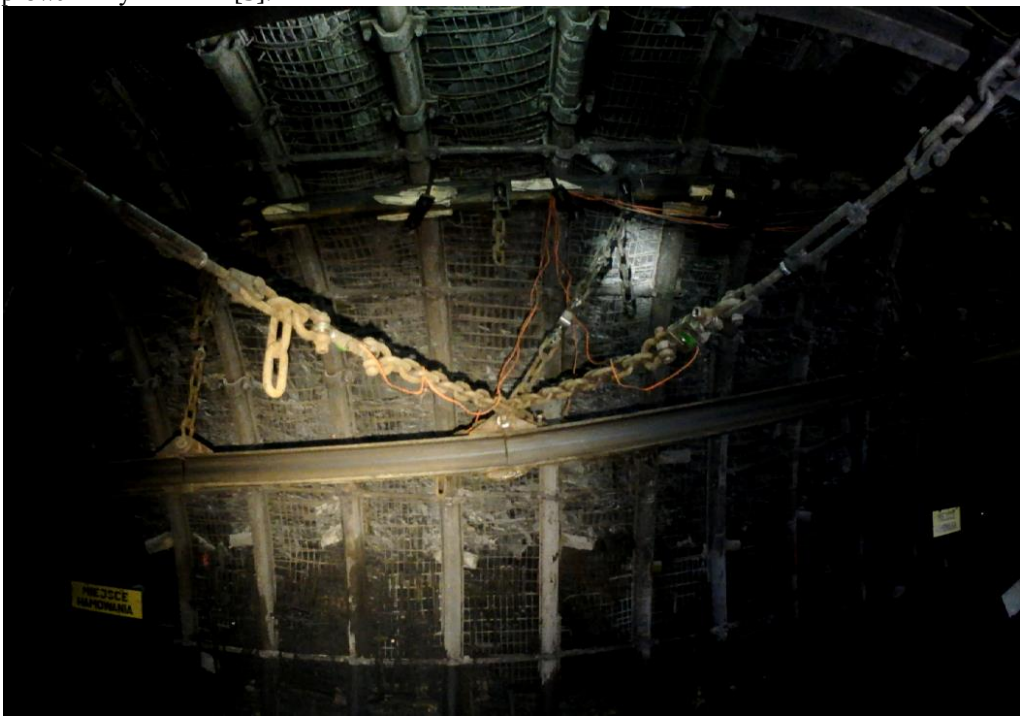
Wraz z firmą STALPOL z udziałem przedstawicieli CBiDGP zostały przeprowadzone pomiary sił działających na łuk obudowy pochodzące od ruchu zestawów transportowych obciążonych ładunkiem w wyrobisku podziemnym KWK Piast Ziemowit Ruch Ziemowit.

Celem pomiarów było wyznaczanie rozkładu sił działających na łuk obudowy przenoszonych poprzez zawiesia i odciągi stabilizujące. Aparatura pomiarowa w postaci, rejestratora połączonego z kilkudziesięcioma siłomierzami, została zabudowana w cięgnach łańcuchów zawiesi i odciągów stabilizujących, ponadto zabudowano siłomierze do pomiarów sił wzdłużnych w toku szynowym.

Pomiary symulowały różne sytuacje, które mogą zaistnieć w czasie ruchu obciążonych zestawów transportowych w układach transportu kolejkami podwieszonymi, podczas których generowane są największe oddziaływania na odrzwia obudowy chodnikowe. Oczywiście wszyst-

kie symulowane sytuacje były zgodne z obowiązującymi przepisami górniczymi, zapisami w instrukcjach obsługi użytych środków transportowych i dokumentacji układu transportu. Symulowano zmiany w trzech zakresach: sposobie ruchu, konfiguracji zestawów transportowych oraz sposobie zabudowy trasy. Odnośnie sposobu ruchu wykonywano kilkadziesiąt przejazdów po odcinku pomiarowym toru podwieszonego, odwzorowując różne sytuacje. Były to przejazdy bez hamowania, przejazd z ładunkiem i bez ładunku, jazda z hamowaniem awaryjnym w wyznaczonych punktach. W zakresie konfiguracji ciągnika zmieniono położenie napędów i zespołu transportowego, uzyskując ciągnik z napędami skupionymi, do którego został sprzęgnięty zespół transportowy, oraz napędami rozdzielonymi, gdzie zespół transportowy był objęty hydraulicznie połączonymi napędami ciągnika.

Rozległe spektrum wariantów przejazdu wraz z licznymi czujnikami zagwarantowało uzyskanie szerokiego wachlarza przedziału ufność wyników pomiarowych. W kolejnych miesiącach nastąpi szczegółowa analiza wyników pomiarowych. Uzyskane wyniki obrazując dokładny rozkład obciążeń na łuk obudowy oraz wpływ sił na dalszych odcinkach trasy, posłużą adaptacji do modelu obliczeniowego, który planowany jest do implementacji do programu obliczeń trakcyjnych. Przykładowo w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, dzięki wdrożeniu metod obliczeń numerycznych poprzez zastosowanie symulacji numerycznej możliwa była identyfikacji obciążeń dynamicznych zawiesi trasy kolejki podwieszonej podczas przejazdu oraz awaryjnego hamowania zespołu transportowego kolejki podwieszonej na podstawie przeprowadzanych badań [3].



Rys. 6. Dołowe stanowisko pomiarowe, zabudowa siłomierzy w łańcuchach odciągów i wychylonym łańcuchu zawiesia podwieszania trasy
Figure 6. Underground measuring stand, installation of force gauges in the lashing chains and swinging chain of the route suspension sling

Aby zagwarantować bezpieczeństwo podczas pomiarów odcinek pomiarowy trasy został wyłączony z regularnego ruchu zestawów transportowych kolejek podwieszonych, zabezpieczony przez mechaniczne blokady najazdowe. Wdrożono również szereg rygorów gwarantujących bezpieczeństwo osób zaangażowanych w pomiary, jak i niezakłócenie funkcjonowania zakładu górniczego.

Pomiary zrealizowane w KWK Piast Ziemowit Ruch Ziemowit nie były pierwszym tego typu, wcześniej były realizowana już pomiary sił pochodzących od zestawów transportowych w przekopie pochyłym odstawczym w rejonie Szybu VI w KWK Budryk [2]. Ponadto specjaliści Instytutu KOMAG przeprowadzili w podziemnym wyrobisku rejestracje sił w zawiesiach podczas hamowania awaryjnego – ze względu bezpieczeństwa przy znacznie ograniczonej prędkości [6]. Wykonanie pomiarów w warunkach kopalni PGG S.A. było konieczne ze względu na zastosowany tor podwieszony typu ZRP, produkowany w Zakładach Remontowo Produkcyjnych PGG S.A. i powszechnie stosowany w kopalniach spółki. Ponadto znacząco został rozszerzony zakres pomiarów, przez co pomiary w takich warunkach pozwoliły uzyskać wyniki mające bezpośrednie przełożenie na specyfikę układów transportu w kopalniach spółki.

ROZWÓJ

W dalszej kolejności przewidziany jest rozwój modułu kolejek podwieszonych w zakresie wyznaczania siły wypadkowej działającej na łuk obudowy bazując na wynikach opisanych pomiarów. Do dziś nie opracowano metod obliczeń dynamicznych, np. podczas hamowania kolejki a zwłaszcza hamowania awaryjnego. Opracowanie metod określających siły dynamiczne w elementach trasy jest bardzo oczekiwane zarówno przez projektantów, jak i użytkowników, zwłaszcza w aspekcie analiz możliwości zwiększenia maksymalnej prędkości kolejek (obecnie 2 m/s) [6]. Jak już wspominano do programu zostanie zaimplantowany model obliczeniowy zweryfikowany lub zaproponowany przez jednostkę naukową. Podyktowane to jest brakiem opisu w literaturze przedmiotu sposobu obliczeń, co świadczy o innowacyjnych podejściu do zagadnienia, którego poprawności musi zostać potwierdzona zgodnie z zasadami nauki. Kolejno planowana jest rozbudowa o moduł dotyczący kolejek spągowych oraz w dalszej kolejności moduł układów transportu z napędami linowymi w tym kołowrotów z liną otwartą. Wobec kolejnych przedstawionych układów transportu modele obliczeniowe znane są w literaturze. Obszarem ewentualnych pomiarów będzie ocena zaproponowanych współczynników, w czasie której można je zweryfikować względem stanu współcześnie używanych środków transportu. Analogicznie jak w pierwszym opisanym przypadku kolejek podwieszanych w zakresie urządzeń transportu specjalnego przewidziana jest współpraca z jednostką opiniująca lub naukową.

Oddzielnym obszarem rozwoju jest upowszechnienie elektronicznego obiegu dokumentów, gdzie planowane jest organicznie ilości drukowanych dokumentów, jak również umożliwienie elektronicznego przepływu protokołów, wraz z możliwości nadawania im statusów wprowadzenia komentarzy i uwag zarówno pomiędzy oddziałami spółki jak i pomiędzy PGG S.A., jednostkami opiniującymi oraz organami nadzoru górniczego.

Wyznaczona siła działająca na łuk obudowy zarówno poprzez zawiesia jak i odciągi boczne pochodząca od dynamicznego odziaływania ruchu zestawów transportowych może posłużyć zwiększeniu funkcjonaliści programów do doboru obudowy w zakresie spełnienia wymagań paragrafu 122 pkt 4. Gdzie określono, że, maksymalna siła wypadkowa pochodząca od kolejki wraz z ładunkiem i obciążeniem pochodzącym od innych urządzeń, jaką można obciążyć pojedyncze odrzwia obudowy nie przekracza 40 kN. Stosowanie większych obciążeń jest dopusz-

czalne pod warunkiem przeprowadzenia obliczeń potwierdzających zachowanie stateczności obudowy wyrobiska [1].

PODSUMOWANIE

Wdrożenie programu obliczeń trakcyjnych, pozwoliło ustandaryzować sposób wykonywania obliczeń, podnieść poziom bezpieczeństwa transportu oraz zwiększyć efektywność gospodarki parkiem środków transportu. Przyjazny dla użytkownika program zapewnił przełamanie oporu wprowadzania zmian, tutaj efektywny okazał się system szkoleń w dedykowanych wąskich grupach.

Niewątpliwą zaletą jest to, iż program tworzony był przez Zakład Informatyki i Telekomunikacji, dzięki czemu możliwe było wykonanie produktu spełniającego wymagania służb transportu podziemnego, które jednocześnie w obsłudze jest przyjazne dla użytkownika. Obszerna biblioteka eksploatowanych środków transportu zapewnia łatwy dostęp do kluczowych parametrów technicznych środków transportu, jest to bardzo pomocne podczas doboru odpowiedniego środka transportu do danych warunków i zadań transportowych. Ponadto wykorzystywane jest podczas oceny możliwości zastosowania urządzeń nowego typu w danych warunkach czego przykładem jest wykonanie analizy możliwości wdrożenia nowego typu wózków hamulcowych.

Opracowanie i wdrożenie programu siłami własnymi jest dowodem, że PGG S.A. jest nowoczesnym przedsiębiorstwem, w którym współpraca ZIT, Biura Innowacji i Implementacji Nowych Technologii oraz przedstawicieli poszczególnych kopalń, jest kolejnym krokiem na drodze Spółki w świat Przemysłu 4.0.

LITERATURA

[1] Rozporządzenie Ministra Energi w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych z dnia 23.11.2016 Dz.U. z 2017 poz. 1118 wraz ze zmianami.

[2] Drozd K., Nieoczym A. 2020: Dynamiczne obciążenie zawiesi generowane podczas jazdy zestawu transportowego z napędem własnym po trasie kolejki podwieszonej w wyrobisku.

[3] Tokarczyk J., Turewicz A., Dudek M., Szewerda K, Pieczora E. Komputerowe wspomaganie procesu konfiguracji i oceny środków pomocniczego transportu górniczego. Napędy i Sterowanie nr 7/8 2018 r. str. 68-75.

[4] Bołoz Ł., Ciepliński Z., Knapski R. Wdrożenie metody obliczeń statycznych i dynamicznych wybranych parametrów trakcyjnych kolejek podwieszonych w warunkach PG Silesia. Przegląd Górniczy nr 10 (1175), 2020 r.

[5] Tokarczyk J., Dudek M., K. Szewerda, Turewicz A. Metody i narzędzia wspomagające projektowanie bezpiecznych środków technicznych do transportu materiałów i przewozu osób w kopalniach węgla kamiennego. Maszyny Górnicze 3/2015 str. 45-52.

[6] Pieczora E. Tokarczyk J. Rozwój transportu wykorzystujący kolejki podwieszone. Mining – Informatics Automation and Electrical Engineering. Nr 4 (532) 2017 r. str. 107-117.

[7] Tokarczyk J., Kania J. Układy i trasy transportu kolejkami podwieszonymi z napędem własnym do przewozu ludzi w wyrobiskach poziomych oraz pochyłych o nachyleniu do 45°. Mining – Informatics, Automation 84 and Electrical Engineering. Nr 3 (527) 2016 str. 83-91.

POLSKA GRUPA GÓRNICZA

Informatyczny system wsparcia obliczeń trakcyjnych układów transportu podziemnego w kopalniach PGG S.A.

Łukasz Bednarczyk



PLAN PREZENTACJI

- 1. Geneza
- 2. Założenia
- 3. Realizacja
- 4. Program - funkcjonowanie
- 5. Wdrożenie
- 6. Pomiary dołowe
- 7. Rozwój
- 8. Wnioski

GENEZA POWSTANIA

Transport podziemny

- rozległe sieci dróg transportu;
- liczne środki transportu;
- wzrost mas ładunków;
- narażenia pracowników przebywających w wyrobiskach transportowych.

Informatyzacja górnictwa

- rozbudowane systemy zarządzania i planowania (Enterprise Resource Planning);
- elektroniczny obieg dokumentów;
- narzędzia wsparcia dla inżynierów.



ZAŁOŻENIA

- realizacja siłami własnymi PGG S.A.;
- standaryzacja raportów i modeli obliczeniowych;
- objęcie wszystkich rodzaju układów transportu;
- realizacja etapami;
- współpraca z Jednostkami Naukami i Jednostkami Opiniującymi

- powiazanie z funkcjonującymi systemami informatycznymi
- intuicyjna obsługa;
- sprawdzenie poprawność konfiguracji z przepisami górniczymi i instrukcjami obsługi;
- rozbudowana baza danych dotycząca taboru środków transportu;



REALIZACJA

- wykonanie siłami własnymi PGG S.A. zakres informatyczny Zakład Informatyki i Telekomunikacji;

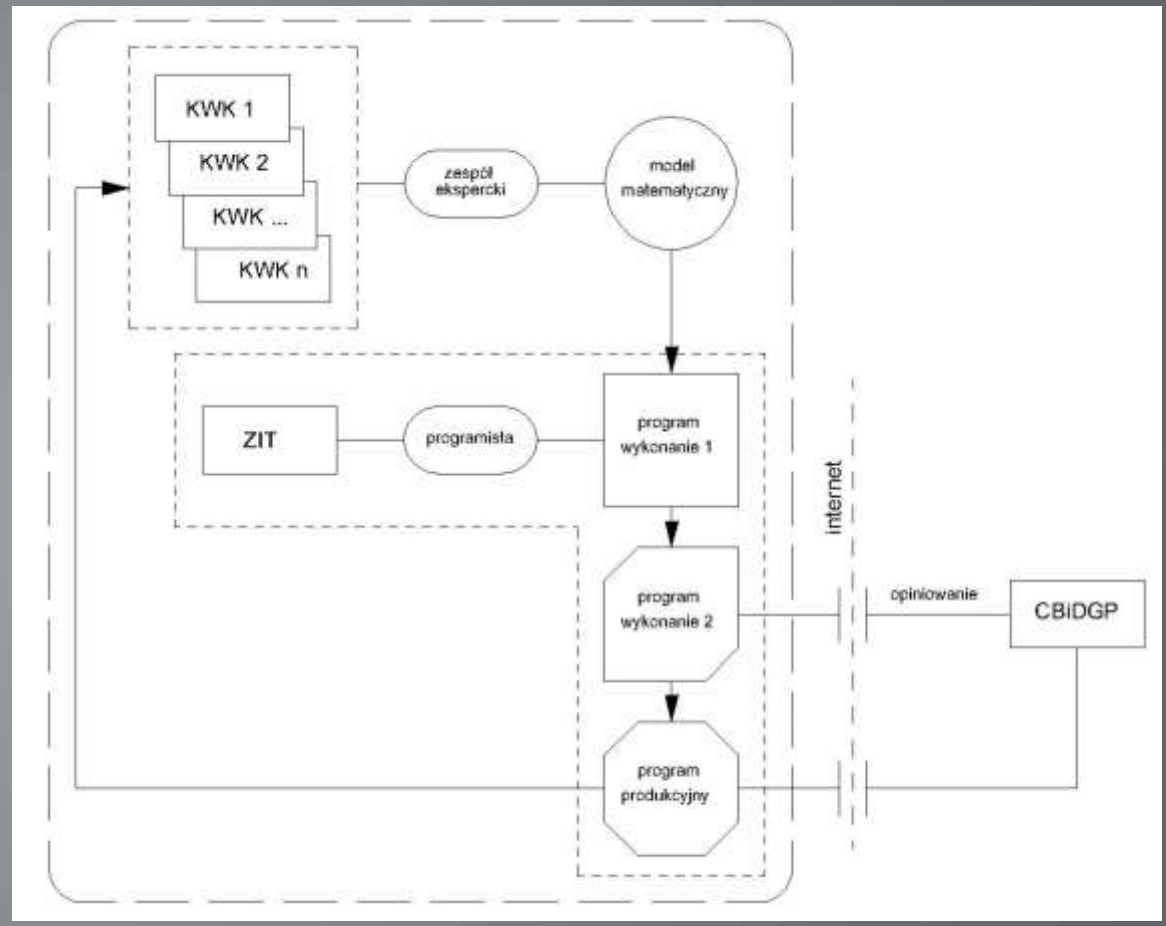
-praca według metod zwinnego zarządzania projektami;

- powołanie eksperckiego zespołu z Oddziałów Spółki;

- wyznaczenie obszaru potencjalnych błędów;

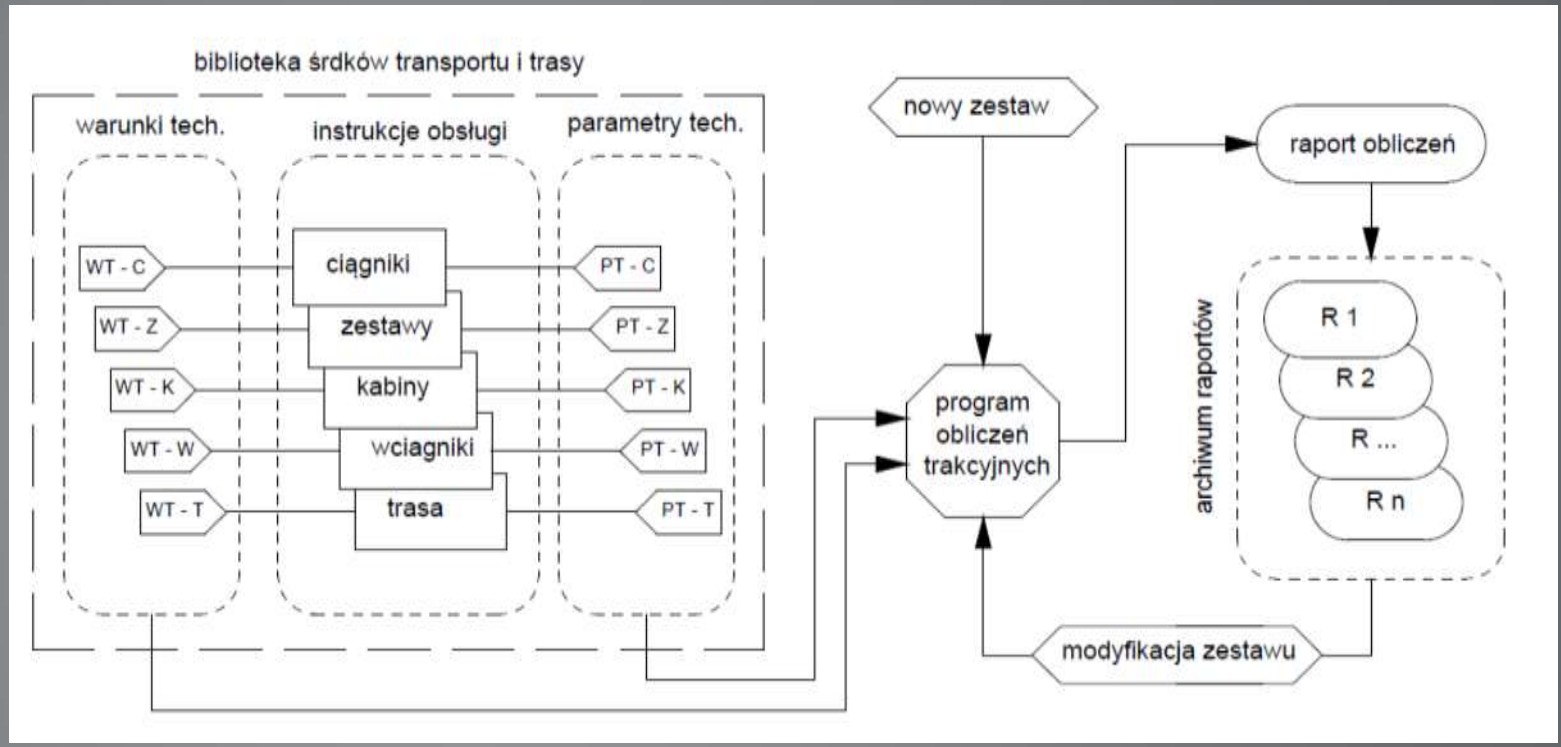
- opiniowanie przez CBiDGP;

- model obliczeniowy według metody punktów ekstremalnych na trasie transportu.



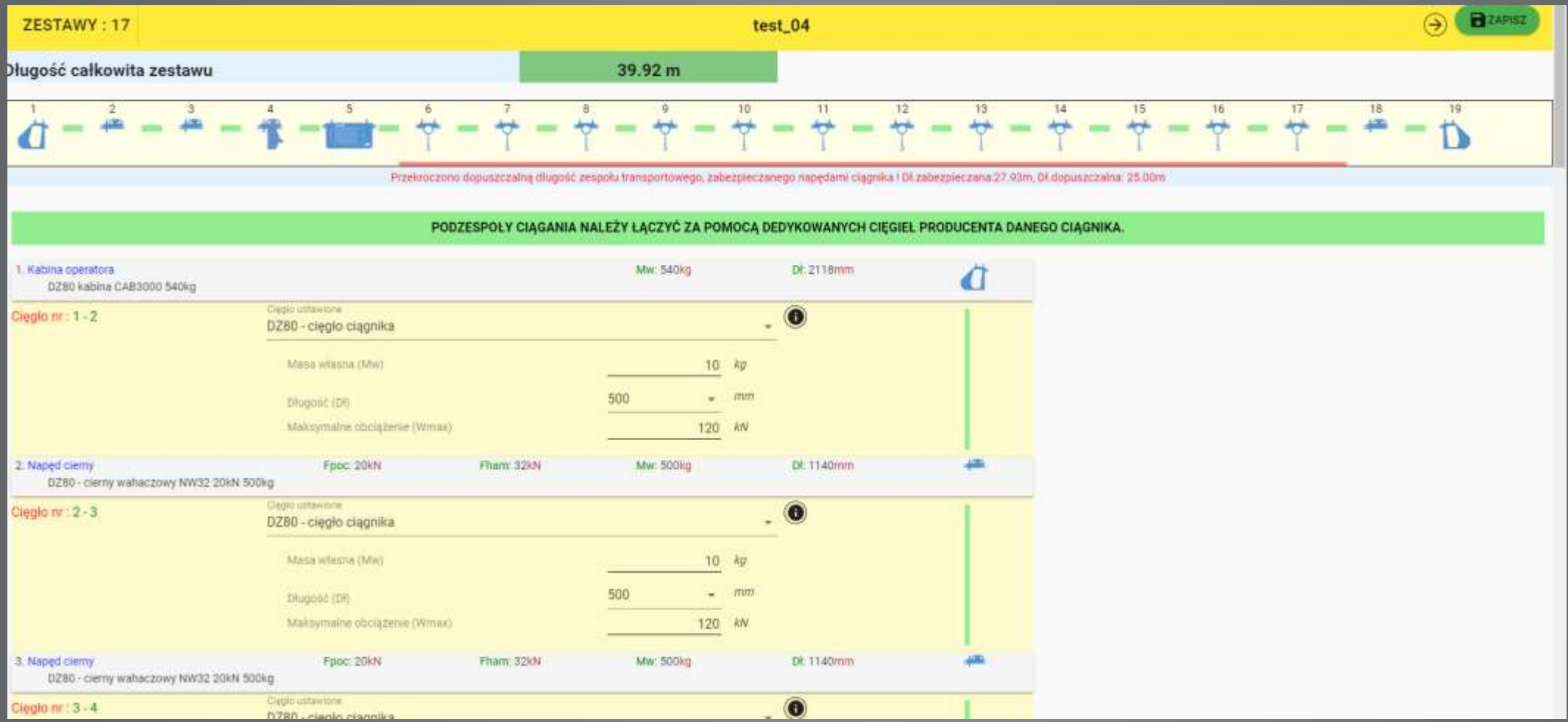
PROGRAM - FUNKCJONOWANIE

- rozbudowana biblioteka;
- dostęp do instrukcji obsługi (DTR);
- możliwość modyfikacji zestawów;
- archiwizowanie danych;
- standaryzacja zapisów.



Uproszczona struktura programu

PROGRAM - FUNKCJONOWANIE



Widok okna programu, przedstawiono graficznie przekroczenie odległości pomiędzy agregatem a skrajnym wózkiem napędowym.

PROGRAM - FUNKCJONOWANIE

Maksymalna ilość wozów

$$Lw = \frac{\left(Mlok * \left[Wpkz - \left(Worr + \frac{Wmwp * a}{g} + MNzz + Wowł\right)\right]\right)}{\left((Mwag + Mzał) * \left(Worr + \frac{Wmwp * a}{g} + MNzz + Wowł\right)\right)}$$

$$Lw = \frac{\left(9000 * \left[0.24 - \left(0.009 + \frac{1.1 * 0.03}{9.81} + 0.008 + 0.002\right)\right]\right)}{\left((1228 + 12232) * \left(0.009 + \frac{1.1 * 0.03}{9.81} + 0.008 + 0.002\right)\right)} = 6 \text{ szt}$$

Maksymalna, OBLICZONA ilość wozów wynosi : 6 szt, i jest WIĘKSZA od ilości zadeklarowanej, wynoszącej 4 szt

Warunk przyczepności lokomotywy

$$Mlok > \frac{\left(Lw * (Mwag + Mzał) * \left(Worr + \frac{Wmwp * a}{g} + MNzz + Wowł\right)\right)}{\left(Wpkz - \left(Worr + \frac{Wmwp * a}{g} + MNzz + Wowł\right)\right)}$$

$$9000 > \frac{\left(4 * (1228 + 12232) * \left(0.009 + \frac{1.1 * 0.03}{9.81} + 0.008 + 0.002\right)\right)}{\left(0.24 - \left(0.009 + \frac{1.1 * 0.03}{9.81} + 0.008 + 0.002\right)\right)} = 5532.51 \text{ kg}$$



Warunek przyczepności lokomotywy JEST spełniony : 9000 > 5532.51 kg

Droga hamowania

$$Sham = \frac{\left(Wmwp * \left(1 + \frac{(Mwag + Mzał) * Lw}{Mlok}\right) * (Vgdz)^2\right)}{\left(2 * g * \left[(Wojp - MNsz) * \left(1 + \frac{(Mwag + Mzał) * Lw}{Mlok}\right) + Wskh * Wkk\right]\right)} + Tzuh * Vgdz$$

$$Sham = \frac{\left[1.1 * \left(1 + \frac{(1228 + 12232) * 4}{9000}\right) * (3.61)^2\right]}{\left(2 * 9.81 * \left[(0.008 - 0.008) * \left(1 + \frac{(1228 + 12232) * 4}{9000}\right) + 0.7 * 0.19\right]\right)} + 4 * 3.61 = 52.8 \text{ m}$$

Obliczona droga hamowania wynosi : 52.8m i jest mniejsza od maksymalnej drogi hamowania, wynoszącej 80 m

Okno raportu obliczeń dla przewozu dołowego.

Zakład **CEN**

Rodzaj zestawu **Transportowy**

test_04

Rejon **poz 690**

Typ urz.	Nazwa	Skrót	Ilość	Firma
Ciągnik	Scharf DZ80	DZ80	1	SCHARF

Parametry urządzenia / trasy :

Skrót	Nazwa parametru	Wartość	Jednostka
Fpoc	Siła pociągowa (obliczona)	80.00	kN
Fham	Siła hamowania (obliczona)	128.00	kN
MCmax	Masa całkowita (wyznaczona)	14508.00	kg
Vmax	Prędkość maksymalna (wyznaczona)	0.48	m/s
Mdod	Masa dodatkowa w ciągniku	0.00	kg
Vwyz_pp	Prędkość przy wyzwoleniu przetwornika prędkości	3.20	m/s
Vwyz_wo	Prędkość przy wyzwoleniu wyzwalacza odśrodkowego	3.20	m/s
Twyz_pp	Czas zamknięcia hamulca przez przetwornik prędkości	0.30	s
Twyz_wo	Czas zamknięcia hamulca przez wyzwalacz odśrodkowy	0.30	s
VOmax	Maksymalna prędkość obrotowa przy wyzwoleniu wyzw.odśr.	500.00	obr/m
VOreal	Rzeczywista prędkość obrotowa przy wyzwoleniu wyzw.odśr.	500.00	obr/m
DłmaxZT	Maksymalna odległość napędu od cz.maszynowej	25.00	m
jestHA	Czy zapewnia hamowanie awaryjne	TAK	

Typ urz.	Nazwa	Skrót	Ilość	Firma
Kabina operatora	DZ80 kabina CAB3000 540kg	DZ80-CAB3000	1	SCHARF

Parametry urządzenia / trasy :

Skrót	Nazwa parametru	Wartość	Jednostka

Okno raportu parametry techniczne - kolejki podwieszone.

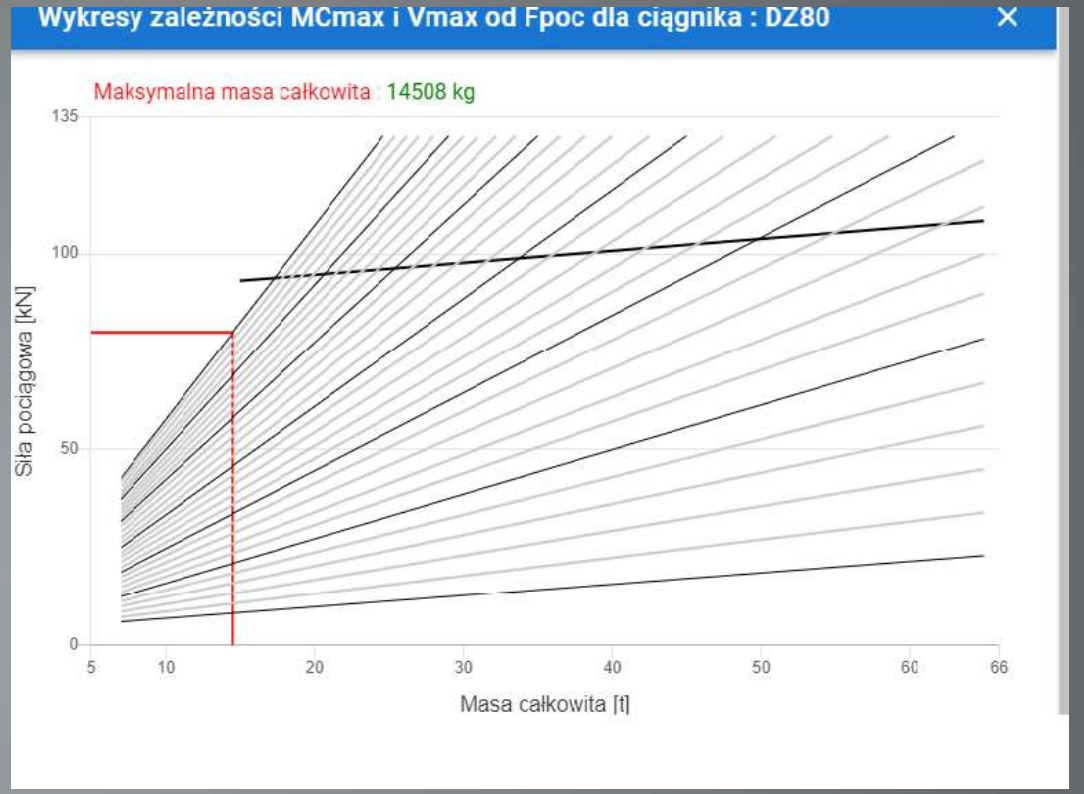
WDROŻENIE

- szkolenie wąskich grupach, dla poszczególnych kopalń;

- wykorzystanie wirtualnej platformy szkoleń i rozwoju pracownika ,,Akademia PGG’’;

- udostępnienie rzeczoznawcom;

-nowe obliczenia trakcyjnych wyłącznie poprzez progam.



Wykres zależności masy całkowitej od siły uciągu.

POMIARY DOŁOWE



Hamowanie awaryjne, odciągi krzyżowe.

POMIARY DOŁOWE



Hamowanie awaryjne, zawiesie z siłomierzem

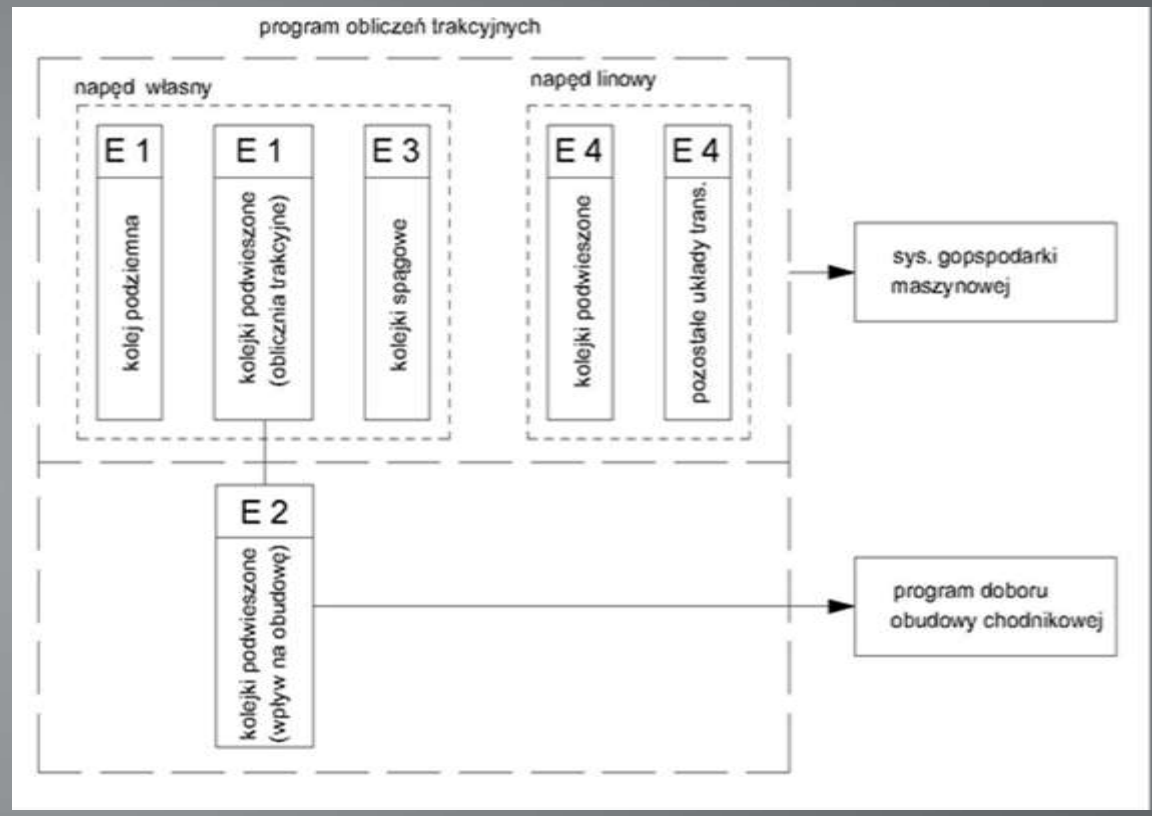
ROZWÓJ

- zweryfikowanie modelu obliczeń dynamicznego odziaływania na łuk obudowy przez Jednostkę Naukową;

- implantacja modułu wpływu na obudowę oraz powiazanie z programem doboru obudowy;

- tworzenie modułu dla kolejek spągowych;

- tworzenie modułu dla pozostałych układów transportu w tym z napędem linowym.



WNIOSKI

- uzyskano kompleksowe wdrożenie modułu dla kolej podwieszonych;

- baza danych środków transportu obejmuje 95% stosownych w PGG S.A. w zakresie wdrożonych modułów

- za pomocą programu przeprowadzono analizę możliwości i wielkości potencjalnego wdrożenia nowego środka transportu;

- system szkoleń w wąskich grupach okazał się skuteczny;

- posiadanie kompetencji informatycznych w spółce w postaci ZIT pozwoliło na dostosowanie programu do oczekiwań użytkowników.

- przeprowadzono pomiary wskazujące że można opracować i implantować zakres dot. odziaływania na łuk obudowy chodnikowej w warunkach kopalń PGG S.A.

Dziękuję za uwagę

Pokłady możliwości



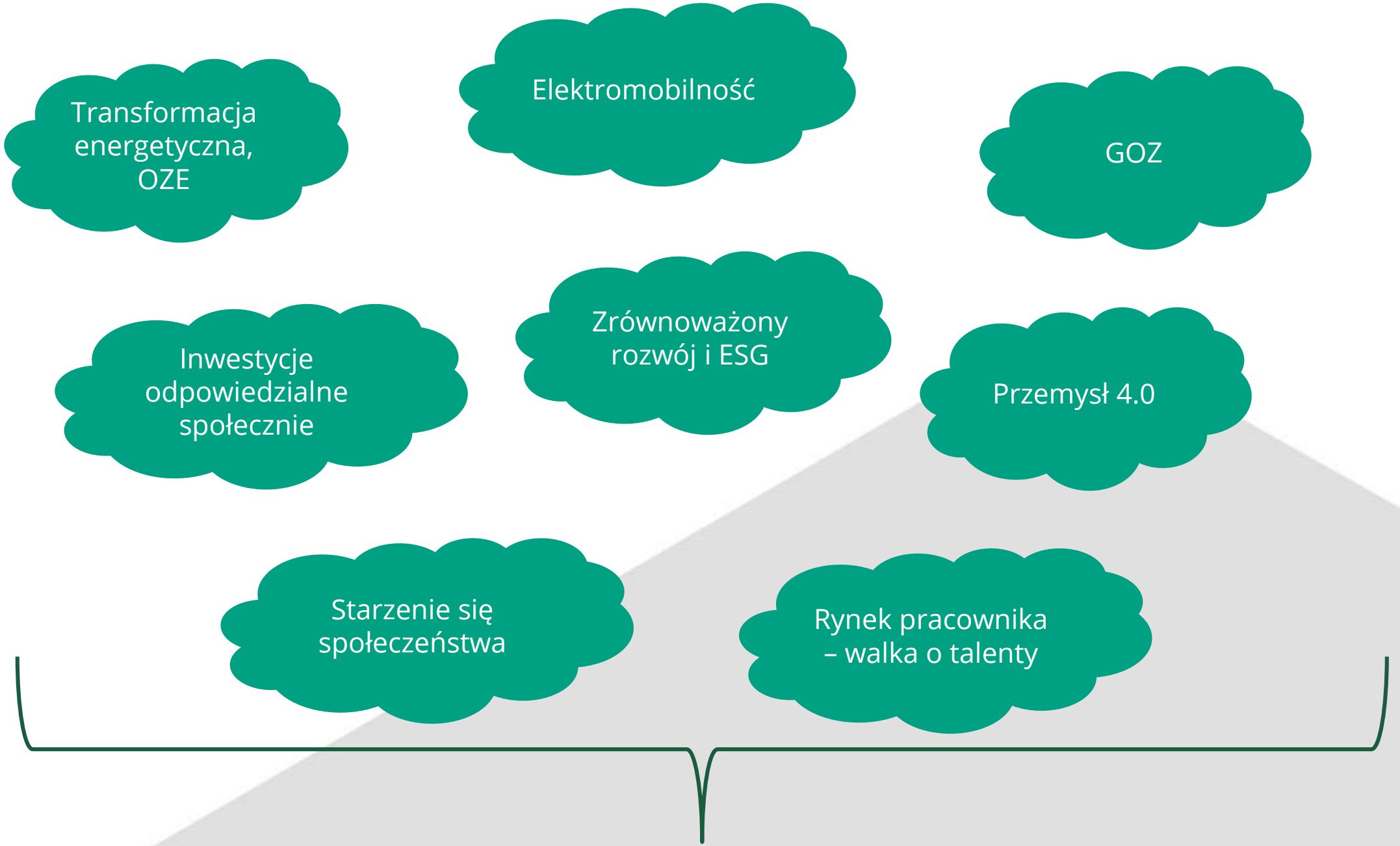
KGHM
POLSKA MIEDŹ

Elementy ESG w strategiach spółek z WIG-20

Klaudia Bogusz

Wrzesień 2021

Co słychać w megatrendach?



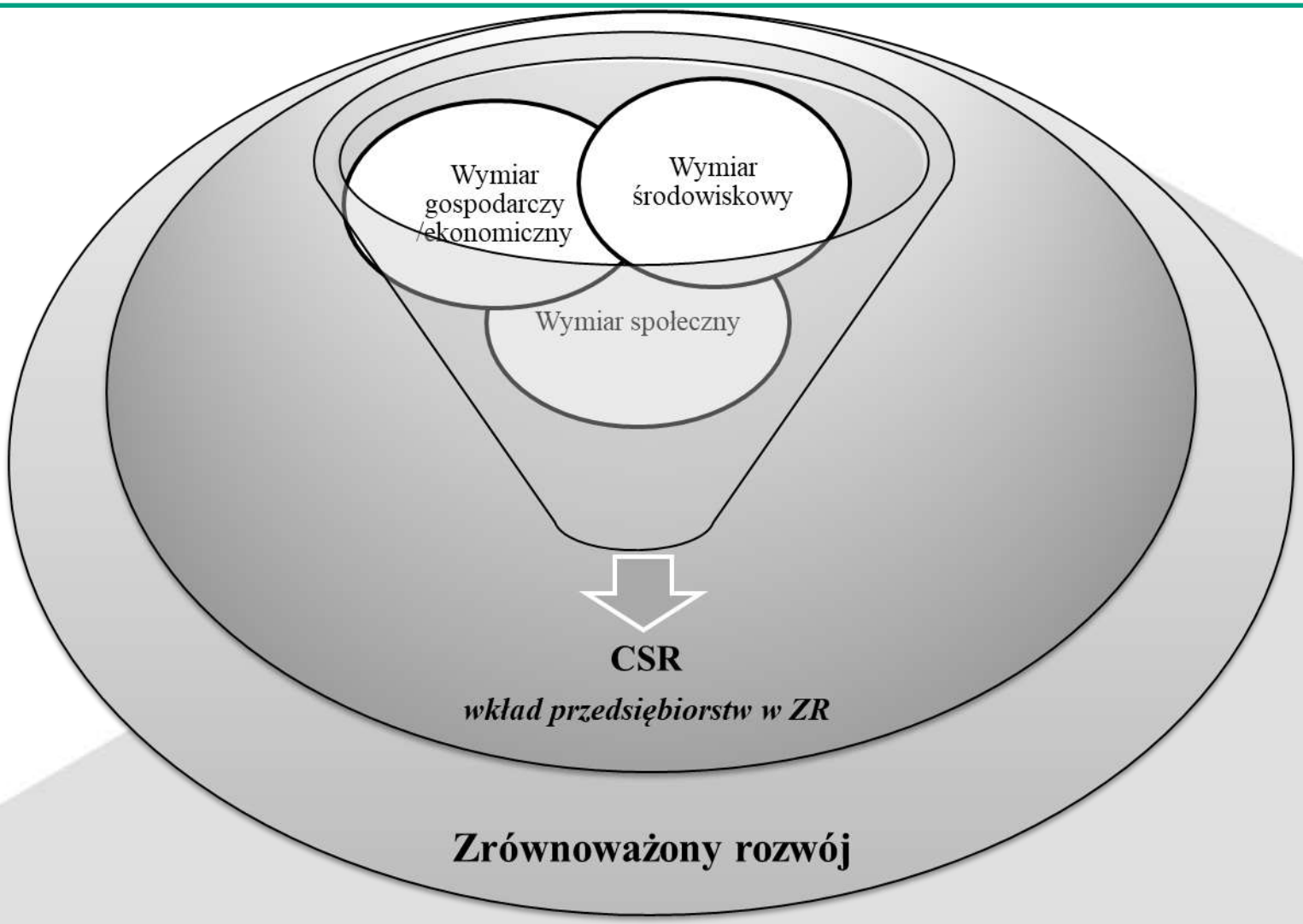
Dominacja „zielonych trendów”

KGHM POLSKA MIEDŹ

Zrównoważony rozwój i ESG

ZR wg ONZ

Zrównoważony rozwój to rozwój, który **zaspokaja podstawowe potrzeby wszystkich ludzi oraz zachowuje, chroni i przywraca zdrowie i integralność ekosystemu Ziemi**, bez zagrożenia możliwości **zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń** i bez przekraczania długookresowych granic pojemności ekosystemu Ziemi.



Zrównoważony rozwój i ESG

ESG

Environmental (środowiskowe), **S**ocial (społeczne), **G**overnance (ład korporacyjny)

Czynniki/kryteria ESG to zestaw elementów, które powinny być uwzględniane z perspektywy **społecznie odpowiedzialnego inwestowania**. Rola czynników ESG stale rośnie i jest wyjątkowo istotna przy inwestycjach długoterminowych, które to w sposób szczególny p**owinny uwzględniać ryzyka pozafinansowej działalności podmiotów.**

	Tradycyjny sposób myślenia	Nowe podejście
Inwestorzy	Strategie zrównoważonego rozwoju (dot. czynników ESG) negatywnie oddziaływują na wyniki finansowe, zmniejszają stopę zwrotu z inwestycji	Zagadnienia ze sfery ESG, zintegrowane ze strategią biznesową, mają potencjał, aby wzmocnić wyniki finansowe przedsiębiorstw
	Wskaźniki ESG to wskaźniki niefinansowe	Wskaźniki ESG są bezpośrednimi i pośrednimi kreatorami wartości biznesowej
	Rynki finansowe trafnie wyceniają informacje – istotna informacja zostanie odpowiednio wyceniona	Rynki finansowe są efektywne w wycenianiu wartości jednych informacji i mniej efektywne w wycenianiu innych
	Inwestorzy są podstawowymi interesariuszami firmy	Inwestorzy są istotnymi interesariuszami, podobnie jak pracownicy, klienci, społeczność, inne krytyczne grupy
	Myślenie o ESG głównie w kategoriach ryzyka i zgodności	Myślenie o ESG w kategoriach możliwości i kreowania wartości
Zarządzający spółkami	Jeśli inwestorzy nie pytają o czynniki ESG, nie będziemy podnosić tych kwestii w dyskusjach z nimi	Musimy inicjować dialog z inwestorami na temat wszystkich kwestii, które są materialne w ujęciu

Źródło: Deloitte

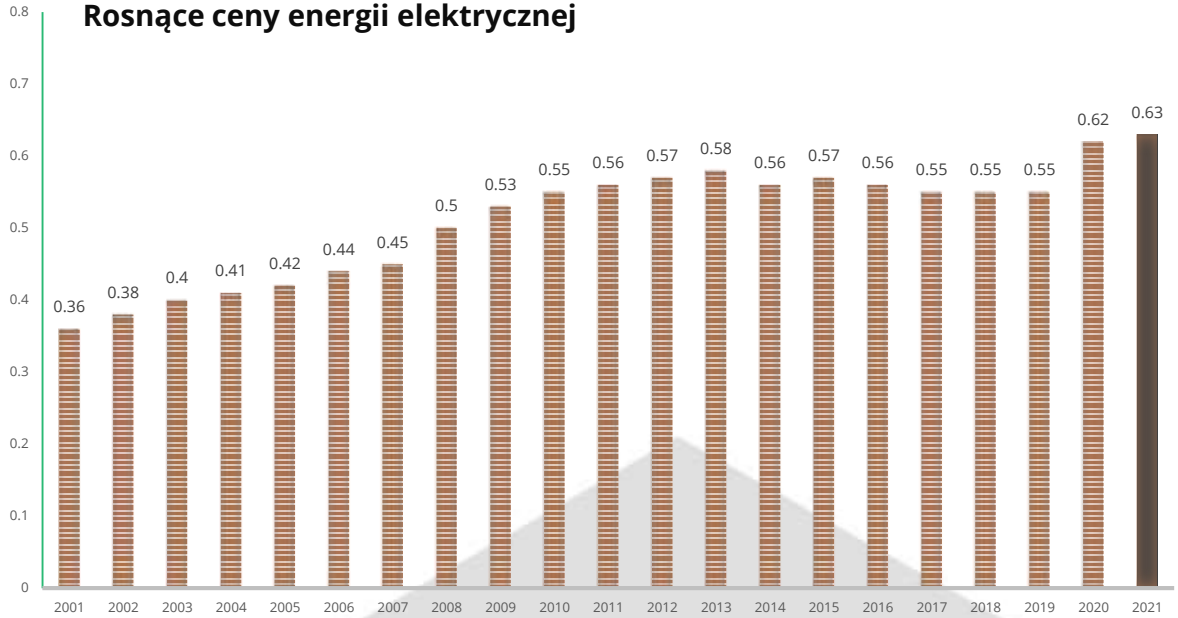
Wszechobecna presja na „zieloność”

- **Cele Zrównoważonego Rozwoju** wyznaczone przez ONZ w 2015 roku
- **Presja UE** - Green Deal (Europejski Zielony Ład), **powrót USA do porozumienia paryskiego**, **plany dekarbonizacji** (wstępnie do 2060 roku) i wdrożenie pilotażowego systemu handlu emisjami w Chinach.
- Powiązanie finansowania zewnętrznego ze stopniem „zieloności” przedsiębiorstw – Taksonomia i ratingi ESG – **pozostanie w trendzie brown economy ograniczy dostęp do finansowania i zepchnie przedsiębiorstwa na biznesowy margines.**
- **Rosnące oczekiwania interesariuszy** – legislatorzy, akcjonariusze, analitycy, banki, fundusze inwestycyjne, giełdy, NGOs, bardziej świadome społeczeństwo.
- **Klienci raportujący scope 3** (dokumentowanie emisji w całym łańcuchu dostaw firmy), zatem oczekujący niskoemisyjności od dostawców.
- Ekspansja i **rozkwit branż mających budować Zielony Ład** – OZE, samochody elektryczne, magazyny energii, sieci energetyczne.
- Trend na **zielone metale** – czyli te o niskim śladzie środowiskowym – w perspektywie możliwość windowania ich cen.
- Konieczność **wykazywania wpływu Spółki na zmiany klimatu** i odwrotnie zmian klimatu na Spółkę – dyrektywa KE wymuszająca poszerzone raportowanie niefinansowe.



Problemy, problemy, problemy…

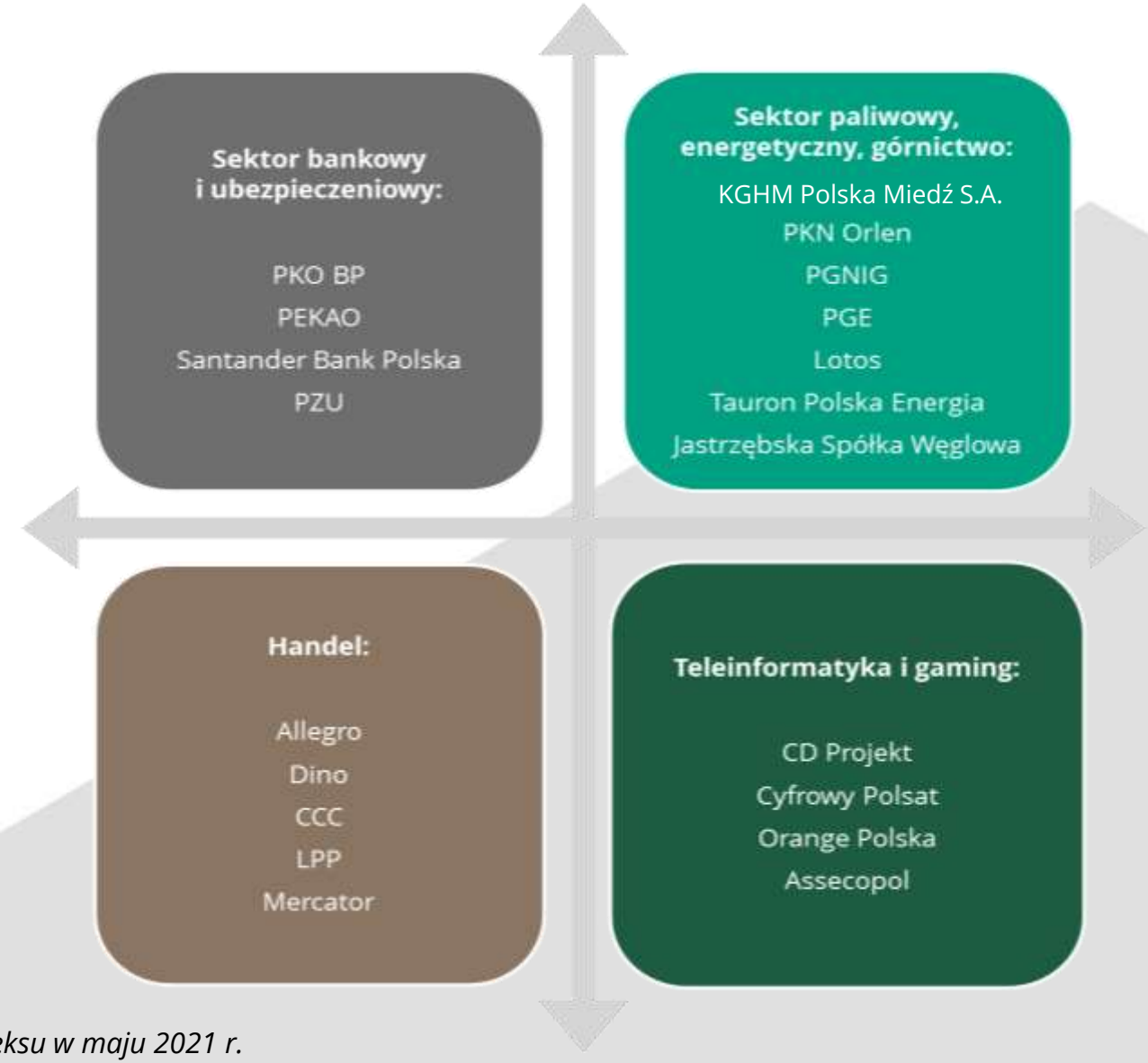
- Neutralność klimatyczna dla branż ciężkich to ogromne wyzwanie.
- Neutralność klimatyczna będzie ciężka do osiągnięcia w krajach opartych o tradycyjne źródła energii – Polska!
- Potrzebne ogromne nakłady finansowe.
- Potrzebna przełomowa transformacja technologiczna i opracowanie nowych rozwiązań.
- UE emituje ok. 10% całości światowych emisji CO2 – do z resztą świata?





I co na to największe polskie spółki?
- ESG w strategiach spółek z WIG20 – wybrane przykłady

Na potrzeby analizy dokonano podziału spółek z WIG20 na 4 „koszyki" tematyczne



** W oparciu o skład indeksu w maju 2021 r.*

KGHM Polska Miedź S.A.

Wizja

Efektywne wykorzystanie posiadanych zasobów w celu osiągnięcia pozycji lidera zrównoważonego rozwoju.

Misja

By zawsze mieć miedź.

Kierunki strategiczne

#4E

- ELASTYCZNOŚĆ
- EFEKTYWNOŚĆ
- EKOLOGIA, BEZPIECZEŃSTWO I ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ
- E-PRZEMYSŁ

Obszary strategiczne

- Produkcja
- Rozwój
- Innowacje
- Efektywna Organizacja
- Człowiek i środowisko
- Stabilność Finansowa

Strategia KGHM osadzona jest na megatrendach

W połowie 2021 roku w KGHM rozpoczęto prace nad Polityką Klimatyczną Spółki, która będzie zawierała konkretne cele redukcyjne i zobowiązania KGHM. Polityka zostanie opublikowana jeszcze w tym roku



KGHM 4.0

Efektywność
(jako element 4E)

Elektromobilność
(punkty ładowania, wprowadzenie elektrycznych samochodów do floty)



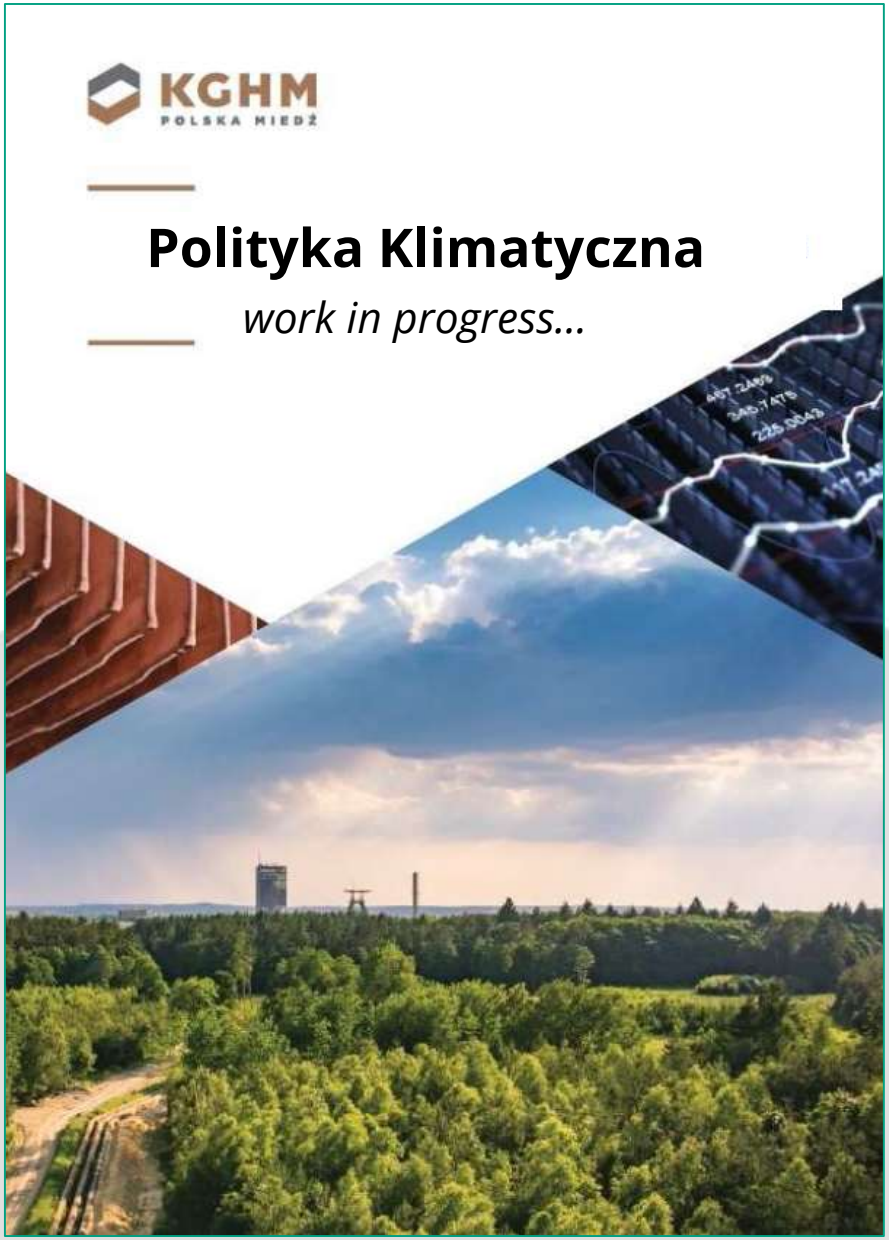
Niezależność energetyczna
(50% energii ze źródeł własnych i OZE do 2030 r.)

Fotowoltaika

Zrównoważony KGHM

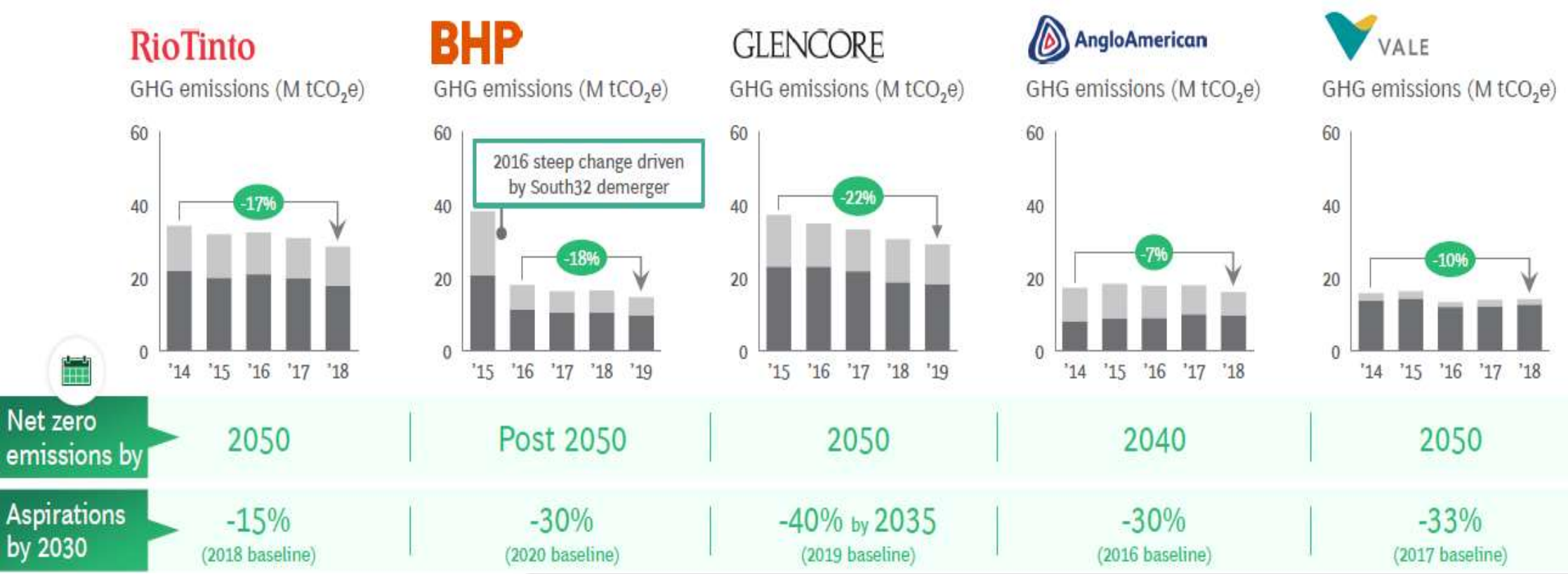


GOZ



KGHM POLSKA MIEDŹ

Bezpośredni konkurenci KGHM już określili swoje cele redukcyjne



Opracowanie: BCG

Orlen

Uchwalona w listopadzie 2020 roku - Strategia Grupy Orlen do 2030 roku.

Credo:
ORLEN. Napędzamy przyszłość. Odpowiedzialnie.

Wartości:
1. Odpowiedzialność
2. Rozwój
3. Ludzie
4. Energia
5. Niezawodność

Silna koncentracja całej strategii na zrównoważonym rozwoju.

Najwyraźniej akcentowany element i hasłem przewodnim całej strategii jest zielona transformacja.

Cała strategia biznesowa spółki, jest w zasadzie strategią ESG.

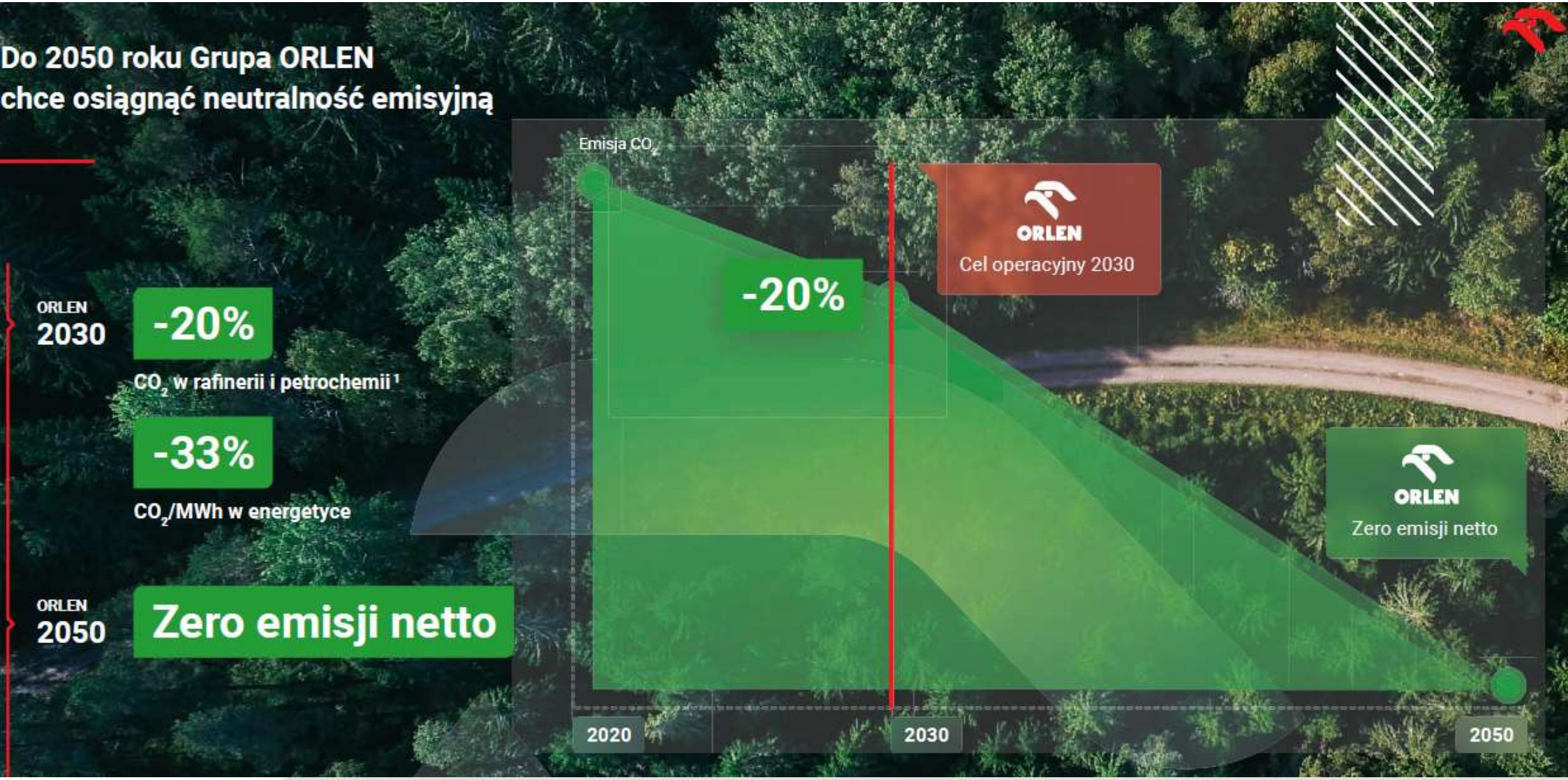
Zarząd PKN Orlen poinformował, że spółka wyemituje niebawem pierwsze zielone obligacje o nominalnej wartości 500 mln EUR.



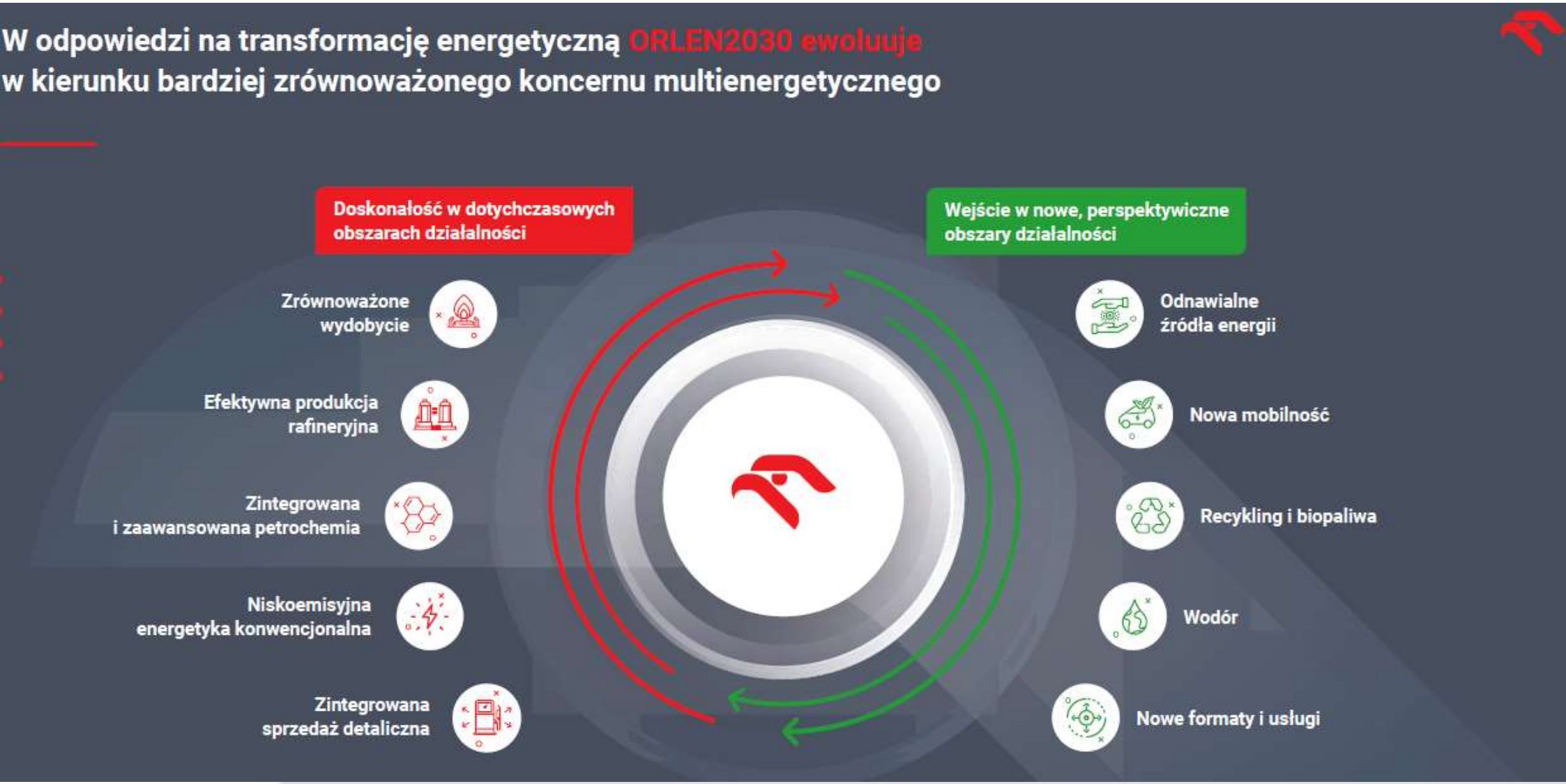
„Biznesowy lider zrównoważonej transformacji”



Neutralność emisyjna do 2050 roku



Nowe, zielone obszary działalności



Tauron

We wrześniu 2016 roku Spółka przyjęła do realizacji Strategię Grupy Tauron na lata 2016-2025. W 2019 roku dokonano aktualizacji kierunków strategicznych Strategii Grupy Tauron. Spółka udostępnia zatem zarówno „oryginalną" strategię z 2016 roku oraz dokument z aktualizacją kierunków strategicznych), przyjęty po trzech latach obowiązywania strategii.

Misja: Z pasją i zaangażowaniem dostarczamy nowoczesne rozwiązania, które dają energię w ciągle zmieniającym się świecie.

Wizja: Jesteśmy firmą, która najlepiej w polskiej branży energetycznej odpowiada na potrzeby klientów.

Wartości: Partnerstwo, Rozwój, Odwaga.



Widoczny wzrost aktywności spółki na polu ESG w ciągu ostatnich kilku lat.

Pierwotna strategia na lata 2016-2025 pomijała kwestie ESG, w 2019 roku w ramach aktualizacji odniesiono się do tematów związanych z redukcją emisji i OZE.

Opracowano też Politykę Klimatyczną oraz Strategię Zrównoważonego Rozwoju (choć bardzo ogólne i hasłowe).

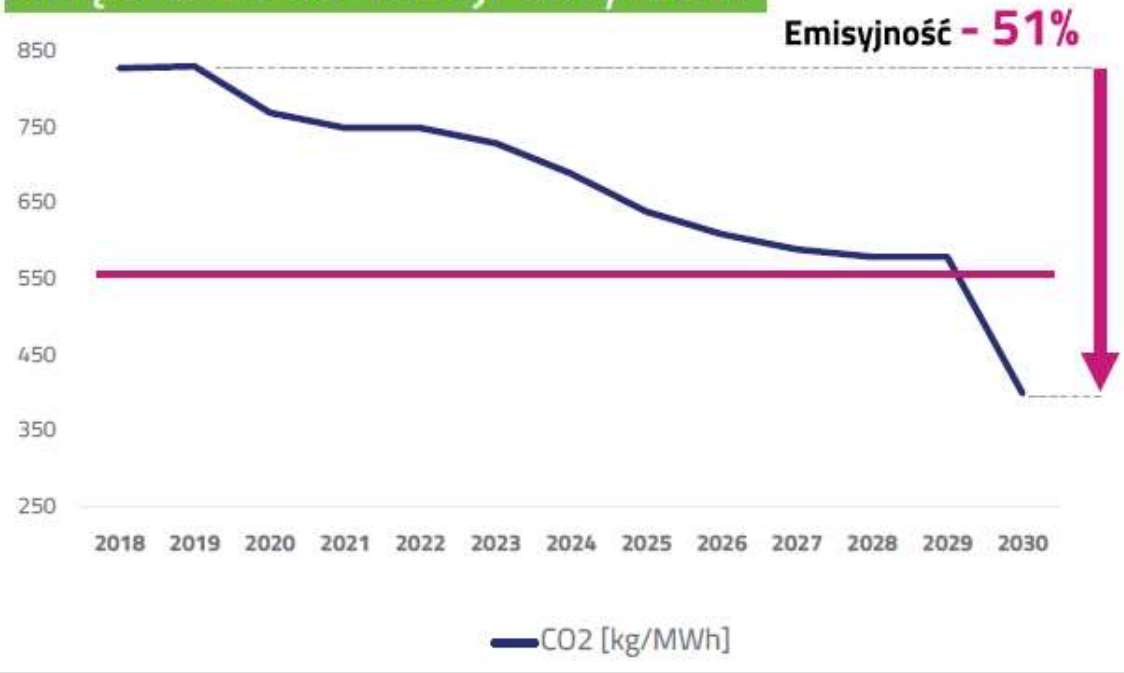
Kluczowy cel - w 2030 roku 66% energii z aktywów nisko i zeroemisyjnych.

Nowe priorytety

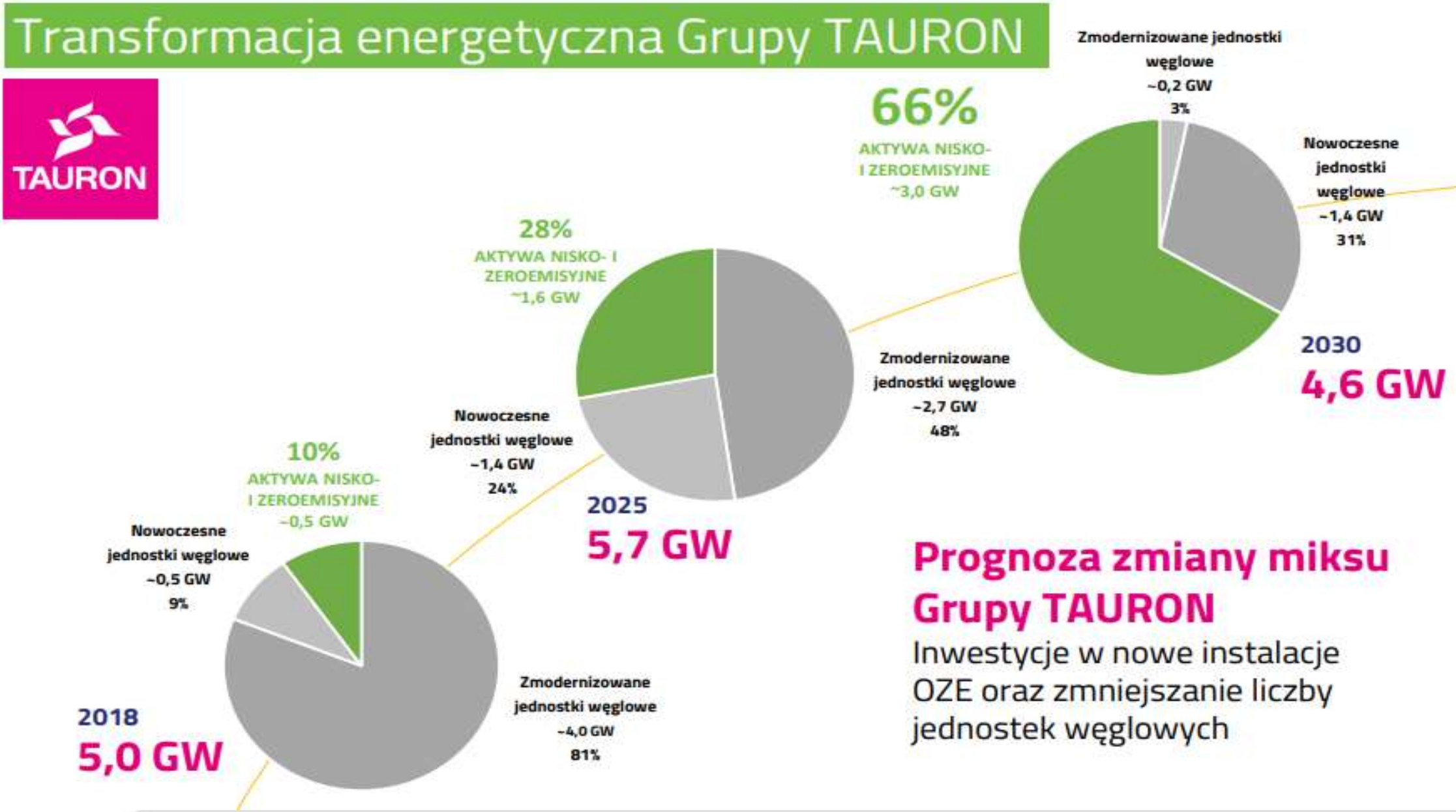
Priorytety Grupy TAURON

- Transformacja miksu energetycznego, w tym rozwój źródeł nisko- i zeroemisyjnych
- Utrzymanie stabilności finansowej
- Optymalizacja portfela inwestycji kapitałowych

Istotne ograniczenie emisji CO2 dzięki transformacji aktywów



Transformacja energetyczna – OZE + aktywa niskoemisyjne



Polska Grupa Energetyczna *(przykład sprzeczności)*

19 października 2020 roku PGE Polska Grupa Energetyczna opublikowała nową Strategię Grupy do 2030 roku z perspektywą do roku 2050. Spółka przedstawiła plan transformacji Grupy i drogę do dekarbonizacji wytwarzania oraz ogłosiła cel osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku.

Cała strategia koncentruje się wokół narracji związanej z dążeniem do wspomnianej neutralności klimatycznej.

- Misja: Zapewniamy energię dla bezpiecznej przyszłości.
- Wizja: Lider zrównoważonej transformacji energetycznej w Polsce
- Wartości: Partnerstwo, Rozwój, Odpowiedzialność
- Priorytety strategiczne/filary strategii:
  - Energia przyjazna dla środowiska
  - Nowoczesne usługi energetyczne
  - Sprawna i efektywna organizacja

Kluczowe kierunki rozwoju Grupy PGE: **energetyka wiatrowa morska i lądowa, fotowoltaika**, infrastruktura sieciowa, niskoemisyjne ciepłownictwo oraz usługi energetyczne. W **obszarze dezinwestycji** i ograniczenia działalności znajdą się **energetyka węglowa**, program energetyki jądrowej, handel węglem kamiennym oraz obszary wsparcia spoza działalności podstawowej.

Obecny portfel wytwórczy Grupy PGE jest w ponad 80% oparty na węglu kamiennym i brunatny, zatem plan, aby w **2050 roku spółka wytwarzała energię w 100% ze źródeł odnawialnych** i osiągnęła emisję netto CO_2 równą 0, stanowi bardzo ambitne wyzwanie





Podsumowanie celów strategicznych

Lider zrównoważonej transformacji

Energia przyjazna dla środowiska

Ewolucja portfela wytwórczego w kierunku jednostek odnawialnych i brak inwestycji w nowe wydobycie i wytwarzanie węglowe

- 85% do 2030 — Źródeł niskoemisyjnych w portfelu; **ponad 120 mln t unikniętej emisji CO_2 do 2030 roku**
- 50% do 2030 — Udziału energii odnawialnej w portfelu; **ponad 90 TWh wyprodukowanej energii odnawialnej do 2030 roku**

100% energii ze źródeł odnawialnych dla klientów PGE
zrównoważenie sprzedaży detalicznej z produkcją OZE najpóźniej do 2050 roku

Nowoczesne usługi energetyczne

Utrzymanie najwyższego na rynku energetycznym poziomu satysfakcji klientów

- 100% — Zdolności do obsługi zdalnej klientów
- 800 MW do 2030 — Nowych magazynów energii w Polsce
- >90% — Umów przyłączeniowych realizowanych do 18 miesięcy, z dbałością o efektywność kosztową

Energia jako usługa - dynamiczne zarządzanie profilem zużycia, integracja sieciowa i rynkowa instalacji OZE, wsparcie elastyczności pracy sieci

Sprawna i efektywna organizacja

Efektywna współpraca wykwalifikowanej kadry oraz zintegrowane systemy ICT pozwolą na poprawienie produktywności i efektywności kosztowej

- ponad 5% — Oszczędności kosztów utrzymania majątku
- co najmniej 25% — Pozyskanego dofinansowania ze źródeł preferencyjnych na program inwestycyjny
- ponad 25%* — Obniżenie kosztów stałych do 2030 roku

Problemy PGE
- interwencje Greenpeace, spór z Czechami, wpadka z „greenwashingiem”







PGE Polska Grupa Energetyczna @Grupa_PGE · 1 g.

Dajemy zielone światło na #greenwashing. Od dzisiaj PGE umyje Twój samochód elektryczny za darmo. #Greenwashing to dla nas przede wszystkim czysty elektryk zasilany czystą energią. Szczegóły na bit.ly/36GfRdl



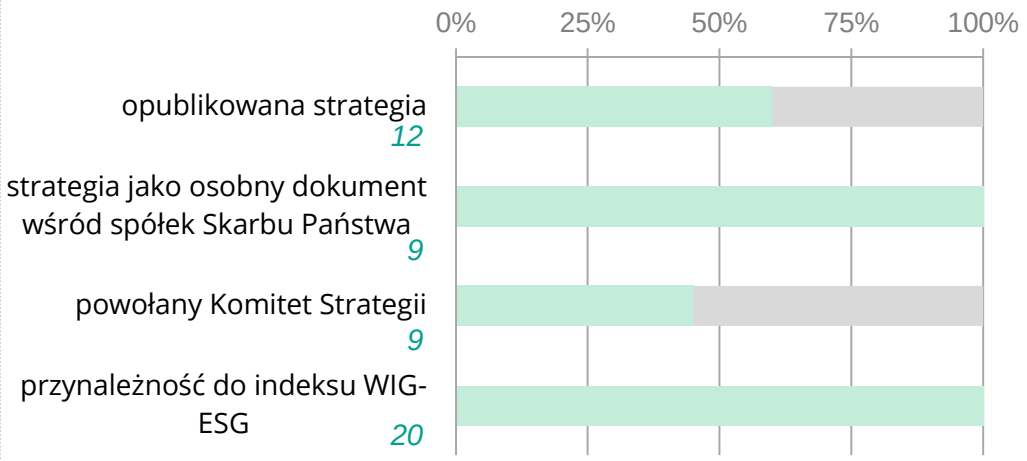
Dla przypomnienia:

Greenwashing to w wolnym tłumaczeniu „ekościema”, „zielone mydlenie oczu”, czy „zielone kłamstwo” – zjawisko polegające na wywołaniu u klientów poszukujących towarów wytworzonych zgodnie z zasadami ekologii i ochrony środowiska, wrażenia, że produkt lub przedsiębiorstwo go wytwarzające są w zgodnie z naturą i ekologią.

KGHM POLSKA MIEDŹ

Kluczowe wnioski z przeglądu strategii spółek z WIG20

Stopień zaadresowania wybranych zagadnień przez spółki



Główne obszary koncentracji w strategiach spółek WIG20

- **Poszerzanie udziałów rynkowych**
- **Zaspokajanie potrzeb klienta**
- **Rozwój technologiczny, innowacje**
- **Efektywność kosztowa**
- **Optymalizacja procesów, integracja GK**
- **Zielona transformacja**

Wybrane wnioski z przeglądu strategii spółek z koszyka paliwowo-energetycznego + górnictwo

#1 Najbardziej sparametryzowane strategie w całym WIG20

#1 Najwyższa koncentracja na kwestiach ESG spośród całego WIG20

10 lat Długofalowe spojrzenie na strategię - horyzont czasowy strategii dla 2/3 spółek z tego koszyka

100% Spółek powołało Komitet Strategii

Rekomendacje dla spółek z koszyka paliwowo-energetycznego + górnictwo

- **Zielone obligacje – finansowanie na zieloną transformację (przykład - Orlen)**
- **Pozycja w ratingach ESG (lepszy dostęp do finansowania)**
- **Ujęcie celów redukcji emisji w Strategii**
- **Szczegółowe sparametryzowanie celów strategicznych (dobre postrzeganie przez rynek)**
- **Fundamentalne znaczenie *licence to operate* (dialog społeczny + NGOs (!) aby uniknąć błędów np. PGE)**
- **Wydłużenie horyzontu strategii**

KGHM POLSKA MIEDŹ

KGHM
POLSKA MIEDŹ

Dziękuję za uwagę

Innowacyjny podwieszony ciągnik akumulatorowy CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER

Tomasz Budniok
Becker-Warkop Sp. z o.o.

Rafał Konsek
Becker-Warkop Sp. z o.o.

Bernard Krakowczyk
Becker-Warkop Sp. z o.o.

Andrzej Tor
Becker-Warkop Sp. z o.o.

Wojciech Zasadni
Becker-Warkop Sp. z o.o.

Leszek Żyrek
Becker-Warkop Sp. z o.o.

STRESZCZENIE: W artykule scharakteryzowano ciągnik akumulatorowy CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER, który jest przeznaczony do transportu podwieszonego elementów maszyn, materiałów oraz przewozu ludzi. Ciągnik akumulatorowy CA-190 z akumulatorem litowym typu VOLTER jest innowacyjną konstrukcją wpisującą się w aktualne tendencje rozwojowe transportu w światowym górnictwie. Własne źródło zasilania eliminuje stosowanie przewodów zasilania elektrycznego bądź hydraulicznego, które ograniczały zasięg stosowania ciągnika. Nowatorskim rozwiązaniem jest sposób ładowania akumulatora w czasie postoju, bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu trójfazowym 500V, 1000V. Stosowanie akumulatorów jako źródła energii ogranicza negatywny wpływ na środowisko kopalniane poprzez brak emisji spalin oraz znaczne zmniejszenie generowanego hałasu i ciepła. Wdrożenie ciągników CA-190 przyczynia się do zwiększenia efektywności wykonywanych prac oraz wpływa na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych i ergonomii pracy.

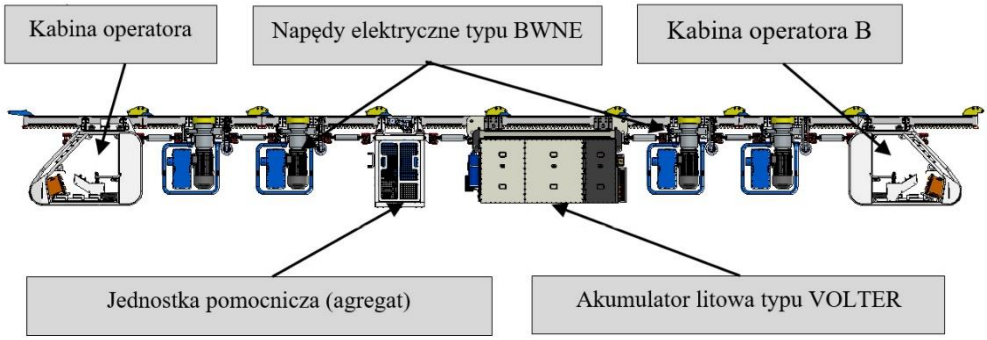
SŁOWA KLUCZOWE: Transport podwieszony, ciągnik akumulatorowy, akumulator litowy, ładowanie akumulatora, bezpieczeństwo pracy

1. WSTĘP

Systemy transportu z napędem akumulatorowym są, w ostatnich latach, jednym z kluczowych obszarów produkcji firmy Becker-Warkop Sp. z o.o. W 2014 roku został zaprojektowany i wyprodukowany przez firmę, a następnie dopuszczony i wdrożony w kopalniach pierwszy podwieszony akumulatorowy ciągnik manewrowy typu CMA-190.

2. OPIS ROZWIĄZANIA

Przedmiotem artykułu jest udoskonalany innowacyjny ciągnik akumulatorowy typu CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER w skład którego wchodzą ogniwa litowe umieszczone w obudowie przeciwwybuchowej w osłonie ognioszczelnej. Ciągnik ten jest kolejnym rozwiązaniem w całej rodzinie podwieszonych ciągników akumulatorowych typu CA-190/X/Y/Z (gdzie X-ilość napędów, Y-ilość kabin operatora, Z – typ zastosowanego akumulatora) i stanowi jednostkę napędową dla zespołów transportowych kolejek podwieszonych stosowanych w transporcie elementów maszyn, materiałów oraz przewozu ludzi. Przeznaczony jest ona do pracy w podziemnych zakładach górniczych w polach niemetanowych i me-tanowych, w wyrobiskach zaliczonych do stopnia „a", „b" lub „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz w wyrobiskach zaliczonych do klasy A lub B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Ciągniki te mogą poruszać się po torach o profilu I155 (I140E), I140V95 i I250 lub innych kompatybilnych dopuszczonego typu. Nachylenie wzdłużne toru może wynosić do ±30° (rys. 7).



Rys. 1. Podstawowa konfiguracja ciągnika CA-190/4/2/2 wraz z opisem
Fig. 1.The basic configuration of the locomotive CA-190/4/2/2 with description

Na rysunku 1 została przedstawiona podstawowa budowa ciągnika CA-190 z kabinami operatora. Ciągnik może także pracować bez kabin, jako ciągnik manewrowy (rys. 9). Wówczas jest sterowany za pomocą przewodowej kasety sterowniczej lub pilota radiowego. Pełen podgląd parametrów pracy ciągnika jest prezentowany na wyświetlaczu parametrów pracy zlokalizowanym na obudowie zespołu akumulatora oraz w kabinach operatora. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy wygląd głównej synoptyki.



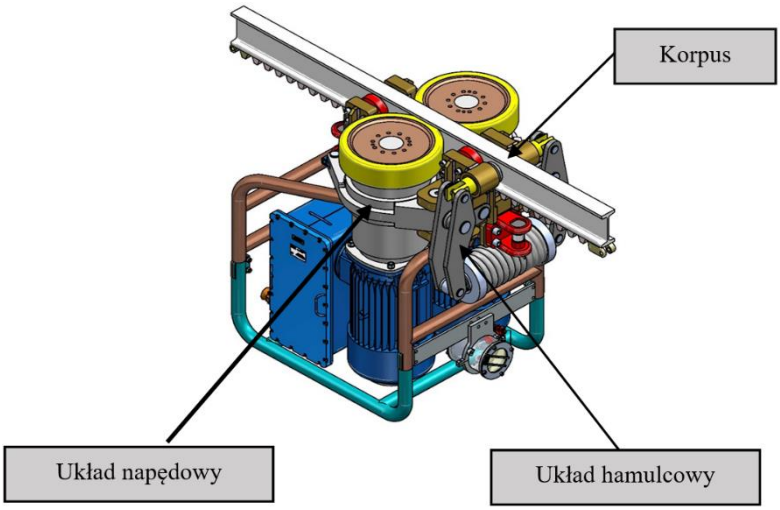
Rys. 2. Przykładowa synoptyka wizualizacyjna
Fig. 2. An example of visualisation synoptics

Nowością zastosowaną w ciągniku CA-190 z akumulatorem litowym typu VOLTER jest możliwość alternatywnego logowania operatora, zamiast wprowadzania kodu PIN, poprzez klucz elektroniczny RFID i zabudowany czytnik w części modułu hydraulicznego ciągnika (rys. 3). Klucze są przypisane do każdego z uprawnionych operatorów.



Rys. 3. Klucz elektroniczny RFID
Fig. 3. Electronic key RFID

Zaletą układu napędowego ciągnika CA-190 jest pełna integracja silnika z falownikiem, dzięki czemu możliwa jest bardzo szybka rekonfiguracja ilości napędów ciągnika, dostosowana do aktualnych potrzeb eksploatacyjnych. Rysunek 4 przedstawia pojedynczy napęd elektryczny typu BWNE.



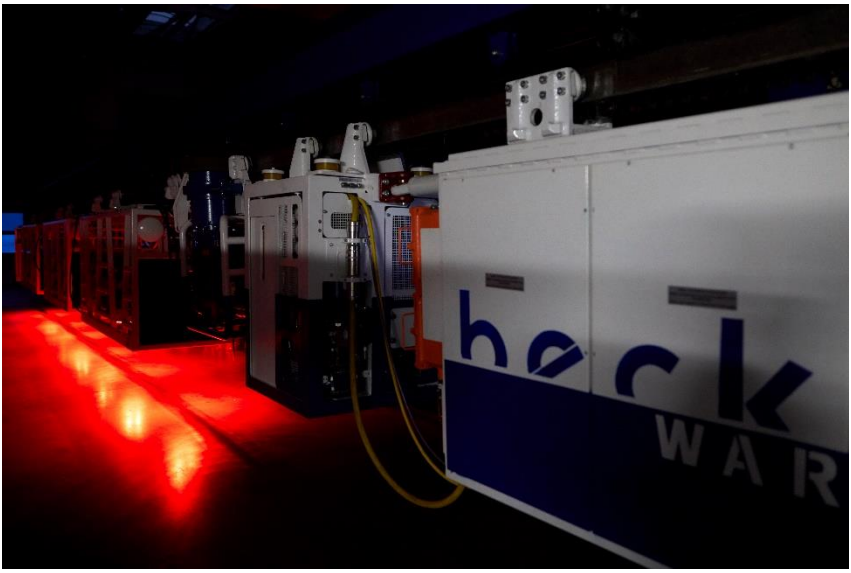
Rys. 4 Napęd elektryczny typu BWNE
Fig. 4. The electric drive type BWNE



Rys. 5. Mobilne oświetlenie stacji osobowych z akumulatorowego ciągniki podwieszonego typu CA-190 (białe światło - ciągnik znajduje się na stacji osobowej)
Fig. 5. Mobile lighting of passanger stations from the monorail battery locomotive CA-190 (white light – the locomotive is located at the passanger station)

Innowacyjnym rozwiązaniem wykorzystanym w ciągniku CA-190 z akumulatorem litowym typu VOLTER jest zastosowanie mobilnego oświetlenia, które umożliwia zastąpienie oświet-

lenia stacjonarnego dworców osobowych i materiałowych, poprzez korzystanie z lamp zabudowanych na kabinach osobowych oraz zestawach transportowych. Zastosowanie tego sposobu oświetlenia oraz możliwość jego wykorzystania zarówno na stacjach, jak i na całej długości trasy przejazdu kolejki ~~co~~ przyczynia się do poprawy bezpieczeństwo oraz efektywności ekonomicznej i energetycznej zakładu górniczego. Standardowe stacjonarne oświetlenie stacji materiałowo-osobowych wymaga ciągłego przebudowywania wraz z postępem robót.



Rys. 6. Mobilne oświetlenie z akumulatorowego ciągniki podwieszonego typu CA-190 (czerwone światło - ciągnik w trakcie jazdy)
Fig. 6. Mobile lighting from the monorail battery locomotive CA-190 (red light – the locomotive while driving)

Zastosowany w ciągniku CA-190 akumulator litowy typu VOLTER służy do zasilania silników napędów ciągnika. W zespole akumulatora są również zabudowane układy przeznaczone do kontroli, zabezpieczania, nadzoru i sterowania poszczególnych urządzeń ciągnika. Całość jest zabudowana w dwukomorowej osłonie ognioszczelnej. W komorze akumulatorowej znaj-dują się ogniwa litowe pogrupowane w 20 kasetach. W każdej kasecie umieszczono 8 ogniw, które nadzorowane są napięciowo i temperaturowo poprzez indywidualne moduły kontrolne. Moduły kontrolne komunikują się z częścią nadzorczą znajdującą się w komorze aparaturowej i odpowiadają również za proces ładowania ogniw oraz za przekazywanie parametrów pracy do układu sterowania. W komorze aparaturowej (komora aparatury elektrycznej, sterowania i urządzeń kontrolno-pomiarowych) zlokalizowane są elementy odpowiedzialne za nadzór i prawidłowe działanie akumulatora. Zastosowanie ogniw litowych daje możliwość doładowywania ich w każdej chwili i miejscu, również w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, dzięki czemu nie ma potrzeby lokalizowania ciągnika na czas ładowania w specjalnej komorze ładowni akumulatorów przewietrzanej niezależnym prądem powietrza.



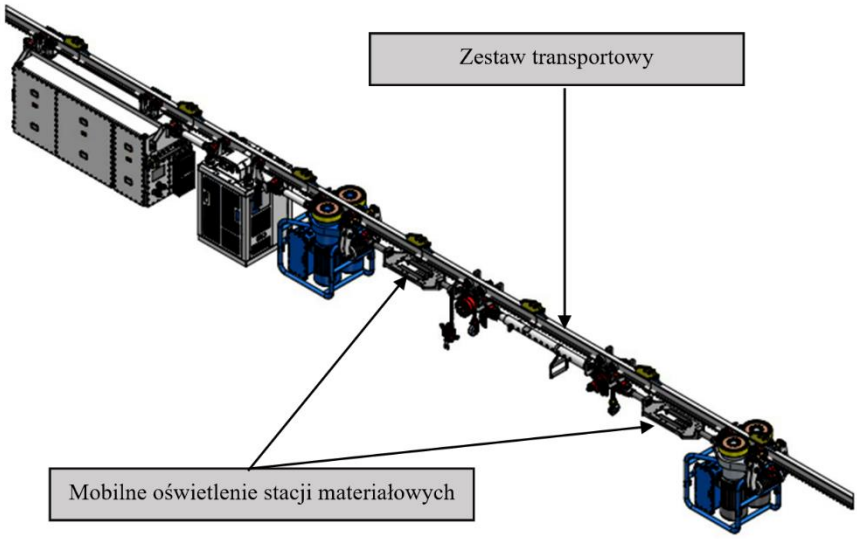
Rys. 7. Podstawowa konfiguracja ciągnika CA-190/4/2/2 na torze prób - nachylenie trasy 30 stopni
Fig. 7. The basic configuration of the locomotive CA-190/4/2/2 on the test track - the inclination of the route, 30°

Niewątpliwą zaletą akumulatora typu VOLTER jest zintegrowana z nim ładowarka (zabudowana w dedykowanej komorze obudowy akumulatora), umożliwiająca ładowanie ogniw bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu trójfazowym 500V, 1000V. Podłączenie z siecią kopalnianą jest zrealizowane poprzez znajdujące się w osłonie ognioszczelnej szybkozłącze – co znacznie przyśpiesza proces podłączenia/odłączenia. Czas ładowania został znacznie skrócony w stosunku do wcześniej stosowanych akumulatorów i wynosi maksymalnie do 4 godzin. Układ napędowy ciągnika CA-190 wraz z akumulatorem typu VOLTER umożliwia pracę z rekuperacją energii, tj. odzyskiem energii z powrotem do akumulatora podczas jazdy po upadzie lub podczas hamowania.
W szczególnym przypadku, ciągnik CA-190 może być doposażony w opracowany i wdrożony w firmie Becker-Warkop Sp. z o.o. moduł rozproszenia energii typu BWMRE. Moduł BWMRE umożliwia poruszanie się ciągnika CA-190 po upadzie z akumulatorem VOLTER naładowanym do pełna. Wytwarzana, z energi kinetycznej, energia elektryczna jest w tym przypadku rozpraszana w postaci ciepła.
W budowie akumulatora typu VOLTER zastosowano innowacje bazujące na rozwiązaniach Przemysłu 4.0. Dzięki zastosowaniu rejestratora danych oraz modułów komunikacyjnych istnieje możliwość nawiązania łączeności pomiędzy ciągnikiem i iskrobezpiecznym tabletem/ /smartfonem poprzez transmisję Wi-Fi za pomocą dedykowanej aplikacji (tzw. Internet Rzeczy). Po nawiązaniu połączenia pomiędzy ciągnikiem, a tabletem/smartfonem, wyświetlana jest również wizualizacja parametrów pracy ciągnika na ekranie urządzenia mobilnego (rys. 8a).
Istnieje również możliwość przedstawiania na tablecie/smartfonie kolejnych plansz wizua-lizacji parametrów pracy ciągnika (rys. 8b).



a) b)

Rys. 8. Tablet firmy Becker-Warkop Sp. z o.o.
Fig. 8. Becker-Warkop Sp. z o.o tablet



Rys. 9. Manewrowy ciągnik CA-190 (wersja CA-190/2/0/2) zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER z zestawem transportowym dwuwciągnikowym i mobilnym oświetleniem stacji materiałowych
Fig. 9. The maneuvering locomotive CA-190 (version CA-190/2/0/2) powered by the lithium battery VOLTER with two – hoist transport set and mobile material station lighting

Zastosowanie tego rozwiązania jest uzasadnione, gdy ciągnik CA-190 występuje w wersji manewrowej (rys. 9), a operator nie ma możliwości podglądu parametrów na wyświetlaczu ciągnika, np. gdy ciągnik znajduje się na wysokim odcinku trasy. Kolejnym rozwiązaniem zgodnym z koncepcją Przemysłu 4.0 jest utrzymanie predykcyjne ciągnika. Wszystkie informacje z czujników, modułów kontrolnych, zdarzenia itp. są zapisywane na karcie pamięci. Dane te mogą być wysyłane na bieżąco lub być kopiowane i przekazywane do firmy Becker-Warkop Sp. z o.o., gdzie na podstawie bazy danych można informować użytkownika o bie-żących przeglądach oraz koniecznych wymianach podzespołów. Wdrożenie strategii utrzy-mania predykcyjnego umożliwia zmniejszenie kosztów awarii i serwisu oraz ograniczenie czas przestojów. Jednocześnie wydłuża się czas działania urządzeń i poprawia bezpieczeństwo. Poniżej przedstawiono podstawowe parametry techniczne ciągnika akumulatorowego CA-190 zasilanego z akumulatora litowego typu VOLTER.

Tabela 1. Podstawowe parametry technicze ciągnika akumulatorowego typu CA-190 zasilanego z akumulatora litowego typu VOLTER
Table 1. Basic technical parameters of the battery locomotive CA-190 powered by the lithium battery VOLTER

Parametr	**Wartość**
Siła uciągu	80 kN – 4 napędy cierne
Prędkość maksymalna	2,0 m/s
Minimalny promień skrętu w poziomie	4 m
Minimalny promień skrętu w pionie	8 m
Maksymalne nachylenie toru jezdnego	± 30°
Znamionowe napięcie ładowania (bezpośrednio z sieci zasilającej)	500 V, 1000 V
Typ akumulatora (VOLTER)	litowy
Energia akumulatora	142 kWh
Moc jednego silnika napędowego	11 kW
Moc ciągnika z 4 napędami ciernymi (dwusilnikowymi)	88 kW
Wymiary ciągnika z 4 napędami (wysokość x szerokość x długość)	1275 x 800 x 15340 mm
Masa własna ciągnika z 4 napędami	11 110 kg

3. PODSUMOWANIE

Ciągnik akumulatorowy CA-190 zasilany z akumulatora litowego typu VOLTER jest innowacyjną konstrukcją. Własne źródło zasilania w postaci akumulatora litowego eliminuje stosowanie przewodów zasilania elektrycznego bądź hydraulicznego, ograniczających zasięg stosowania ciągnika. Nowatorskim rozwiązaniem jest sposób ładowania baterii w czasie postoju, bezpośrednio z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu trójfazowym 500V, 1000V. Stosowanie akumulatorów jako źródła energii ogranicza negatywny wpływ na śro-dowisko kopalniane poprzez brak emisji spalin oraz znaczne zmniejszenie generowanego ha-łasu i ciepła.

Wdrażanie ciągników typu CA-190 z akumulatorem litowym typu VOLTER przyczyni się do zwiększenia efektywności wykonywanych prac oraz wpłynie na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych i ergonomii pracy. Ciągnik akumulatorowy CA-190 wraz z akumulatorem typu VOLTER znajduje się w ofercie firmy Becker Warkop sp. z o.o. od drugiej połowy 2020 roku. Do chwili obecnej w polskich kopalniach wprowadzono do eksploatacji trzy ciągniki tego typu. Ciągniki te, dzięki swoim walorom uzyskały pozytywną ocenę użytkowników. Wdrożenie ciągnika typu CA-190 zasilanego z akumulatora typu VOLTER spotyka się również ze sporym zainteresowaniem, na rynkach zagranicznych.

LITERATURA

[1] Instrukcja Obsługi -DTR Ciągnik akumulatorowy typu CA-190.
[2] Karta katalogowa mobilnego oświetlenia stacji osobowych i materiałowych.
[3] Karta katalogowa iskrobezpiecznego tabletu typu IS910.M1.

The innovative monorail battery locomotive CA-190 powered by the lithium battery VOLTER

ABSTRACT: The article characterizes the battery locomotive CA-190 powered by the lithium battery VOLTER, which is designed for monorail transport of machine elements, materials and haulage of people. Battery locomotive CA-190 powered by the lithium battery VOLTER is an innovative design in line with current trends in transport development in the global mining industry. Its own power supply eliminates the use of electric or hydraulic power cables that limited range of locomotive application. An innovative solution is the method of charging the battery during standstill, directly from the mine power mains with 500V, 1000V three-phase voltage. The use of batteries as an energy source limits the negative impact on the mining environment by not emitting exhaust fumes and significantly reducing noise and heat generation. The implementation of the locomotive CA-190 contributes to increasing the efficiency of the work performed and improves the safety and work ergonomics of the mining crews.

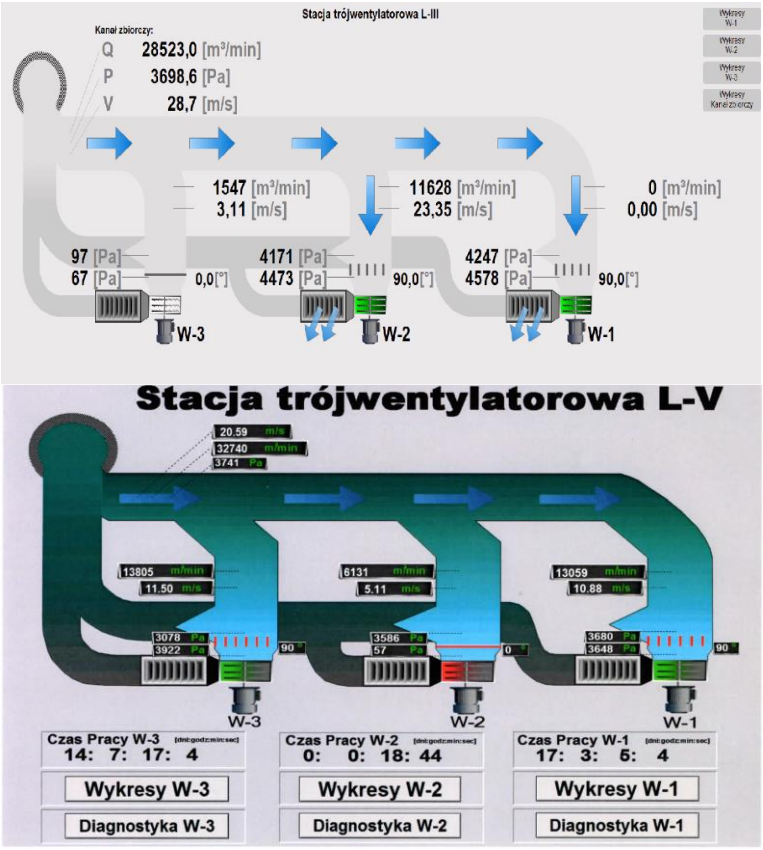
Optymalizacja konstrukcji i technologii wykonania wirników wentylatorów głównego przewietrzania

Optimization of Main Ventilation Fans in Terms of Rotor Design and Manufacturing Technology

Wiesław Chodorowski, Jarosław Jakubowski
KGHM „Polska Miedź" S.A.
O/ZG „Lubin"

1. CEL PROGRAMU

Obniżenie kosztu jednostkowego zużycia energii elektrycznej przez Stacje Wentylatorów Głównych O/ZG „Lubin".



Rys. 1. Schematy stacji wentylatorów głównych

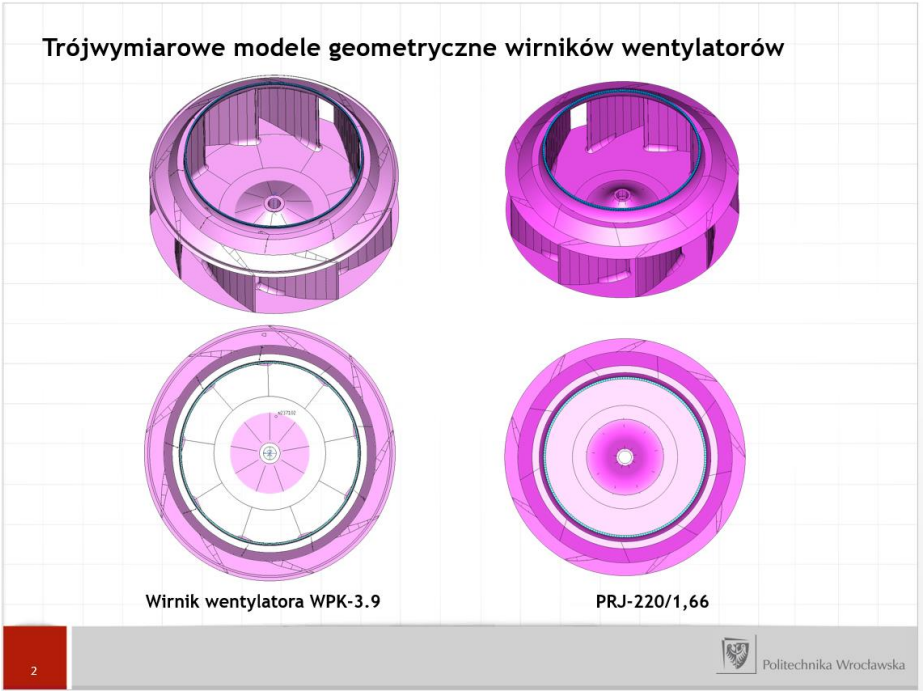
2. SPOSÓB OSIĄGNIECIA CELU

Biorąc pod uwagę, że wentylatory główne są jednymi z największych odbiorników energii w zakładzie górniczym, zapadła decyzja o konieczności optymalizacji parametrów pracy wentylatorów. Z uwagi na wysoką sprawność silników synchronicznych stosowanych do napędu oraz wysoką cenę silników z magnesami trwałymi, najtańszym i najprostszym sposobem szukania oszczędności okazała się zmiana konstrukcji wirników, piast i lejów dolotowych.

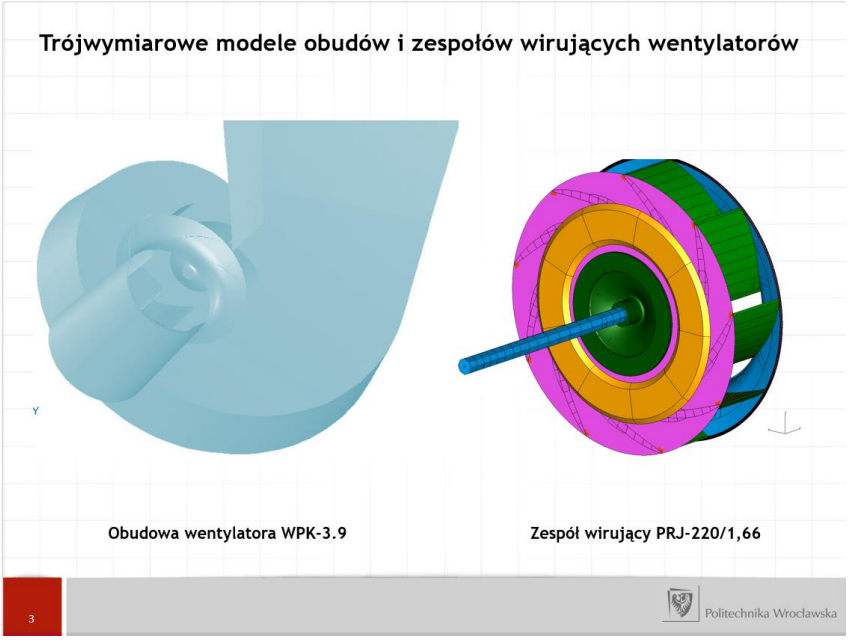
Wspólne przedsięwzięcie zostało zrealizowane i wdrożone przez Politechnikę Wrocławską, Firmę APC Presmet z Opola oraz KGHM „Polska Miedź" S.A. na przestrzeni lat 2016–2021.

Zmieniono konstrukcje łopat wirnika, zastosowano w produkcji stal Cor-Ten B (nazwa pochodzi od określenia jej właściwości w języku angielskim: *Improved* **Cor***rosion Resistance and* **Ten***sile Strenght*, czyli podwyższona odporność na korozję i wytrzymałość na rozciąganie).

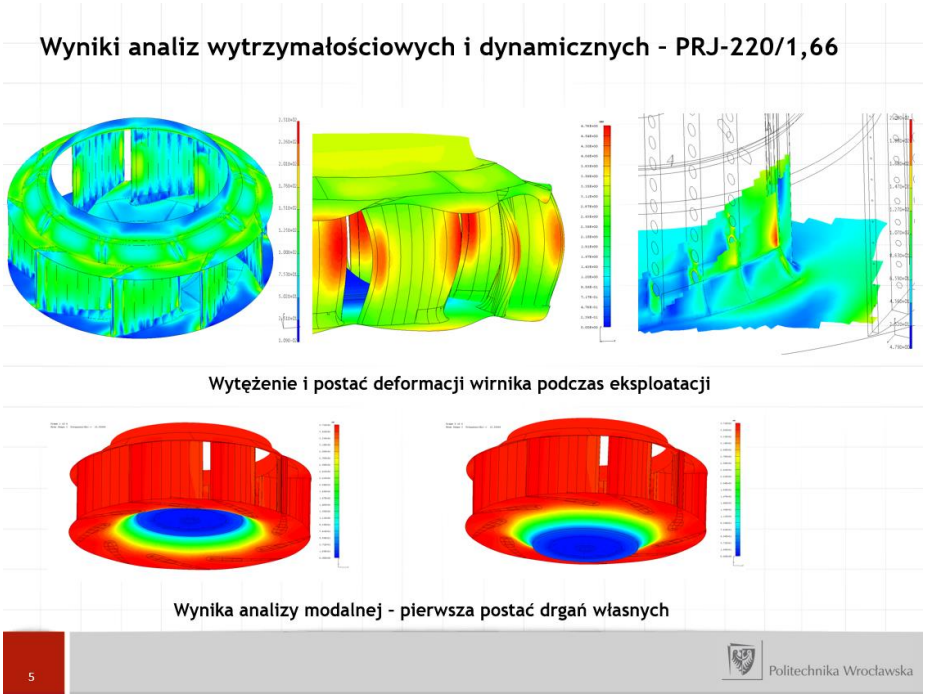
Stworzono trójwymiarowe modele geometryczne wirników, obudów i zespołów wirujących, które następnie poddano analizom wytrzymałościowym i dynamicznym.



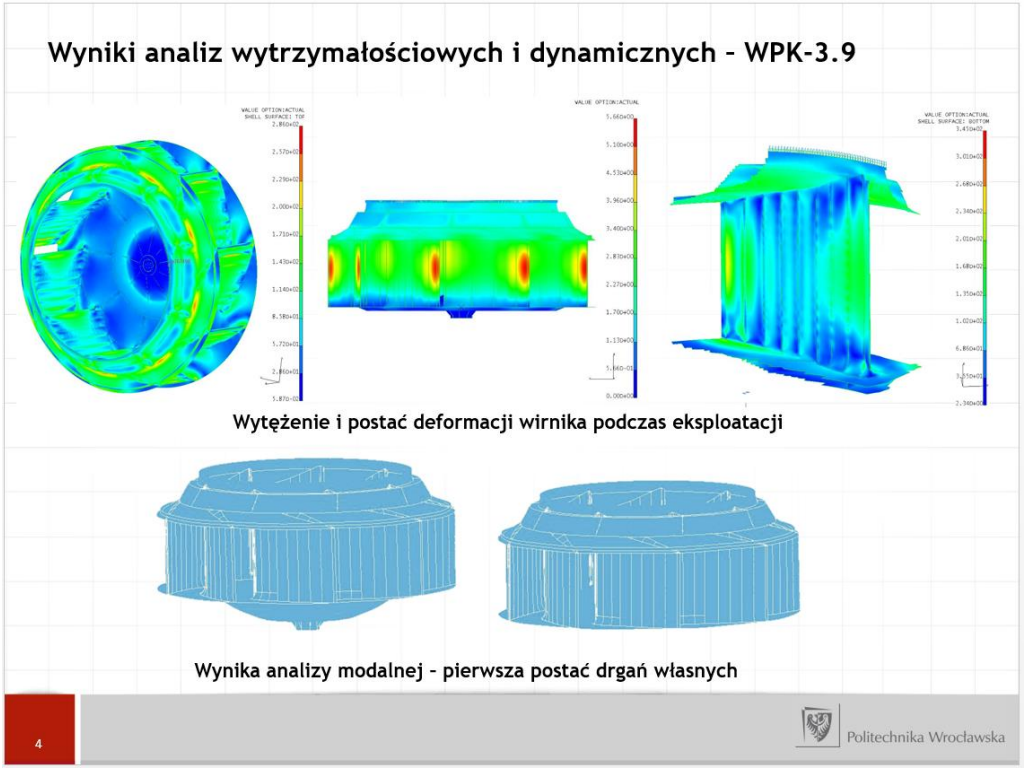
Rys. 2. Modele geometryczne wirników wentylatorów



Rys. 3. Modele geometryczne obudów i zespołów wirujących



Rys. 4. Analiza wytrzymałościowa i dynamiczna wirnika wentylatora PRJ-220/1.66



Rys. 5. Analiza wytrzymałościowa i dynamiczna wirnika wentylatora WPK-3.9

Wnikliwa analiza wytrzymałościowa, zastosowanie innego materiału oraz wykonanie piast w wersji spawanej zamiast stosowanych dotychczas odlewów pozwoliło zredukować masę wirującą (wirnik + piasta) dla wentylatora PRJ-220/1.66 z 4514 kg do 3760 kg, dla wentylatora WPK-3.9 z 4574 kg do 3947 kg.



Zdjęcie 1. Zredukowanie masy łopaty wentylatora bez utraty jej sztywności i sztywności ogólnej wirnika

Przetoczona na tokarce karuzelowej szyjka wlotowa (bicie promieniowe nie przekraczające 1,5–2 mm) umożliwia ustawienie szczeliny pomiędzy szyjką a lejem dolotowym rzędu 5 mm. Zastosowanie pierścienia redukującego zawirowania powietrza zapewnia minimalne straty na wlocie.



Zdjęcie 2. Przetoczona szyjka wlotowa z pierścieniem redukującym zawirowania powietrza



Zdjęcie 3. Króciec wlotowy w wersji obrabianej mechanicznie wyposażony w miedzianą wykładzinę eliminującą zatarcie wirnika w obrębie szyjki

3. WDROŻENIE

Na potrzeby programu pilotażowego w roku 2016 zakupiono i zabudowano piasty oraz wirniki dla wentylatorów PRJ-220/1.66 nr 1 i 2 w stacji wentylatorów głównych przy szybie L-IV oraz piastę i wirnik dla wentylatora WPK-3.9 nr 1 w stacji wentylatorów głównych przy szybie L-V.

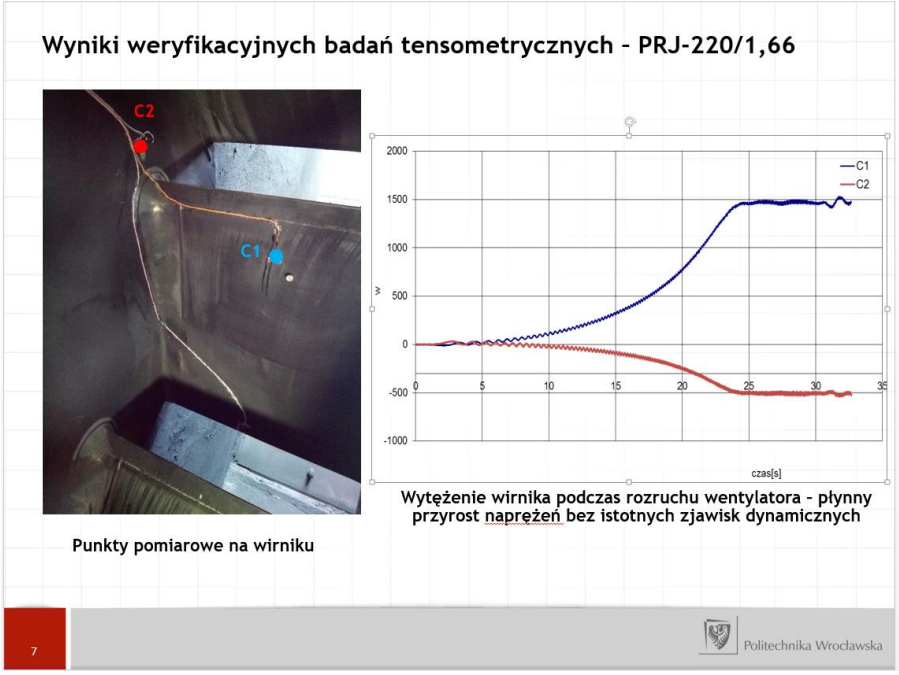


Zdjęcie 4. Nowa konstrukcja wirnika PRJ-220/1.66



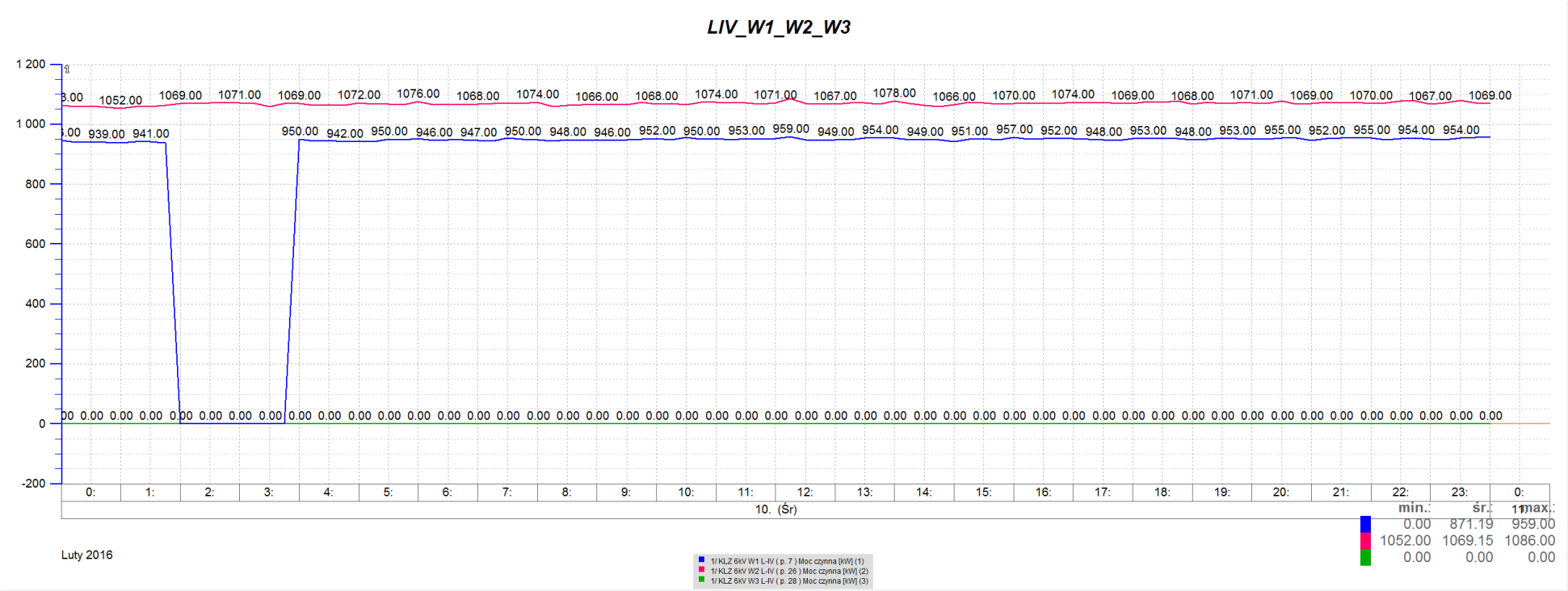
Zdjęcie 5. Nowa konstrukcja wirnika wentylatora WPK-3.9 po badaniu spoin
a przed zabezpieczeniem antykorozyjnym systemem High Solid

Po zabudowie wirników przeprowadzono serie pomiarów tensometrycznych oraz analizę parametrów wydajności i poboru mocy.



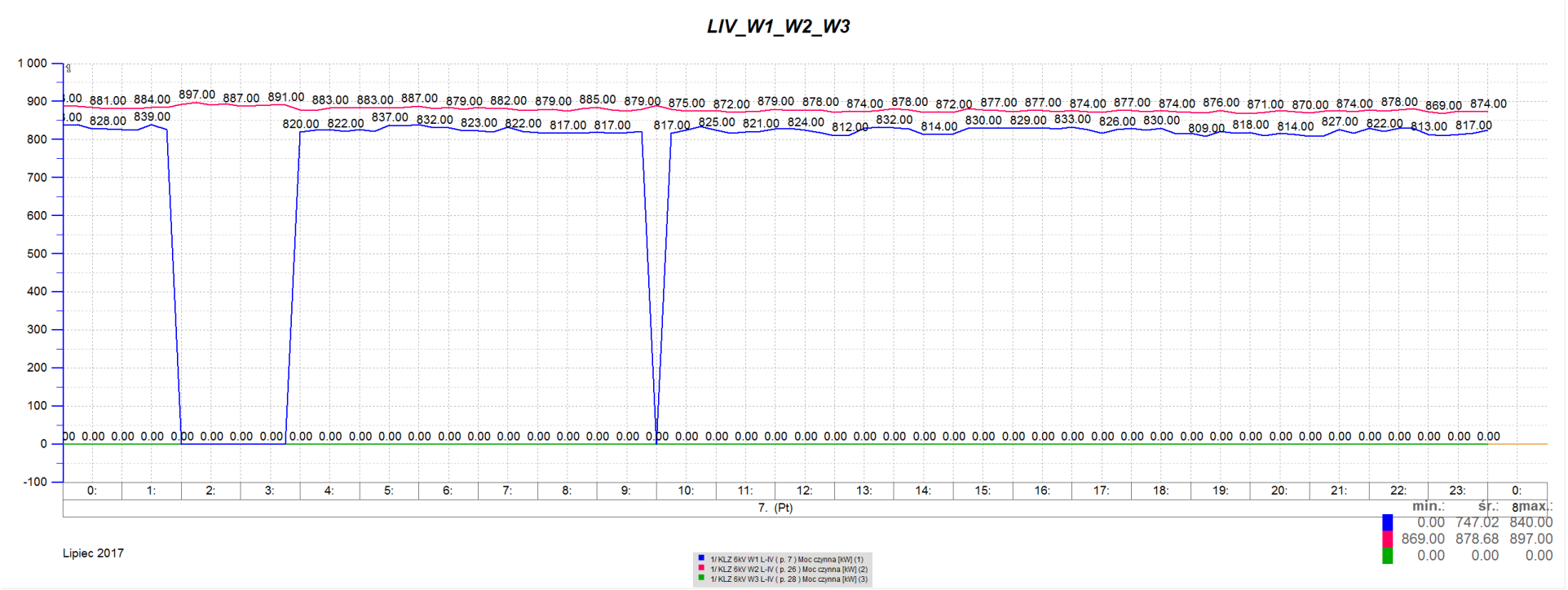
Rys. 6. Wykres wytężenia wirnika wentylatora PRJ-220/1.66 podczas rozruchu wentylatora

Wykres obrazujący pobór mocy dla układu pracy wentylatorów PRJ 1 i 2 zabudowanych w stacji przy szybie L-IV (rok 2016 – przed zabudową zmodernizowanych wirników)

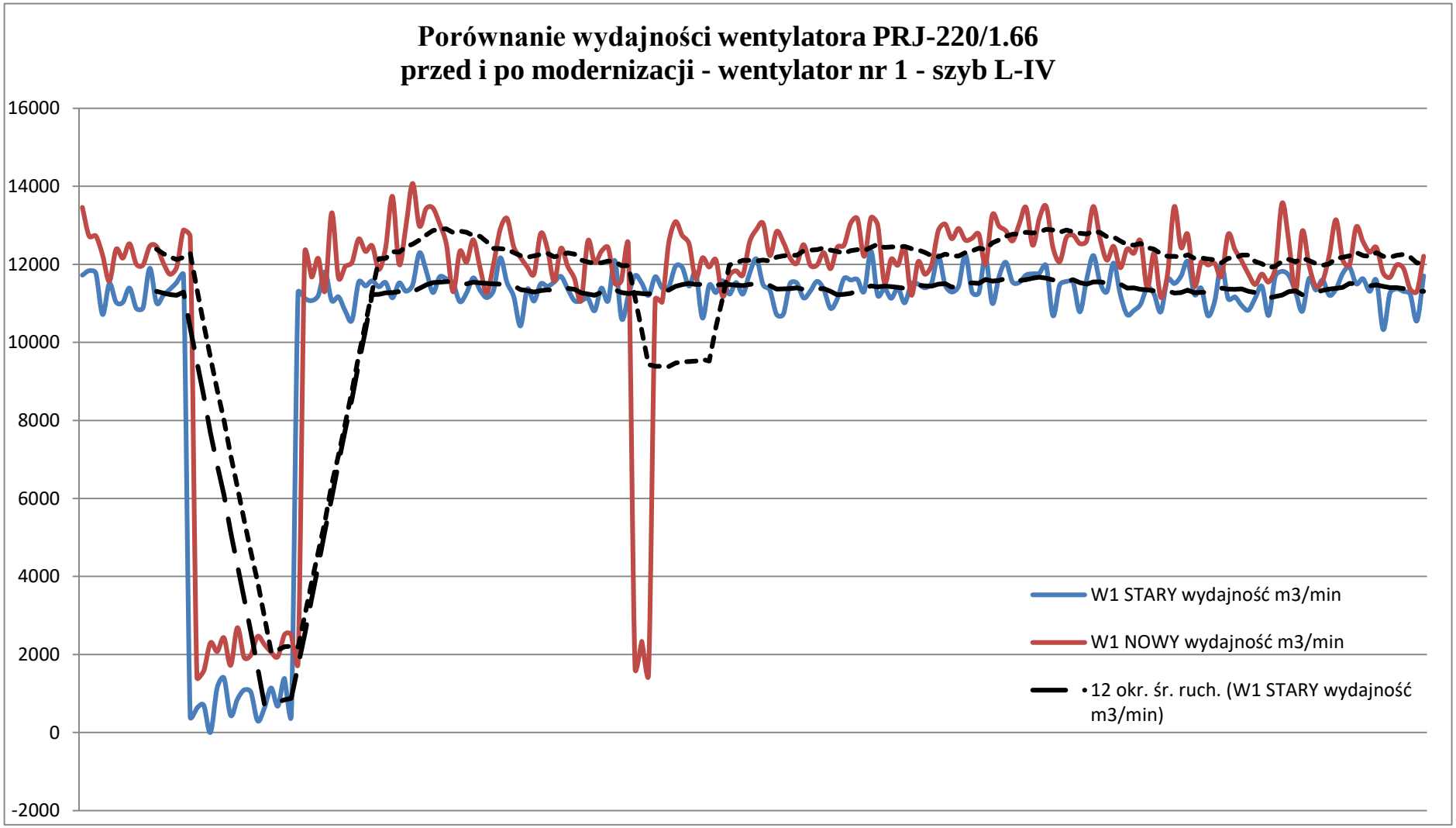


Wykres 1. Pobór mocy wentylatorów zabudowanych w stacji przy szybie L-IV przed zabudową zmodernizowanych wirników i piast

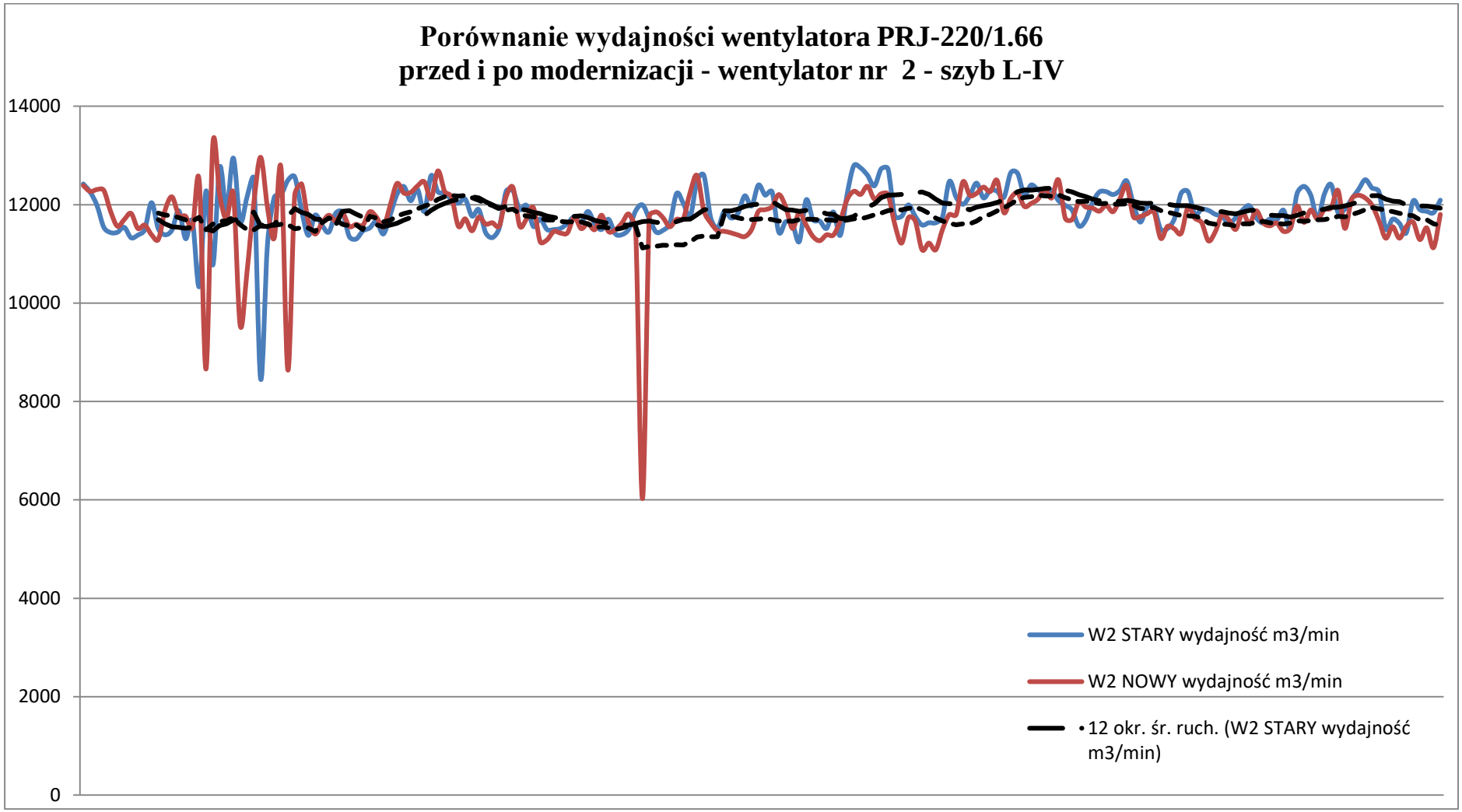
Wykres obrazujący pobór mocy dla układu pracy wentylatorów PRJ 1 i 2 zabudowanych w stacji przy szybie L-IV (rok 2017 – po zabudowie zmodernizowanych wirników)



Wykres 2. Pobór mocy wentylatorów zabudowanych w stacji przy szybie L-IV po zabudowie zmodernizowanych wirników i piast

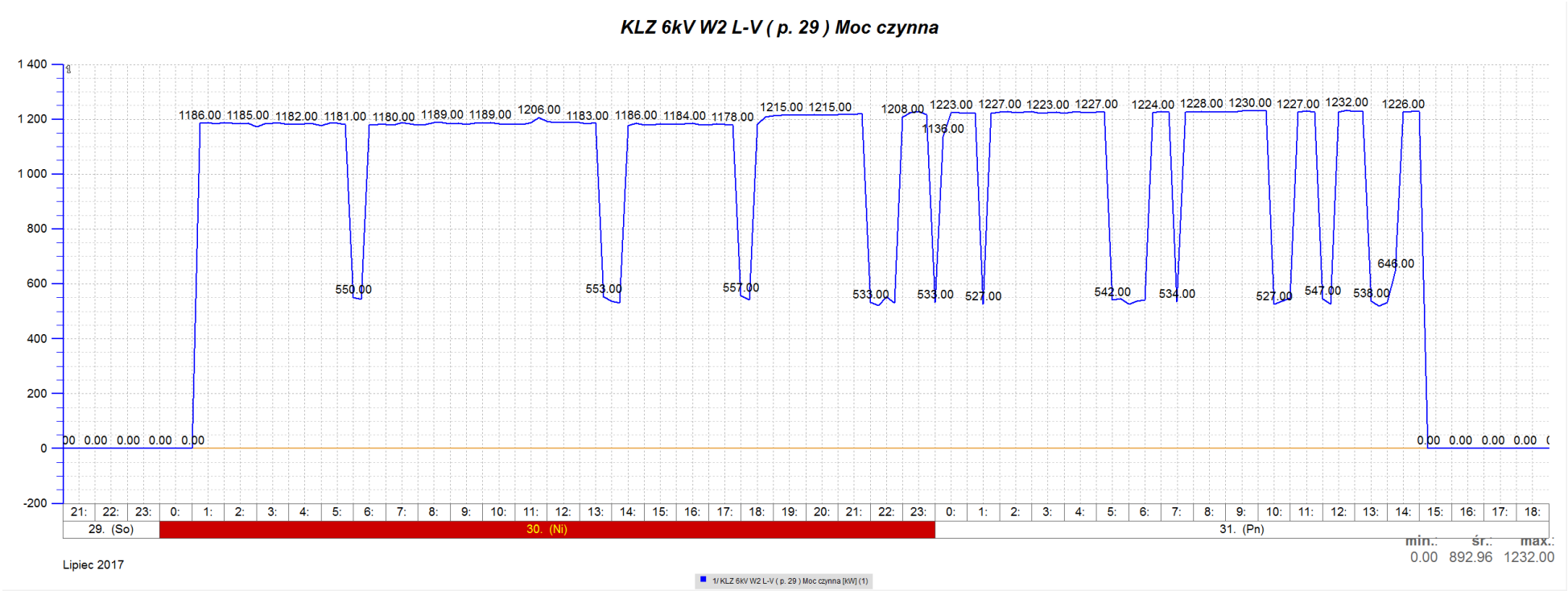


Wykres 3. Porównanie wydajności wentylatora nr 1 zabudowanego w stacji przy szybie L-IV przed i po zabudowie zmodernizowanego wirnika i piasty



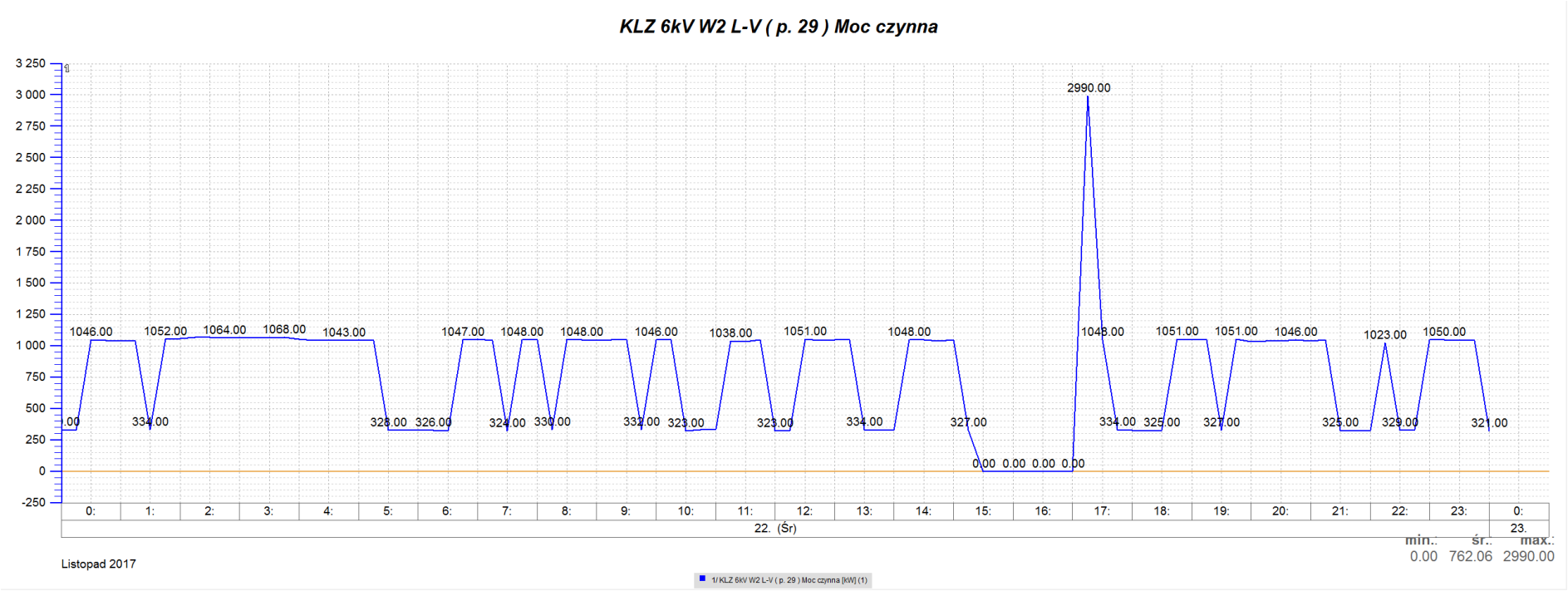
Wykres 4. Porównanie wydajności wentylatora nr 2 zabudowanego w stacji przy szybie L-IV przed i po zabudowie zmodernizowanego wirnika i piasty

Wykres obrazujący moc pobieraną przez wentylator WPK 2
w 2017 r. (przed wymianą wirnika na energooszczędny)



Wykres 5. Pobór mocy wentylatora nr 2 zabudowanego w stacji przy szybie L-V – wirnik starej konstrukcji

Wykres obrazujący moc pobieraną przez wentylator WPK 2 w 2017 r. (po wymianie wirnika na energooszczędny)



Wykres 6. Pobór mocy wentylatora nr 2 zabudowanego w stacji przy szybie L-V – wirnik zmodernizowany

WNIOSKI

Z uwagi na pozytywne wyniki pomiarów parametrów wydajnościowych oraz znaczny, w granicach 6–10%, spadek zapotrzebowania na energię elektryczną dla wentylatorów z wirnikami nowej konstrukcji, podjęto decyzję o zakupie w roku 2017 kolejnych wirników.

Pierwszy z zabudowanych wirników PRJ na dzień dzisiejszy przepracował prawie 40 tys. godzin, kolejny ponad 35 tys. a dwa następne ponad 30 tys. godzin. Wirniki WPK 3.9 zbliżają się do 30 tys. godzin. W żadnym z dziewięciu, zabudowanych w trzech stacjach wentylatorów głównych O/ZG „Lubin", wirników nie wystąpiły pęknięcia łopat, co przy wcześniej stosowanych konstrukcjach było zjawiskiem dość częstym. Duża w tym zasługa wysokiej jakości materiału, staranności i precyzji wykonania oraz wprowadzenia procesu wyżarzania odprężającego po zakończeniu prac spawalniczych.

Śrutowanie i zabezpieczenie antykorozyjne systemem High Solid, gwarantującym doskonałą przyczepność i odporność nawet w agresywnym chemicznie środowisku spowodowało brak konieczności wyważania zespołów wirujących w trakcie eksploatacji.

Reasumując, optymalizacja konstrukcji i technologii wykonania wirników wentylatorów głównego przewietrzania, okazała się bardzo korzystna dla zakładu. Dała wymierne oszczędności energetyczne a także ograniczyła ilość roboczodniówek przeznaczonych na wymiany, remonty, naprawy i konserwacje.

Doświadczenia eksploatacyjne w zastosowaniu okładziny ceramicznej REMAGRIP w przenośnikach taśmowych konstrukcji firmy KGHM ZANAM eksploatowanych w KGHM Polska Miedź O/ZG „Lubin”

Mariusz Drewniak
KGHM Polska Miedź S.A Oddział Zakłady Górnicze „Lubin”

STRESZCZENIE: Podstawą działania przenośników taśmowych jest sprzężenie ruchu obrotowego bębna napędowego i taśmy przenośnikowej. Aby zapewnić odpowiednią wielkość sprzężenia, nawet w niesprzyjających warunkach eksploatacji, dąży się do zastosowania okładzin o wysokich własnościach ciernych, które zapewnią dobre sprzężenie cierne nawet w niekorzystnych warunkach pracy, jakie występują w podziemnych zakładach górniczych. W Zakładach Górniczych „Lubin” w projekcie budowy przenośnika efektywnego po raz pierwszy, w miejsce dotychczas stosowanych okładzin gumowych, zastosowano okładzinę ceramiczną REMAGRIP

SŁOWA KLUCZOWE: przenośnik taśmowy, stacja napędowa, okładzina, ceramika, REMA-GRIP CK-X

WSTĘP

Oddział ZG „Lubin” jest pierwszą kopalnią KGHM Polska Miedź S.A., która otworzyła drogę do największego pojedynczego złoża rudy miedzi w Europie. Działalność wydobywcza O/ZG „Lubin” prowadzona jest na obszarze górniczym, o łącznej powierzchni 158 km^2, w dwóch rejonach: Głównym GG-1 i Wschodnim GG-2. Zakłady posiadają siedem szybów, wchodzących w skład systemu wentylacyjnego kopalni, z których jeden pełni funkcję wydobywczą, natomiast pozostałe wykorzystywane są jako zjazdowo – materiałowe i wentylacyjne.

Bazę zasobową kopalni stanowi około 402 mln ton rudy bilansowej, w tym 211 mln ton rudy przemysłowej o średniej zawartości 1,29% CU. Złoże rudy miedzi eksploatowane przez O/ZG „Lubin" oprócz „czerwonego złota" zawiera liczne pierwiastki towarzyszące m.in. ołów i kobalt oraz srebro, które w obszarach górniczych „Lubin” i „Małomice” odgrywa szczególną rolę. Jego zawartość w zasobach przemysłowych wynosi średnio 76 g/tonę i jest od 17% do 30% wyższa w stosunku do innych części obszarów górniczych. Miąższość eksploatowanego złoża w kopalni „Lubin” waha się od 0,7m do 10,0m (średnio 3,7m).·Obecnie średnie wydobycie roczne ZG „Lubin” wynosi 8,3 mln ton, a średnie wydobycie dobowe wynosi 28 tys. ton. Szczegółowe zestawienie wydobycia w Zakładach Górniczych „Lubin” zawiera Tabela 1.

Tabela 1. Wydobycie rudy miedzi w Zakładach Górniczych „Lubin” w roku 2020.
Table 1. Excavation of copper ore in „Lubin” Mine in 2020.

IV.3. Wydobycie urobku ogółem w.w - [Mg]																	2020
M-c	G-1	G-2	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	GD1	GD2	R.ekspl.	PeBeKa_LW	PeBeKa_LG	PUGiB_LG	Zanam_LG	R.zlec.	Razem
1	65 670	84 043	84 923	71 815	69 334	114 589	72 060	69 495	0	0	631 929	8 023	10 021	6 130	3 997	28 171	660 100
2	74 042	84 232	81 782	69 741	67 840	112 109	73 909	70 753	0	0	634 408	7 094	11 073	7 263	2 062	27 492	661 900
3	84 681	81 635	90 792	79 795	77 410	123 751	89 431	74 306	0	0	701 801	4 151	7 504	9 955	4 589	26 199	728 000
I kw	224 393	249 910	257 497	221 351	214 584	350 449	235 400	214 554	0		1 968 138	19 268	28 598	23 348	10 648	81 862	2 050 000
4	73 070	83 088	80 017	69 114	72 292	111 739	81 902	68 610	0	0	639 832	0	3 509	8 173	7 886	19 568	659 400
5	79 194	88 462	88 055	76 905	78 270	117 557	87 534	75 668	0	0	691 645	0	0	9 550	4 005	13 555	705 200
6	82 622	91 530	92 056	76 774	88 741	114 535	76 758	78 664	0	0	701 680	0	11 308	7 562	4 350	23 220	724 900
II kw	234 886	263 080	260 128	222 793	239 303	343 831	246 194	222 942	0	0	2 033 157	0	14 817	25 285	16 241	56 343	2 089 500
I p	459 279	512 990	517 625	444 144	453 887	694 280	481 594	437 496	0	0	4 001 295	19 268	43 415	48 633	26 889	138 205	4 139 500
7	76 487	95 426	89 176	77 374	92 834	115 128	73 456	79 338	0	0	699 219	0	7 925	5 519	4 337	17 781	717 000
8	73 766	90 311	89 369	74 290	84 278	111 944	75 764	77 547	0	0	677 269	601	7 224	5 680	4 943	18 448	695 717
9	79 515	96 846	92 974	73 198	92 883	118 479	77 252	76 308	0	0	707 455	9 946	6 519	6 479	4 201	27 145	734 600
IIIkw	229 768	282 583	271 519	224 862	269 995	345 551	226 472	233 193	0	0	2 083 943	10 547	21 668	17 678	13 481	63 374	2 147 317
10	75 220	99 611	92 466	77 825	90 125	114 871	79 037	85 238	0	0	714 393	5 364	6 499	6 683	8 361	26 907	741 300
11	67 841	82 724	84 495	73 747	97 292	106 934	70 412	70 683	0	0	654 128	5 850	9 684	7 790	10 948	34 272	688 400
12	62 341	77 477	83 055	69 585	86 096	86 855	61 704	60 790	0	0	587 903	5 502	3 570	4 087	5 438	18 597	606 500
IVkw	205 402	259 812	260 016	221 157	273 513	308 660	211 153	216 711	0	0	1 956 424	16 716	19 753	18 560	24 747	79 776	2 036 200
II p	435 170	542 395	531 535	446 019	543 508	654 211	437 625	449 904	0	0	4 040 367	27 263	41 421	36 238	38 228	143 150	4 183 517
Rok	894 449	1 055 385	1 049 160	890 163	997 395	1 348 491	919 219	887 400	0	0	8 041 662	46 531	84 836	84 871	65 117	281 355	8 323 017

Transport urobku, z tak dużego obszaru, odbywa się w wieloraki sposób. W pierwszej fazie produkcji - na trasie od przodka do krat z urządzeniami rozbijania brył, transport wykorzystuje Samojezdne Maszyny Górnicze. Wzależności od długości tras stosuje się wozy odstawcze i ładowarki łyżkowe, bądź też same ładowarki łyżkowe. Następnie poprzez układ transportu poziomego, składający się z przenośników taśmowych oraz kolei podziemnej, urobek transportowany jest na podszybie jedynego w ZG „Lubin” szybu wydobywczego - L-II.

1. OPIS UKŁADU TRANSPORTU POZIOMEGO

1.1. *Przenośniki taśmowe*

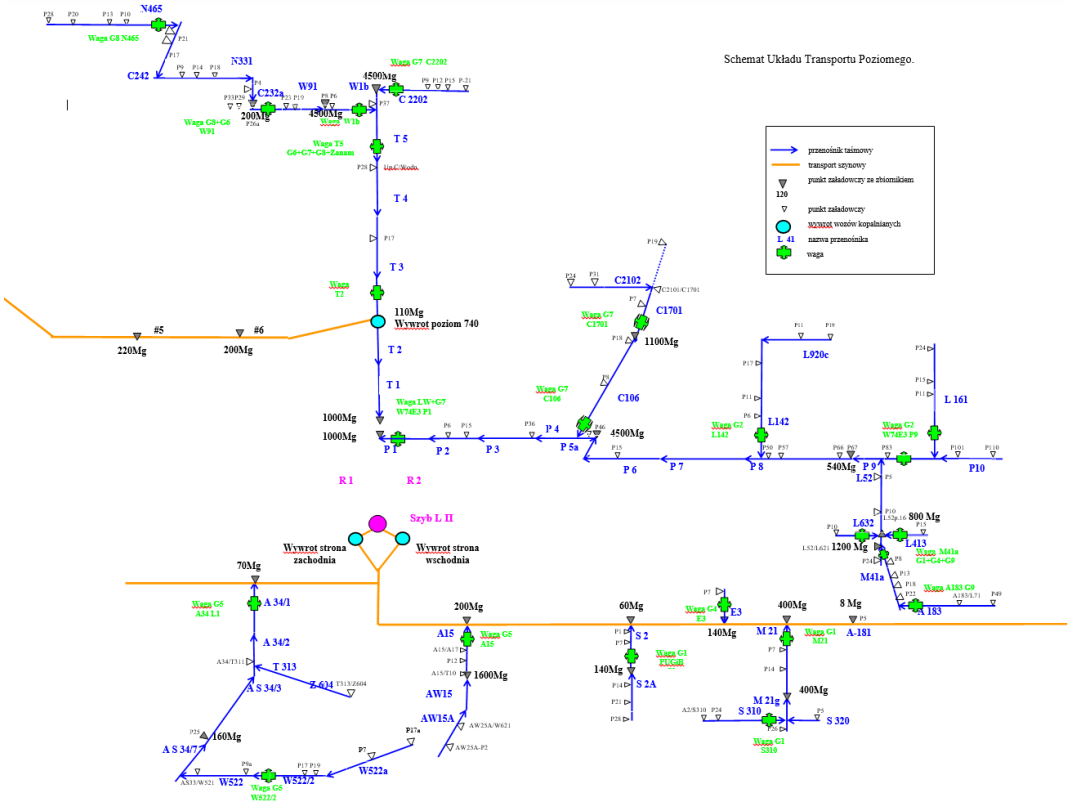
Zakłady Górnicze „Lubin”, ze względu na bardzo dużą powierzchnie zakładu i długie drogi odstawy, eksploatują bardzo dużą ilość przenośników taśmowych. W chwili obecnej jest to 49 sztuk przenośników taśmowych o łącznej długości 41 151 mb. Szczegółowe dane dotyczące parametrów przenośników zawiera Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Wykaz przenośników taśmowych Zakładów Górniczych „Lubin”
Table 1.1. List of belt conveyors in „Lubin” Mine.

Lp.	Oddział	Nr kopalniany przenośnika	Wyrobisko	Ilość taśmy trudnopalnej (m)	Samoczynna instalacja gaśnicza	TYP przenośnika	Ilość napędów		Długość przen.	Układ Sterowania
							Zabud.	Czynne		
1	2	3	4	5	7	9	10	11	12	13
1.	T-10 LG	A 15	A 15	1212	Quinto	Legmet 1000 3x160	3	3	600	ELSAP
2.		AW 15	AW 15	1140	Quinto	Legmet 1000 2x110	2	2	560	ELSAP
3.		AW 15a	AW 15a	1866	Quinto	Legmet 1000 4x160	4	4	923	ELSAP
4.		A 34/1	A 34	1299	Quinto	Legmet RPW 1000/90	2	2	635	SAIA
5.		A 34/2	A 34	1473	Quinto	Legmet RPW 1000/90	2	2	700	SAIA
6.		AS 34/3	AS 34	1614	Quinto	Legmet RPW 1000/90	2	2	800	SAIA
7.		AS34/L7	AS 34	896	Quinto	Legmet RPW 1000/90	2	2	420	SAIA
8.		W 522	W522	1420	Quinto	LEGMET N1000/3x160kW	3	3	685	INCOM
9.		W 522/2	W 522	1563	Quinto	LEGMET H1000/3x160kW	3	3	773	INCOM
10.		W 522a	W 522a	1610	Quinto	Legmet H1000 / 3x160kW	3	3	790	INCOM RS
10 PT o szerokości taśm B-1000				**14093**					**6886**	
Ilość zabudowanych taśm Rejonu LG				**14093**					**6886**	
1.	T-20 LW	M 21	M 21	1957	Quinto	Legmet 1000 4x160	4	4	920	SAIA
2.		M 21g	M 21	504	Quinto	Legmet RPW 1000/75	2	2	260	SAIA
3.		S 320	S 320	724,25	Quinto	Legmet N1000/160	3	3	325	SAIA
4.		S 310	S 310	2457	Quinto	Legmet H1000	3	3	1200	INCOM
5.		L 161	L 161	2540	Quinto	Wamag 1000 3x160	3	3	1250	INCOM
6.		L 142	L 142	1985	Quinto	Pioma-1000M 3x160	3	3	980	INCOM
7.		M41a	M41a	2332	Quinto	Legmet N1000/160	2	2	1150	INCOM
8.		A183	A183	2942,5	SUG 3	Legmet E1000	2	2	1440	PROTOS
9.		L413	L413	1670	Quinto	Legmet H1000	3	3	830	INCOM
10.		L632	L632	1447	Quinto	Legmet H1000	2	2	700	INCOM
11.		L 920c	L 920c	1147	Quinto	Legmet H1000	2	2	975	INCOM RS
12.		P10	W74-E3	1765,5	SUG 3	Legmet H1000	2	2	835	INCOM
12 PT o szerokości taśm B-1000				**21471,25**					**10865**	
1.	T-20 LW	P 5a	C 6a	714	Quinto	Legmet H1200 2x160	2	2	350	INCOM
2.		P 6	W 74 E3	2052	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	1020	INCOM
3.		P 7	W 74 E3	2540	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	1250	INCOM
4.		P 8	W 74 E3	2730	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	3	1350	INCOM
5.		P 9	W 74 E3	2732	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	3	1350	SAIA
6.		L52	L52	2659	Quinto	Legmet N1200 2x160	2	2	1250	SAIA
7.		E 3	E3	815	Quinto	Legmet 1200 3x160	3	3	385	Stycznikowy
8.		S 2	S2	1428	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	2	700	SAIA
9.		S 2a	S2	1870	Quinto	Legmet 1200 3x160	3	2	920	SAIA
9 PT o szerokości taśm B-1200				**17540**					**8575**	
Ilość zabudowanych taśm Rejonu LW				**39011,25**					**19440**	
1.	T-30 LG L-VI	C242	C 242	1550	Quinto	Legmet 1000 4x160	4	3	750	SAIA
2.		N465	N465	2040	SUG 3	Legmet H-1000/3x160	3	3	1180	ATUT
3.		C232a	C232a	782	Quinto	Legmet W-1000/3x160	3	3	350	INCOM
4.		N-331	N331	2272	Quinto	Legmet H-1000/3x160 kW	3	3	1100	INCOM
5.		C1701	C1701	800	Quinto	Legmet H1000/3x160	3	3	370	PROMOS+
6.		C2102	C2102	2280	SUG 3	Legmet H-1000/3x160	3	3	1100	ATUT
5 PT o szerokości taśm B-1000				**9724**					**4850**	
1.	T-30 LG L-VI	P 1	EW II	708	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	300	PROMOS
2.		P 2	EW II	1679	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	820	PROMOS
3.		P 3	EW II	1958	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	990	PROMOS+
4.		P 4	EW II	1350	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	700	PROMOS+
5.		C106	C106	1982	Quinto	Legmet W1200/4x160	4	4	1000	PROMOS+
6.		T1	Up.C2	1258	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	620	ELSAP
7.		T2	Up.C2	1562	Quinto	Legmet 1200 4x160	4	4	760	PROMOS
8.		T3	Up.C2	1310	Quinto	Legmet 1200 3x160	3	3	590	PROMOS
9.		T4	Up.C2	1551	Quinto	Legmet N1200 4x160	4	4	730	PROMOS+
10.		T5	Up.C1A	1520	Quinto	Legmet N1200 4x160	4	4	730	PROMOS+
11.		W1b	W1b	1325	Quinto	Legmet N1200 4x160	4	3	630	INCOM
12.		W91	W91	1999,5	Quinto	Legmet N-1200/4x160	4	4	980	INCOM
13.		C2202	C2202	2300	Quinto	Legmet E1200/2x250 kW	2	2	1125	INCOM
13 PT o szerokości taśm B-1200				**20502,5**					**9975**	
Ilość zabudowanych taśm Rejonu LG				**30226,5**					**14825**	
Ilość zabudowanych taśm ZG [m]				**83330,75**	Długość zabudowanych przenośników w ZG				**41151**	**[mb]**
49	27 PT B- 1000			**45288,25**	Długość przenośników o szerokości taśmy B-1000				**22601**	**[mb]**
	22 PT B- 1200			**38042,5**	Długość przenośników o szerokości taśmy B-1200				**18550**	
Razem [m]				**83330,75**						

Transport odbywa się z oddziałowych punktów wysypowych do zbiorników retencyjnych w rejonie podszybia szybu L-II lub też, z niektórych pól wydobywczych, przenośniki taśmowe transportują urobek na stacje załadowcze kolei podziemnej, skąd jest transportowany na stacje

rozładowcze nazywane wywrotami, także zlokalizowane w rejonie podszybia szybu L-II. Schemat Układu Transportu Poziomego przedstawiono na Rys. 1.1.



Rys. 1.1. Schemat układu transportu poziomego

Figure 1.1. Diagram of the horizontal transport system.

1.2.*Transport kolejowy*

Transport kolejowy odbywa się na dwóch poziomach:

- poziom 740 - od stacji załadowczych nr 3, nr 5 i nr 6, do stacji rozładowczej zabudowanej na przenośniku taśmowym T-2 i poprzez przenośnik T-1 urobek transportowany jest do szybików retencyjnych,
- poziom 610 - transport z szybików załadowczych odbywa się na dwóch szlakach kolejowych. Odbiór urobku z przenośnika A34/1 odbywa się na szlaku nr 1. Szlak nr 2 zapewnia odstawę urobku szybików przenośników A-15, S-2, E-3, oraz M-21, a także bezpośrednio z szybika A-181. Szlaki kończą się na stacjach rozładowczych zlokalizowanych na podszybiu szybu L-II

Długość torowisk na poziomach 610 i 740 wynosi łącznie 36,5 km. Szczegółową charakterystykę przewozu dołowego zawiera Tab.1.2.

Tabela 1.2. Charakterystyka urządzeń przewozu dołowego
Table 1.2. Characteristic of underground rail transport devices

REJON LG T-1	**ILOŚĆ**
LOKOMOTYWA Ld 31	23 szt.
LOKOMOTYWA Lda 20	1 szt.
LOKOMOTYWA EE90	10 szt.
LOKOMOTYWA AE60	2 szt.
WOZY KOPALNIANE UROBKOWE	943 szt.

2. EFEKTYWNY PRZENOŚNIK TAŚMOWY A-183



Rys. 2.1. Stacja napędowa przenośnika taśmowego A-183
Figure 2.1. Drive station of belt conveyor A-183

Celem projektu było opracowanie i wdrożenie nowego typu przenośnika taśmowego, którego efektywność energetyczna (– 10% zużycia energii) i ograniczenie obsługi powinny zostać uzyskane między innymi dzięki:

- zastosowaniu silników indukcyjnych klatkowych skonstruowanych z wykorzystaniem magnesów stałych,
- zastosowaniu nowego typu sprzęgieł hydrokinetycznych typu TPKL o zmiennym napełnieniu olejem, co pozwala na dokonanie łagodnego rozruchu przenośnika niezależnie od obciążenia,
- wprowadzeniu nowego systemu kontroli stanu połączeń taśmy, oraz systemu kontroli stanu łożysk w bębnach napędowych i pomocniczych, co w znacznym stopniu powinno przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa pracy i obsługi przenośnika taśmowego,

- zastosowanie wykładziny ceramicznej REMAGRIP CK-X na bębnach napędowych jako element zwiększający efektywność pracy przenośników taśmowych.

Ponadto wprowadzono zdalne sterowanie i monitoring parametrów pracy i stanów awaryjnych, w wyniku czego dodatkowo wyeliminowano konieczność obsługi w dotychczasowym wymiarze. Zastosowanie rolek o mniejszych oporach toczenia oraz większej trwałości zmniejsza zużycie energii oraz zwiększa w znacznym stopniu bezpieczeństwo pracy i obsługi poprzez wyeliminowanie przypadków związanych z nieprawidłowym biegiem taśmy.

3. WYKŁADZINA CERAMICZNA REMAGRIP CK-X

Podstawą działania przenośników taśmowych jest sprzężenie ruchu obrotowego bębna napędowego i opasającej go taśmy. Wprowadzenie do eksploatacji taśm przenośnikowych o dużej wytrzymałości umożliwiło budowę przenośników o znacznej długości i było związane z ze wzrostem mocy ich napędów. Wymusiło to na producentach opracowanie nowych okładzin zwiększających skuteczność sprzężenia taśmy i bębna oraz pewność przeniesienia tego napędu nawet w niekorzystnych warunkach eksploatacji. Gwarancją tego sprzężenia jest występowanie odpowiednich sił tarcia uzyskanych na powierzchni opasania. Zastosowanie wykładzin o wysokich właściwościach ciernych częściowo rekompensują podczas eksploatacji utratę tych własności spowodowaną wystąpieniem warstwy błota i wody pokrywającej bęben.

ZALETY:

1. Wykładzina z płytkami ceramicznymi zapewnia lepszy współczynnik tarcia między taśmą a bębnem napędowym dzięki czemu zmniejsza ryzyko poślizgu taśmy na bębnie.
2. Umożliwia zmniejszenie siły napinającej taśmę dzięki czemu wydłuża żywotność taśmy jak i połączeń klejonych jak i mechanicznych.
3. Umożliwia przeniesienie większego momentu napędowego z bębna na taśmę.
4. Umożliwia projektowanie dłuższych przenośników taśmowych bez konieczności zwiększania gabarytów stacji napędowych.

WADY :

1. Możliwość występowania negatywnych erozyjnych wpływów wód kopalnianych na okładzinę z wkładkami spiekanymi gdzie dochodzić może do wymywania lepiszcza i odpadania kostek ceramicznych.
2. Negatywny wpływ złącz mechanicznych na trwałość wykładziny z wkładkami ceramicznymi poprzez możliwość wykruszania i wyrywania pojedynczych kostek.
3. Uszkodzenie okładziny powodowane brakiem skutecznych systemów czyszczenia taśmy powodujące zmniejszenie powierzchni pracy okładziny i występowaniem niekontrolowanego poślizgu taśmy na bębnie skutkujące wyrywaniem kostek ceramiki.

Przenośniki ZG Lubin, które zostały wyposażone w okładzinę ceramiczną REMAGRIP CK-X w kolejności zabudowy: A-183,C-2202, W-522a, L-920c, A-15, C-2102, AW-15A.

Przenośnik taśmowy A-183: rok budowy 2015, moc jednostek napędowych 2x250kW, długość przenośnika 1440m, konstrukcja napędu 2-bębnowa (widok stacji napędowej, okładzina bębna napędowego ciągnącego, okładzina bębna napędowego wybierającego).







Przenośnik taśmowy C-2202: rok budowy 2016, moc jednostek napędowych 2x250kW, długość przenośnika 1125m, konstrukcja napędu 2-bębnowa (widok stacji napędowej, okładzina bębna napędowego ciągnącego, okładzina bębna napędowego wybierającego).

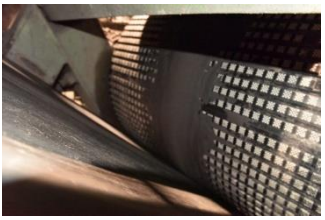


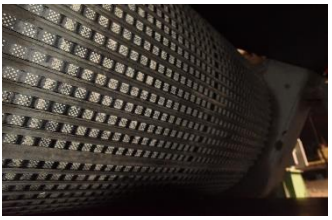




Przenośnik taśmowy W-522a: rok budowy 2018, moc jednostek napędowych 3x160kW, długość przenośnika 755m, konstrukcja napędu 2-bębnowa (widok stacji napędowej, okładzina bębna napędowego ciągnącego, okładzina bębna napędowego wybierającego).



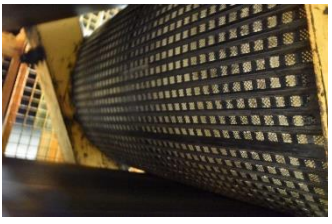




Przenośnik taśmowy L-920c: rok budowy 2018, moc jednostek napędowych 2x160kW, długość przenośnika 975m, konstrukcja napędu 2-bębnowa (widok stacji napędowej, okładzina bębna napędowego ciągnącego, okładzina bębna napędowego wybierającego).







Przenośnik taśmowy A-15: rok budowy 2020, moc jednostek napędowych 3x160kW, długość przenośnika 600m, konstrukcja napędu 4-bębnowa (widok stacji napędowej, okładzina bębna napędowego ciągnącego, okładzina bębna napędowego wybierającego).

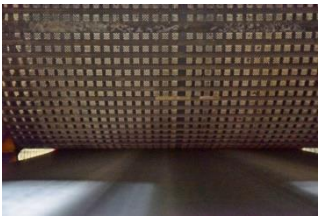






Przenośnik taśmowy C-2102: rok budowy 2020, moc jednostek napędowych 3x160kW, długość przenośnika 1100m, konstrukcja napędu 4-bębnowa (widok stacji napędowej, okładzina bębna napędowego ciągnącego, okładzina bębna napędowego wybierającego).

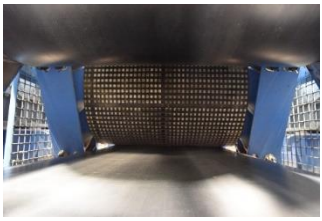






Przenośnik taśmowy AW-15A: rok budowy 2021, moc jednostek napędowych 3x160kW, długość przenośnika 600m, konstrukcja napędu 4-bębnowa (widok stacji napędowej, okładzina bębna napędowego ciągnącego, okładzina bębna napędowego wybierającego).







WNIOSKI:

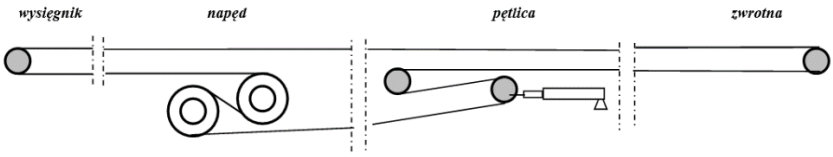
Z obserwacji pracy okładziny REMAGRIP wynika kilka spostrzeżeń eksploatacyjnych:

1. Nie zaobserwowano negatywnego wpływu złącz mechanicznych typu „UNILINK" na trwałość wykładziny. Przenośniki A-183 i C-2202 i L-920C z średnim dobowym czasem pracy przenośnika dochodzącym do 19 godzin były wyposażone w dużą liczbę złączy mechanicznych (A-183 w okresie wymiany taśmy miał ich aż 14).



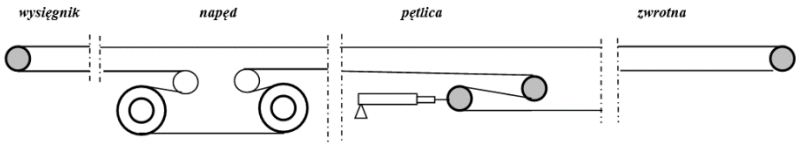
Rys. 3.1. Połączenie mechaniczne typu „UNILINK"
Figure 3.1. Mechanical connection „UNILINK" type.

2. Nie zaobserwowano negatywnego wpływu wód kopalnianych na wykładzinę REMAGRIP. Przenośnik A-183 jest eksploatowany w bardzo zawodnionym wyrobisku i przez 6 lat ciągłej eksploatacji nie zaobserwowano widocznych uszkodzeń wykładziny zarówno na bębnie ciągnącym jak i wybierającym.
3. Zaobserwowano negatywny wpływ na pracę wykładziny w przypadku eksploatacji napędów dwubębnowych z niewystarczającą pracą systemów czyszczących szczególnie w przypadku fedrunku dużej ilości błotnistego urobku.
   Przy fedrunku kamienistego i suchego urobku problemy takie nie występowały nawet w napędach 2 bębnowych C-2202 i L-920C.



Rys. 3.2. Obieg taśmy przenośnikowej w stacji napędowej dwubębnowej
Figure 3.2. Circulation of the conveyor belt in a two-drum drive station

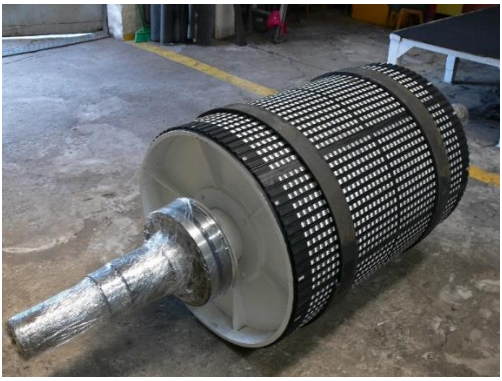
4. Najlepszym rozwiązaniem w ocenie służb utrzymania ruchu działu Transportu Taśmowego jest zastosowanie wykładziny REMAGRIP w przenośnikach o czterobębnowej konstrukcji napędu. Dzięki temu rozwiązaniu wykładzina bębna współpracuje tylko z czystą bieżną stroną taśmy.



Rys. 3.2. Obieg taśmy przenośnikowej w stacji napędowej czterobębnowej
Figure 3.2. Circulation of the conveyor belt in a four-drum drive station

5. W rozwiązaniu dwubębnowym zastosowanie wykładziny jest również zasadne ale trzeba zwracać większą wagę na jakość transportowanego materiału, stanu okładziny nośnej taśmy przenośnikowej i pracy urządzeń czyszczących na przenośnikach.
6. Okładzinę ceramiczną REMAGRIP można zastosować nie tylko do nowo budowanych przenośników ale także dokonać remontu bębna napędowego w zakresie wymiany okładziny lub przeprowadzić wymianę na obiekcie na dole kopalni, bez konieczności demontażu bębnów napędowych.

W oparciu o pozytywne doświadczenia eksploatacyjne, ZG „Lubin” jest w przededniu wykonania operacji wymiany zużytej okładziny gumowej na okładzinę z wkładkami ceramicznymi na przenośniku taśmowym C-242.



Operational Experience in Application of REMAGRIP Ceramic Lining in Belt Conveyors Of KGHM ZANAM Company Design Used in KGHM Polska Miedź O/ZG “Lubin”

ABSTRACT: The basis for the operation of belt conveyors is the coupling of the rotational movement of the drive drum and the conveyor belt.
In order to ensure the appropriate magnitude of coupling even under unfavourable operating conditions, efforts are being made to use linings with high frictional properties that ensure good frictional coupling even under the adverse operating conditions encountered in underground mining plants. At Lubin Mine, the REMAGRIP ceramic lining was used for the first time in a project to build an effective conveyor in place of the rubber linings used to date.



Monitoring konwergencji wyrobisk przyścianowych z wykorzystaniem skaningu laserowego

BOGDANKA

Kraków, 27.09.2021 r.

Plan prezentacji

1. Wykorzystywany sprzęt oraz oprogramowanie.
2. Ogólne zastosowanie skanowania laserowego w L.W. „Bogdanka” S.A.
3. Analiza wyników pomiarów w chodniku nadścianowym ściany 4/II/385.
4. Wprowadzenie do monitoringu w chodniku badawczym 1/VIII/385.
5. Wnioski.

Zakres wykonywanych pomiarów

Jednym z zadań pracowników Działu Mierniczego jest pomiar geometrii wyrobisk górniczych w celu kontroli pracy obudowy w przy użyciu mobilnych (ręcznych) skanerów laserowych oraz skanera stacjonarnego.



Rys. 1. Z+F Imager 5010c



Rys. 2. GeoSlam Horizon

Wykorzystywane urządzenia pomiarowe

Skaner stacjonarny Z+F Imager 5010c



Rys. 1. Z+F Imager 5010c

- Pokrycie skanowanego obszaru w zakresie 360° w poziomie oraz 320° w pionie
- Prędkość skanowania około 1 mln pix/sek przy 3 000 obr./min
- Waga ~ 10 kg

Mobilny skaner GeoSLAM ZEB-Horizon



Rys. 2. GeoSlam Horizon

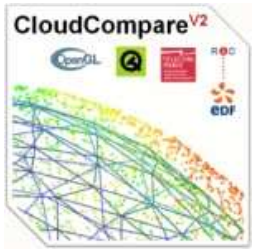
- Pokrycie skanowanego obszaru w zakresie 270° w poziomie oraz 360° w pionie
- Prędkość skanowania około 300 tys. pkt/sek
- Waga ~ 1.5 kg (głowica), ~4 kg (cały zestaw)

Oprogramowanie wykorzystywane do przetwarzania danych pomiarowych



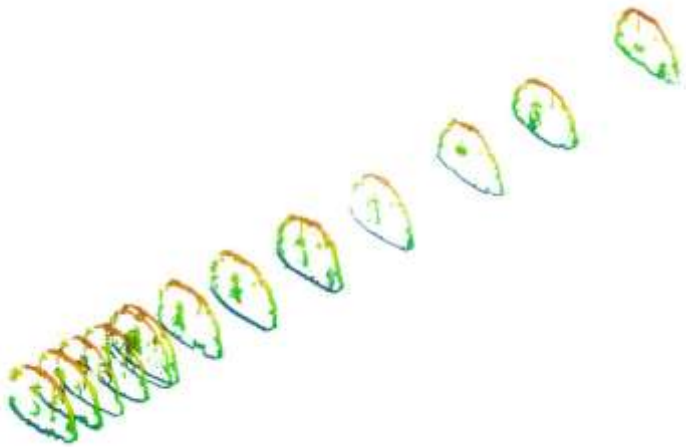








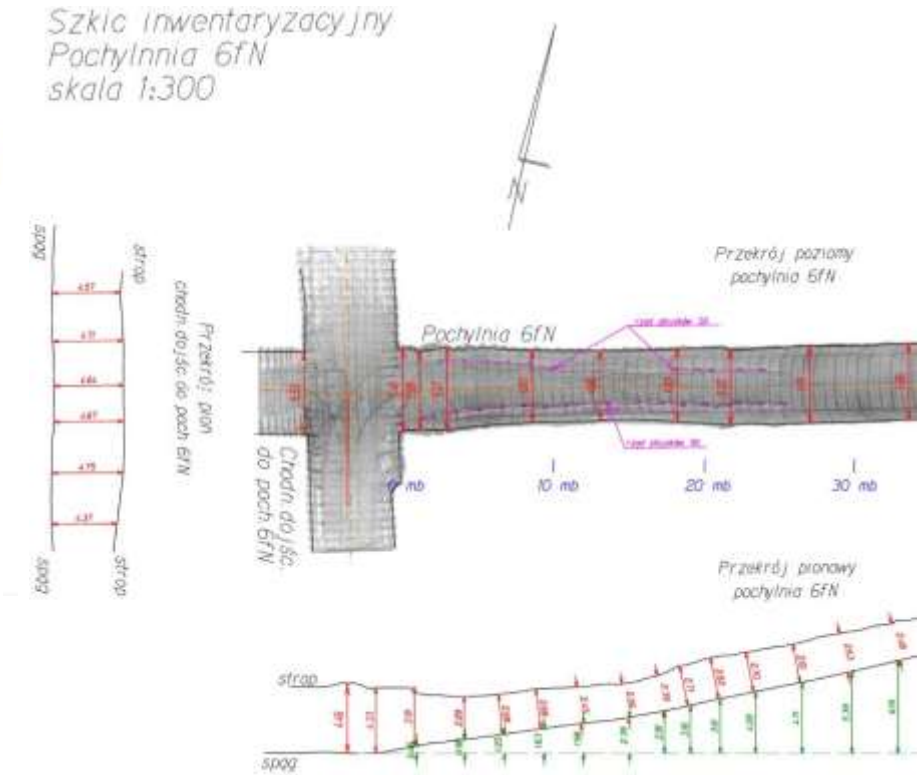
Dane wynikowe



Rys. 1. Chmura punktów



Rys. 2. Przekrój przez chmurę punktów



Rys. 3. Przykład opracowania danych pomiarowych



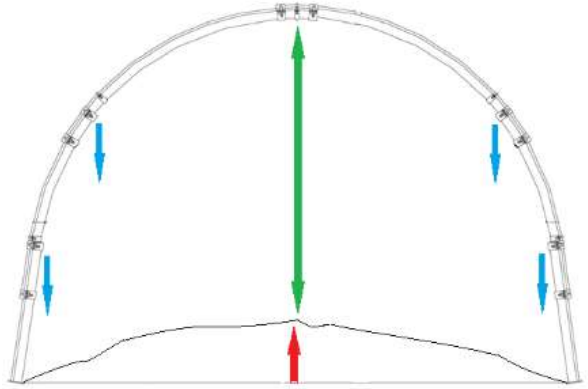
Zastosowanie cyklicznych obserwacji mobilnym skanerem laserowym do monitorowania zmian w chodniku nadścianowym 4/II/385

BOGDANKA

Pomiary konwergencji wyrobisk

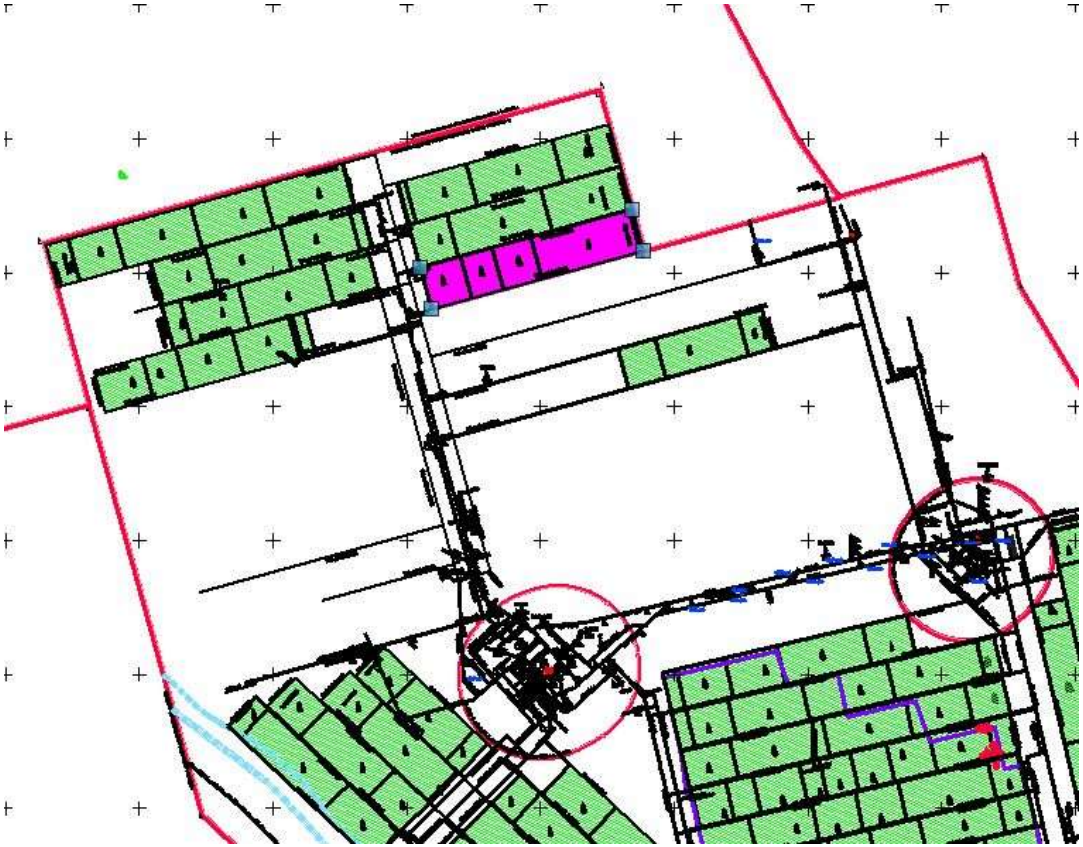
W celu oceny zachowania się wyrobiska chodnikowego poddanego działaniom górotworu i ciśnienia eksploatacyjnego pomiarom podlegają parametry:

- Wypiętrzenia spągu,
- Zsuwu elementów obudowy,
- Konwergencja wyrobiska.



Rys. 1. Mierzone parametry

Charakterystyka miejsca wykonywania pomiarów

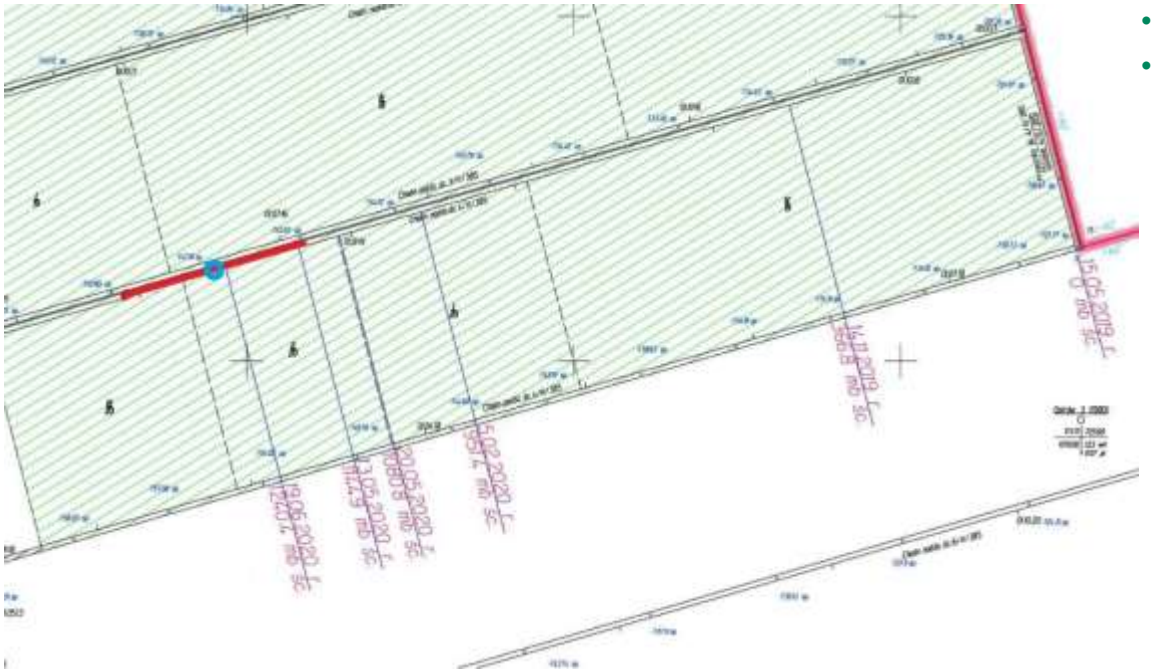


Rys. 1. Szkic lokalizacyjny

Ściana 4/II/385, OG „Puchaczów V” pole Bogdanka

- głębokość eksploatacji: -741 m.p.p.m,
- wybieg ściany: 1640 m,
- okres eksploatacji: 10.2019-09.2020,
- średnia furta: 1,35 m,
- eksploatacja techniką strugową.

Chodnik nadścianowy 4/II/385



Rys. 1. Szkic lokalizacyjny

- Przeprowadzono 13 sesji pomiarowych
- Odcinek pomiarowy pomiędzy 1200-1400 mbśc.
- Skany zostały zorientowane na punktach osnowy pomiarowej

- Obudowa łukowa podatna typu ŁPSC 11/S7
- Rozstaw obudowy 0,75 m



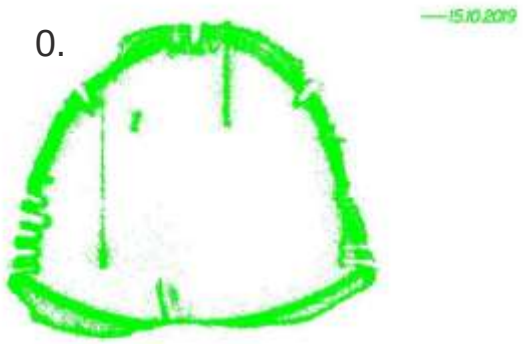
Rys. 2. Miejsce obserwacji

Deformacje wyrobiska w zależności od odległości frontu ściany

Początek biegu ściany

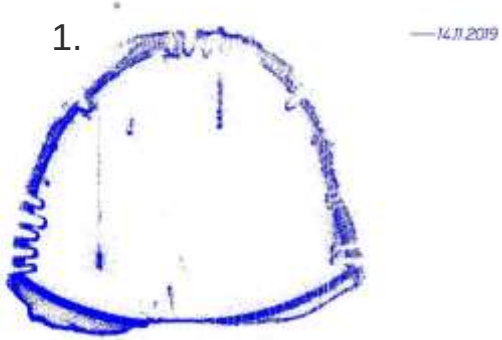
- ~1246 m

0.



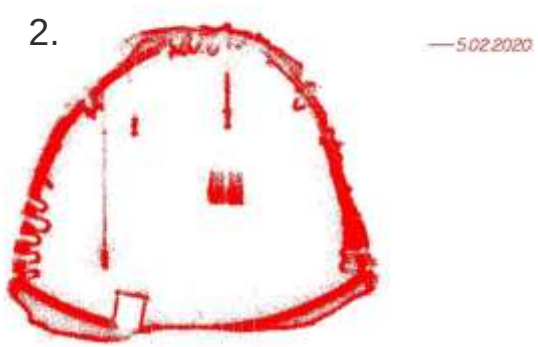
- ~880 m

1.



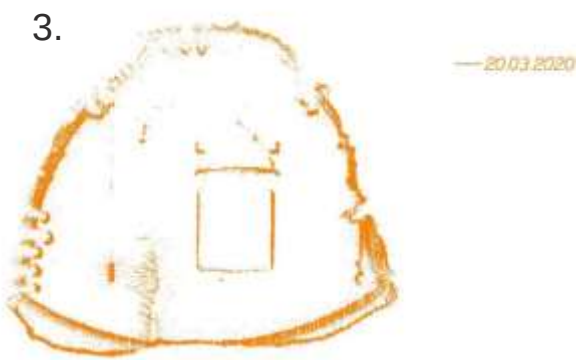
- ~295 m

2.



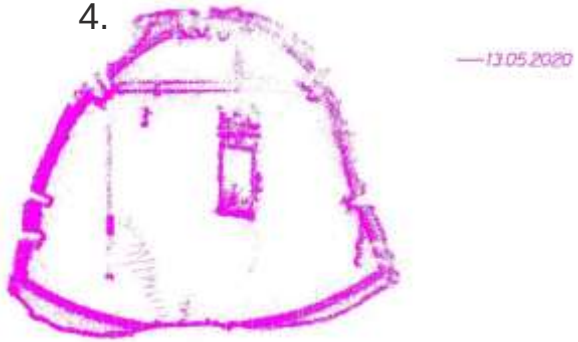
- ~166 m

3.



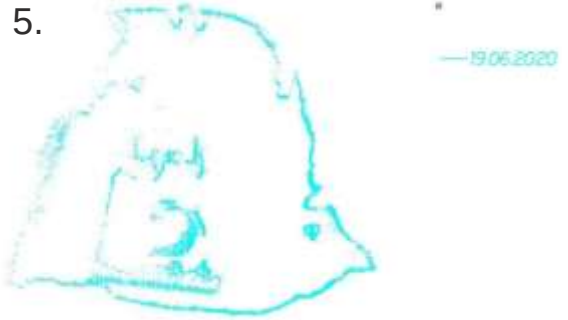
- ~101 m

4.

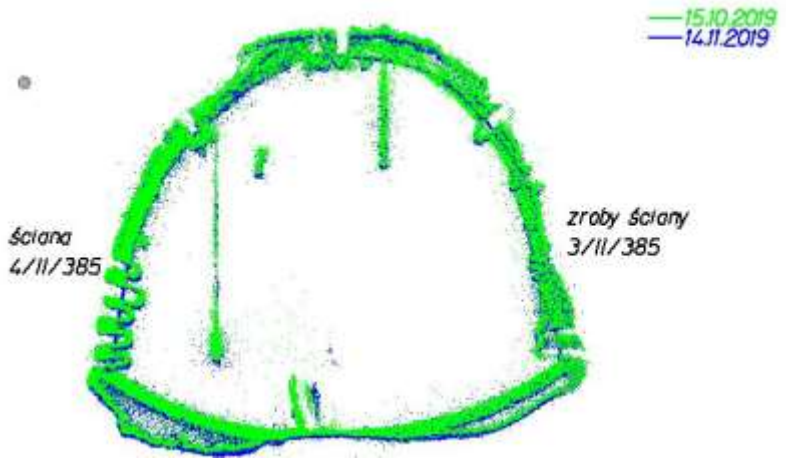


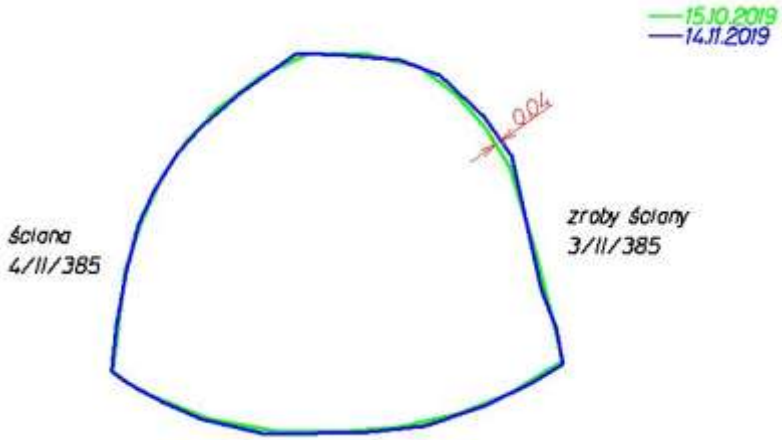
- ~6 m

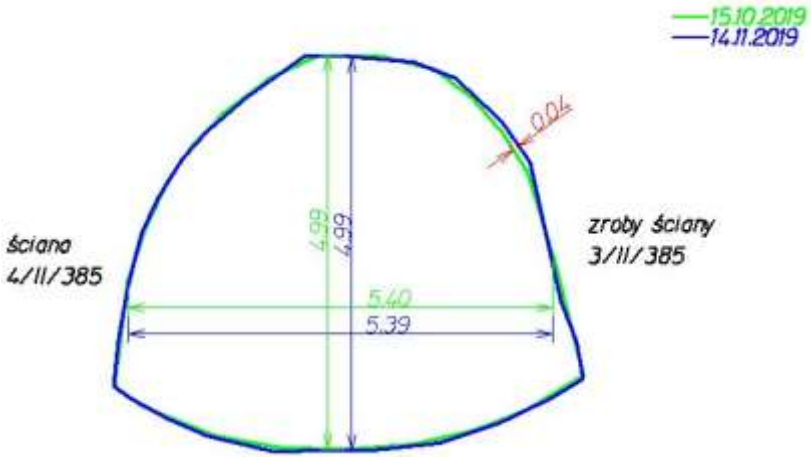
5.



Porównanie przekroju bazowego (0) z przekrojem nr 1



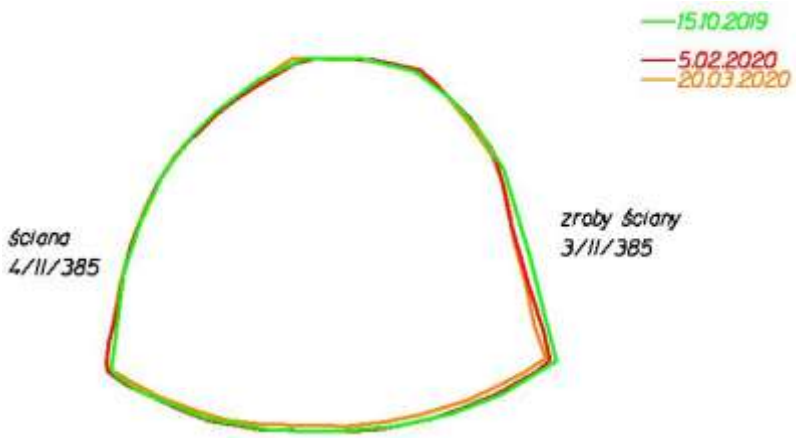


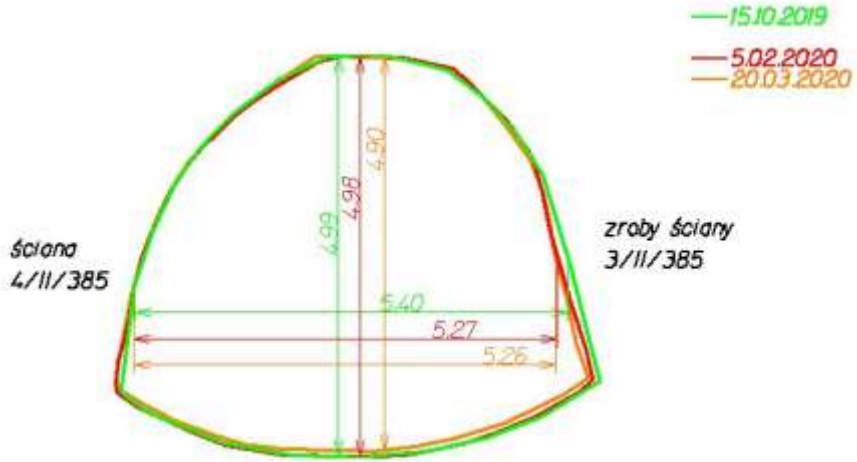




Porównanie przekroju bazowego (0) z przekrojem nr 2 i 3

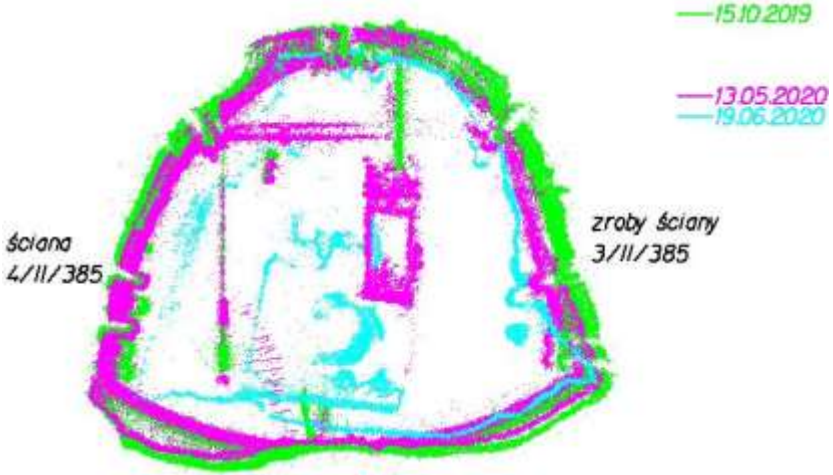


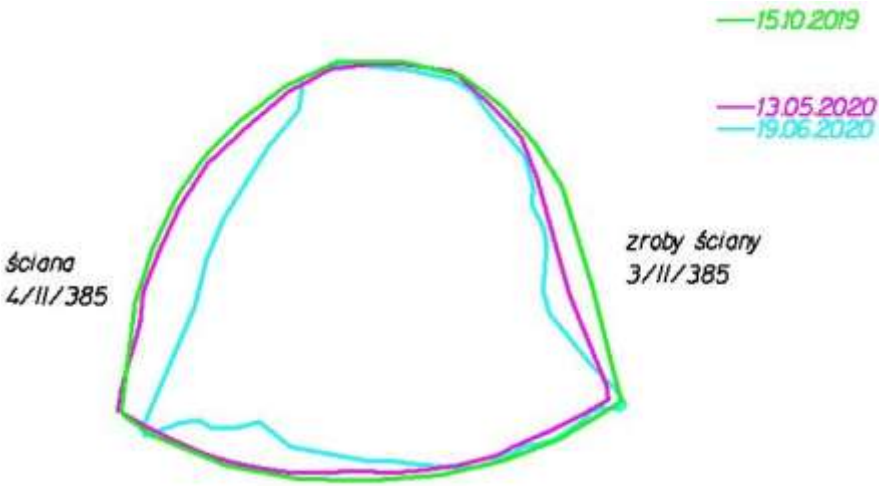


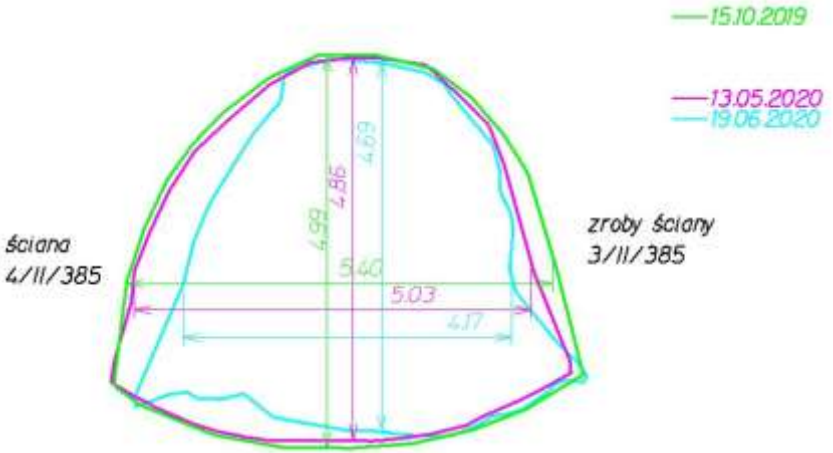




Porównanie przekroju bazowego (0) z przekrojem nr 4 i 5

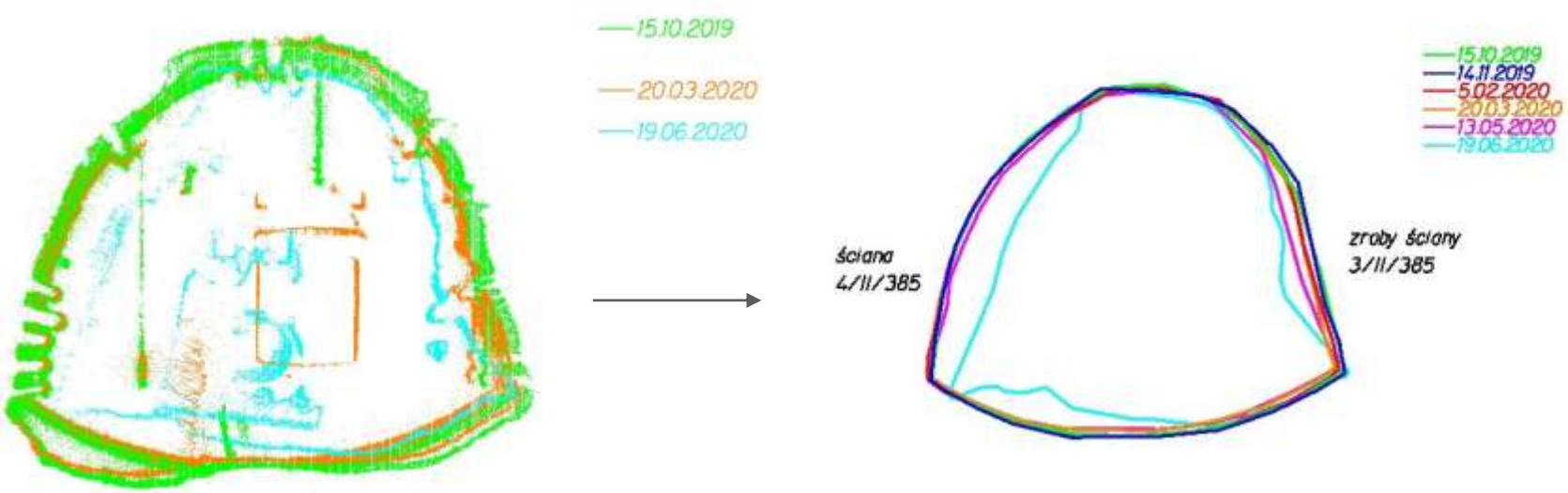


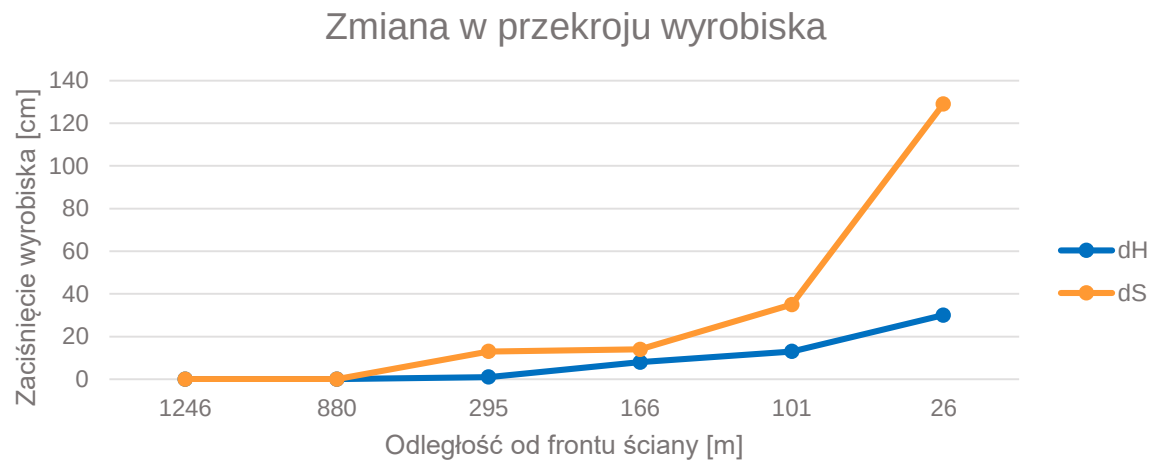






Zestawienie zbiorcze przekrojów wyrobiska





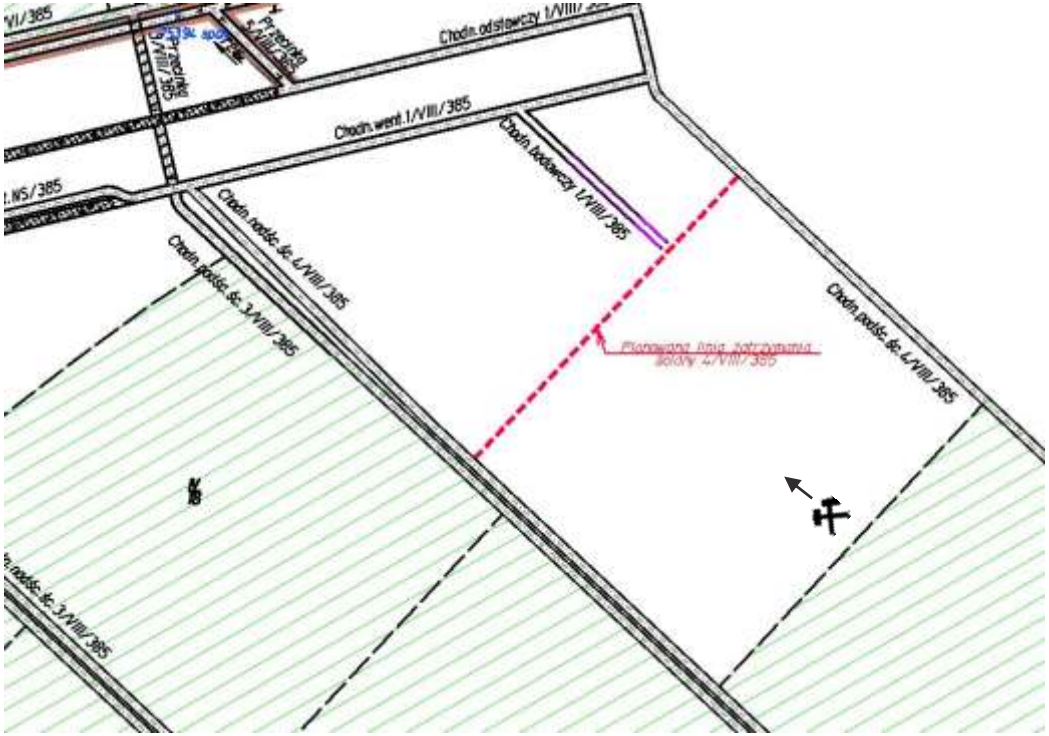


Chodnik badawczy 1/VIII/385

BOGDANKA

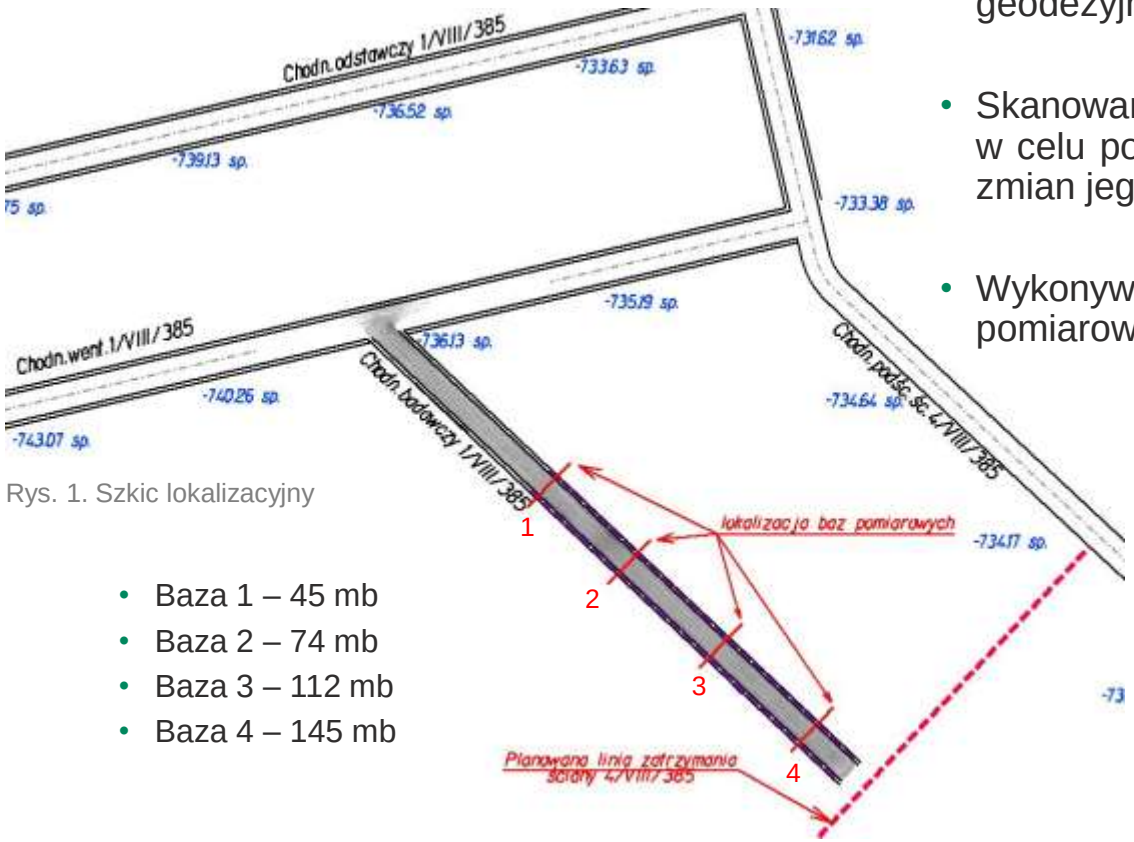
Chodnik badawczy 1/VIII/385

- Długość chodnika: 155 m
  - 30 m w obudowie podporowej.
  - 25 m „odcinek przejściowy”- samodzielna obudowa kotwowa wzmocniona odrzwiami obudowy typu ŁPrP/K 10.
  - 100 m w samodzielnej obudowie kotwowej.
- Koniec biegu ściany 4 m przed czołem wydrążonego chodnika badawczego.



Rys. 1. Szkic lokalizacyjny

Chodnik badawczy 1/VIII/385



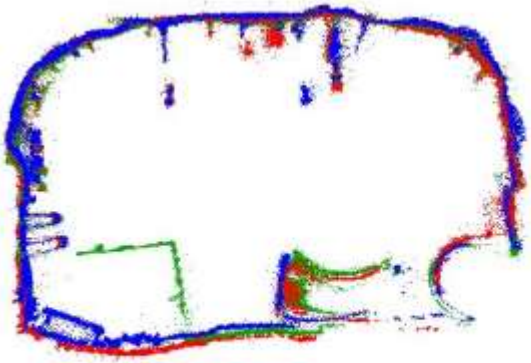
Rys. 1. Szkic lokalizacyjny

- Baza 1 – 45 mb
- Baza 2 – 74 mb
- Baza 3 – 112 mb
- Baza 4 – 145 mb

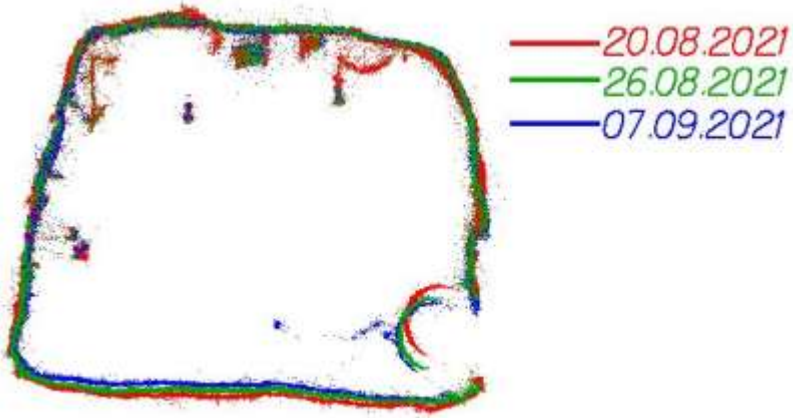
- Obserwacje zachowania obudowy kotwowej klasycznymi metodami geodezyjnymi w miejscach baz.
- Skanowanie całego wyrobiska w celu pozyskania danych na temat zmian jego przekroju.
- Wykonywanie cotygodniowych sesji pomiarowych.

Analiza zmian przekroju wyrobiska w punktach bazowych

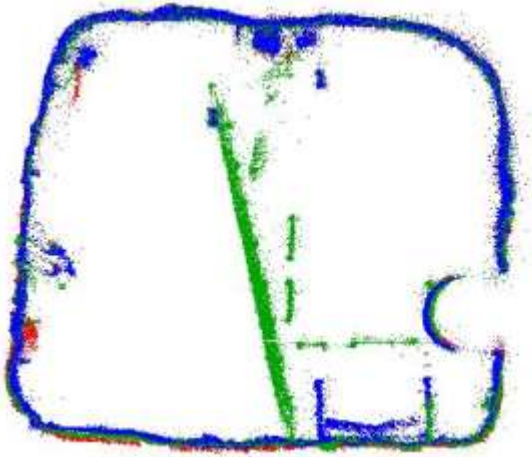
Baza 1 (45 mb chodnika)



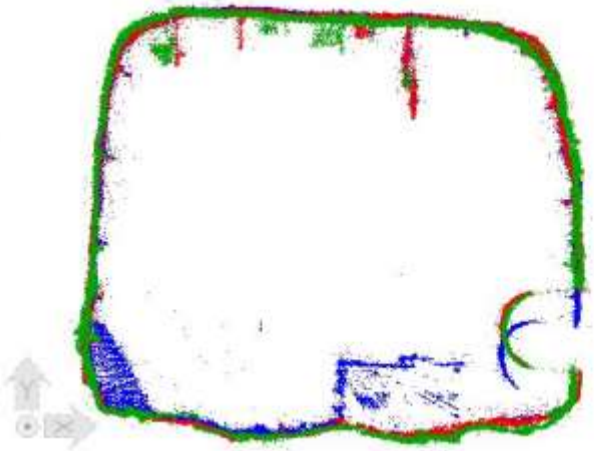
Baza 2 (74 mb chodnika)



Baza 3 (112 mb chodnika)



Baza 4 (145 mb chodnika)



Podsumowanie

Zalety

- Potwierdzenie wyników pomiaru konwergencji wykonanych przez Dział DNW metodami klasycznymi.
- Kompletność pozyskanych danych.
- Możliwość wygenerowania przekrojów w dowolnym miejscu zeskanowanego chodnika.
- Szybkość pozyskania.

Wady

- „Niedoskonałość” algorytmu SLAM – zjawisko dryftu.
- Wyniki otrzymane dopiero po przetworzeniu zebranych danych.





Dziękuję za uwagę

Sławomir Bojarczuk

Karol Dworak

BOGDANKA

PRZEDSIĘBIORSTWO HANDLOWO - USŁUGOWE



PRODUCENT SYSTEMÓW ODPYLANIA DLA GÓRNICTWA, ENERGETYKI I BUDOWNICTWA DROGOWEGO

al. Korfantego 83
40-160 Katowice
tel./fax: 32 259 25 68
e-mail: ekowin@ekowin.pl

www.ekowin.eu

Nowa generacja wentylatorów lutniowych przeznaczonych dla górnictwa.

W prezentacji przedstawiono nową generację wentylatorów lutniowych przeznaczonych dla górnictwa na przykładzie najnowszego rozwiązania powstałego we współpracy firm Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe "EKO-WIN" oraz Dąbrowska Fabryka Maszyn Elektrycznych DAMEL S.A. pod nazwą handlową: Energooszczędny Wentylator Górniczy z przemiennikiem częstotliwości typu EWGP-900/60/Ch. Możliwość regulacji parametrów pracy poprzez zmianę prędkości obrotowej wirnika, tj. spiętrzenia, wydajności i mocy pozwala zmniejszyć zużycie energii w czasie eksploatacji. Dodatkowo w wentylatorze zastosowano system chłodzenia wodą.

dr Ryszard Krzykowski
P.H.U. „EKO-WIN” Ryszard Krzykowski

WENTYLATORY GÓRNICZE

Wentylatory Górnicze typu EWW6, WWG, GWE oraz UWE przeznaczone są do przewietrzania górniczych wyrobisk korytarzowych wentylują odrębnie oraz we współpracy z urządzeniami odpylającymi lub klimatyzacją. Ponadto mogą być stosowane w zakładach przeróbki węgla lub poza górnictwem w innych gałęziach przemysłu, np. w zakładach koksowniczych, elektrowniach, cieplarniach, zakładach produkujących z wyżej opisanym stężeniem zagrożonymi wybuchem.

Wentylatory Górnicze należą do urządzeń grupy I kategorii M2 i mogą pracować w zakładach górniczych, w których występują zagrożenia metanowe (wyrobiska ze stopniem „a", „b" „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu) oraz zagrożenia wybuchem pyłu węglowego (wymagana klasa „a" i „b" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego).

Wentylatory charakteryzują się niezawodnością pracy, posiadają wysokie parametry sprawności i wydajności, przy wysokiej sprawności rzędu 1 tempo wirników wykonane zostały z trudno ścieralnej stali. Zmieniona konstrukcja obudowy wirników pozwala zmniejszyć opory przepływu i poprawić strugę powietrza.

W/we wyżej wymienionych można zastosować dodatkowe elementy tłumiące: zestaw tłumików spełniających wymagania dla ochrony akustycznej. Elementy te umożliwiają montaż wentylatora, np.: włoty, cylindry, konfuzory, zestawy złączek redukcyjnych do współpracy z tłumicami o średnicy od 600 do 1200 mm.

Istnieje możliwość zmiany parametrów wentylatora w zależności od potrzeb.

Nazwa urządzenia	Wydajność nominalna [m³/min]	Zakres wydajności [m³/min]	Nominalne sprężenie [Pa]	Sprężenie maksymalne [Pa]	Średnica [mm]	Masa [kg]	Typ silnika	Moc silnika [kW]	Napięcie [V]	Obroty [1/min]	Uwagi
UWE-350/2,2	210	120-300	1200	1500	350	68	6SCKg3CS2	2,2	500/1000	2865	Dopuszczenie
UWE-350/3,0	270	150-360	1200	1500	350	68	6SCKg3CL2	3,0	500/1000	2865	Dopuszczenie
WWG-400B/45/P	420	300-540	2400	2600	400	165	dSKKg3100/2-P	22	500/1000	2940	Dopuszczenie
WWG-400B/45/P	420	300-540	2400	2600	400	165	dSKKg3100/2-P	22	500/1000	2940	Dopuszczenie
WWG-400B/45/P	420	300-540	2400	2600	400	165	dSKKg3100/2-P	22	500/1000	2940	Dopuszczenie
WWG 100B/45/P/(1)	660	610-800	2400	2900	800	475	dSKKg3-132 200-P	75	380/1000	2952	Dopuszczenie
WWG 100B/45/P/(2)	670	630-810	2560	2810	800	475	dSKKg3-132 200-P	75	380/1000	2952	Dopuszczenie
WWG 100B/45/P/(3)	730	670-870	2400	2470	800	475	dSKKg3-132 200-P	75	380/1000	2952	Dopuszczenie
WWG-100CR/2x45/P	660	550-800	5560	6860	800	1175	dSKKg3-132 200-P	75	380/1000	2952	Dopuszczenie
WWG 100CR/45/2R/P	I: 330 II: 330	I: 250-450 II: 250-450	I: 650 II: 650	I: 750 II: 850	800	1175	dSKKg3-132 200-P	I: 75 II: 75	380/1000	I: 1481 II: 2955	Dopuszczenie
WWG 100CR/2x45/2R/P	I: 330 II: 330	I: 250-450 II: 250-450	I: 1300 II: 1300	I: 1400 II: 1500	800	1175	dSKKg3-132 200-P	2 x 75 II: 2x75	380/1000	I: 1481 II: 2955	Dopuszczenie
WWG 100CR/45/2R/P	I: 450 II: 450	I: 350-550 II: 350-550	I: 750 II: 1000	I: 850 II: 1100	1000	1480	dSKKg3-225L/4ZH-P	I: 15 II: 30	400/1000	I: 1481 II: 2955	Dopuszczenie
WWG 100CR/2x45/2R/P	I: 450 II: 450	I: 350-550 II: 350-550	I: 1500 II: 1500	I: 1600 II: 1700	1000	1480	dSKKg3-225L/4ZH-P	2 x 15 II: 2x30	400/1000	I: 1481 II: 2955	Dopuszczenie
WWG-100CR/2x45/2R/P	I: 900 II: 1300	I: 800-1450 II: 800-1350	I: 550 II: 550	I: 700 II: 3000	1000	3164	dSKKg3-225L/4ZH-P	2 x 30 II: 2x45	500/1000	I: 1481 II: 2955	Dopuszczenie
WWG-100CR/2x45/2R/P	I: 900 II: 1300	I: 800-1450 II: 800-1350	I: 650 II: 650	I: 1050 II: 3000	1000	3200	dSKKg3-225L/4ZH-P	2 x 45 II: 2x45	500/1000	I: 1481 II: 2955	Dopuszczenie



WWG-1000B/2x80/2R/P



UWE-350/3,0



WWG-1000B/45/2R/P



WWG-1000/37/P



EWW-900B/80/2R/P



UWE-350/2,2

URZĄDZENIA ODPYLAJĄCE

Urządzenia Odpylające typu UO są przeznaczone do usuwania pyłów z przebywającego przez nie powietrza, szczególnie pyłów węglowych, węglowo-kamiennych, kamiennych i przemysłowych. Usuwanie pyłów odbywa się metodą mokrą w zamkniętym obiegu wody. Urządzenia spełniają warunki Dyrektywy ATEX i należą do urządzeń grupy I kategorii M2.

Mogą pracować w zakładach górniczych, w których występują zagrożenia metanowe (wyrobiska ze stopniem „a", „b" i „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu) oraz zagrożenia wybuchu pyłu węglowego (wyrobiska klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego). Urządzenia Odpylające typu UC przeznaczone są do pracy zarówno w wyrobiskach kurtynowych chronionych kombajnami chodnikowymi, przewietrzanych wentylacją kombinowaną lub ssącą do odpylania przenośników, wysypów, kombajnów w poziomie kopalń oraz w zakładach przeróbki węgla, również poza zakładami górniczymi, np. w zakładach koksowniczych, elektrowniach, zakładach przetwórczych z wydzielonymi strefami wybuchowości pyłu.

W Urządzeniach Odpylających można zastosować dodatkowe elementy hydrauliczne np. filtry Wirmag, kierownicę wstępną, separator wstępny, zwykłe redukcyjne, części złączne, rurociągi, kolanka, możliwość zmiany kształtu i usytuowania zbiornika wody pod urządzeniem lub w miejscu wskazanym przez Użytkownika.

Nazwa urządzenia	Zakres wydajności [m³/min]	Zasięg wodny [m / min]	Skuteczność odpylania w kwarcie (respir.) [%]	Średnica wlotowa/wylotowa [mm]	Długość całkowita [mm]	Masa [kg]	Odmiana wykonawcza
UO-400-2	40 : 120	1 : 5	89,0 / 97,0	400	1548	340	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UO-630-1	100 : 300	1 : 10	90,0 / 98,0*	630	2540	820	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UO-630-2	120 : 600	1 : 10	90,0 / 98,0*	800	2740	900	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UO-1000/1200**	400 ÷ 800	1 ÷ 10	93,4 / 98,1 dla UO-1000/1200 95,1 / 98,7 dla UO-1000/1200/700 95,4 / 98,8 dla UO-1000/1200/700 96,7 / 98,9 dla UO-1000/1200/700	1000	4100	1700	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UO-1200	600 ÷ 1200	1 ÷ 10	93,4 / 98,1 dla UO-1000/1200 95,1 / 98,7 dla UO-1000/1200/700 95,4 / 98,8 dla UO-1000/1200/700 96,7 / 98,9 dla UO-1000/1200/700	1200	4100	1700	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UW/630***	200 ÷ 450	-	94,7 / 98,5	630	1800	540	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UW/1000***	400 ÷ 900	-	95,4 / 98,8	1000	2000	1100	Ocynkowane lub malowane proszkowo

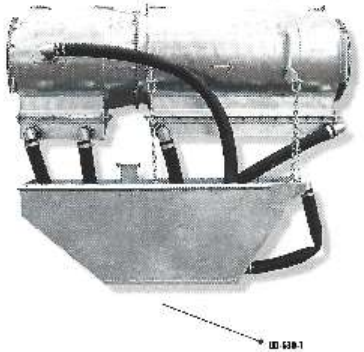
* Skuteczność odpylania w kwarcie (respirabilnej) przy zastosowaniu pianowania i dodatku środka zwilżającego w ilości 0,1% masy węgla

** UO-1000/1200 – możliwość zmiany kształtu i usytuowania zbiornika wody pod urządzeniem lub w miejscu wskazanym przez Użytkownika

*** UW – urządzenie wentylatorowe



UO-400-02



UO-630-1

TŁUMIKI HAŁASU

Tłumiki hałasu przeznaczone są do obniżania emisji hałasu wytwarzanego przez górnicze wentylatory lutniowe pracujące w systemach wentylacji ssącej lub kombinowanej. Zasada działania opiera się na pochłanianiu energii akustycznej fali przemieszczającej się przez strefę wypełnioną materiałem dźwiękochłonnym.

Tłumiki mogą pracować zarówno w zakładach górniczych, w których występują zagrożenia metanowe (wyrobiska ze stopniem „a", „b" i „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu) oraz zagrożenia wybuchu pyłu węglowego (wyrobiska klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego) jak również w innych gałęziach przemysłu.

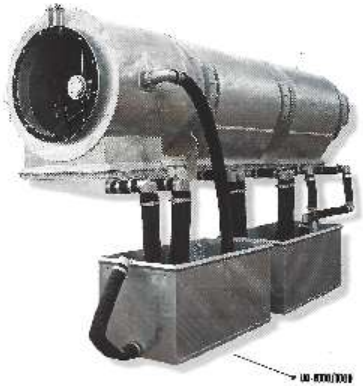
Tłumiki hałasu typu UTH oraz THZ dzięki swojej konstrukcji zapewniają wysoki stopień tłumienia energii fali akustycznej. Ubój materiał dźwiękochłonny charakteryzuje się wysoką odpornością termiczną (klasa odporności ogniowej: A1) oraz wysokim pochłaniającym współczynnikiem pochłaniania dźwięku.

Możliwa jest produkcja tłumików o innych średnicach i długościach niż podano w tabeli, uzgodnionych z Odbiorcą.

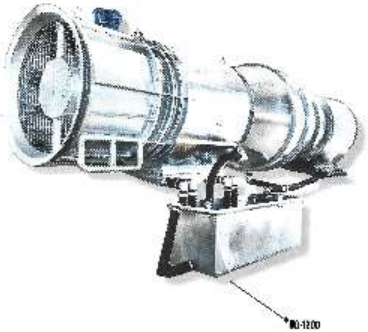


UTH-630

Nazwa urządzenia	Średnica [mm]	Długość wkładu tłumiącego [mm]	Długość całkowita [mm]	Minimalna skuteczność tłumienia [dB]	Masa [kg]	Uwagi
UTH-630	630	1350	1430	30	170	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UTH-800	800	1350	1430	30	200	Ocynkowane lub malowane proszkowo
UTH-1000	1000	1350	1430	30	240	Ocynkowane lub malowane proszkowo
THZ-630	630	1000	1150	35	170	Ocynkowane lub malowane proszkowo
THZ-800	800	1000	1150	35	200	Ocynkowane lub malowane proszkowo
THZ-1000	1000	1000	1150	35	240	Ocynkowane lub malowane proszkowo



UO-1000/1200



UO-1200

LUTNIE WIROWE

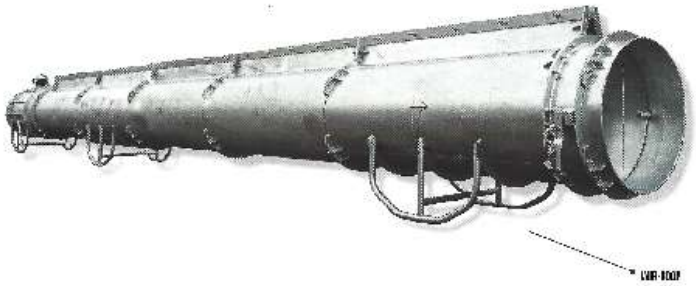
Lutnie wirowe typu WIR służą do sterowania przepływem powietrza w systemie wentylacji kombinowanej i usuwania zanieczyszczeń gazowych, w tym metanu. Urządzenie spełnia warunki Dyrektywy ATEX i należy do urządzeń grupy I kategorii M2.

Mogą pracować w podziemnych zakładach górniczych, w których występują zagrożenia wybuchem metanu (pomieszczenia zaliczali Państwo do stopnia „a"...„b" i „c" niebezpieczeństwo wybuchu metanu i pyłu węglowego (wyrobiska klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego).

W skład lutni wirowej wchodzi zespół napędowy ZN-800 lub ZN-1000, który wymusza przepływ powietrza płynącego przez lutnię wirową. Lutnia jest również wyposażona w klapę zamykającą rozcinak, służącą do sterowania przepływem powietrza w sytuacjach awaryjnych, tj. w przypadku wymontowania, odłączenia lub awarii zespołu napędowego.

Nazwa urządzenia	Zakres wydajności [m³/min]	Długość segmentu wirującego [m]	Zakres regulacji średnicy wirującej [mm]	Średnica segmentu lutni elastycznej [mm]	Silniki lutni elastycznej na wkazie [mm]	Prąd [A]	Typ zespołu napędowego	Parametry silnika napędowego i zabezpieczenia	Zakres certyfikatu
WIR-800P	700 ÷ 1400	10	60 ÷ 110	800*	800 – wyk. 1 1000 – wyk. 2 1200 – wyk. 3	1×400 – wyk. 1 1×495 – wyk. 2 1×595 – wyk. 3	ZN-800	eSCKp160L2 P 50 Hz 400 V 500/1000 W	Dyrektywa ATEX
WIR-900P	900 ÷ 1700	10	80 ÷ 130	900	900 – wyk. 1 1100 – wyk. 2 1300 – wyk. 3	1×450 – wyk. 1 1×545 – wyk. 2 1×645 – wyk. 3	ZN-1000	eSCKp160L2 P 50 Hz 400 V 500/1000 W	Dyrektywa ATEX
WIR-1000P	1000 ÷ 1900	10	80 ÷ 130	1000	1000 – wyk. 1 1200 – wyk. 2	1×500 – wyk. 1 2×600 – wyk. 2	ZN-1000	eSCKp200L2 – 50 Hz 400/1000 W	Dyrektywa ATEX

* Na życzenie Użytkownika element lutni wirowej Ø700 można wykonać o średnicy Ø600 lub Ø630 mm.



WIR-800P

ZASOBNIKI LUTNIOWE

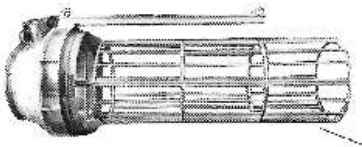
Zasobniki lutniowe zamawiane Państwo jako ZL-1000 jak również Specjalne ZLS-1000 służą do magazynowania lutni elastycznych w końcowym odcinku lutni wentylacyjnej, a następnie zabezpieczają ich rozciąganie w technologii przewidzianej dla wyrobiska kombinowanego systemem wentylacji kombinowanej z lutnią wirową i urządzeniem odpylającym. Stosowane lutnie elastyczne muszą posiadać odpowiednie certyfikaty zezwalające na ich stosowanie w zakładach górniczych. Zaleca się stosowanie lutni elastycznych wyposażonych w metalową spiralę z drutu (lutnie ssące).

Zasobniki lutniowe zbudowane są ze stelaża, wykonanego z metalowych rurek oraz stalowego zespołu przyłączeniowego, do którego mocuje się magazynowaną lutnię elastyczną. W zależności od przeznaczenia zasobnik może być wyposażony jest w belkę nośną służącą do podwieszania zasobnika do kołki szynowej lub w płozy do posadowienia go na spągu.

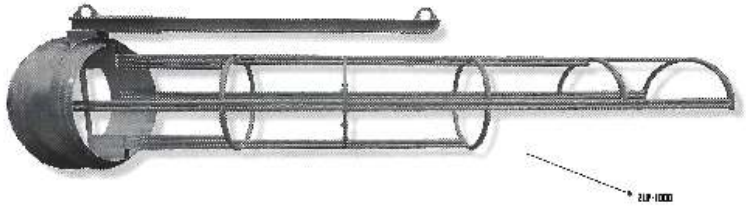
Przykład zastosowania

Na stelażu zmagazynowana jest lutnia elastyczna przyłączona do zasobnika za pomocą tkaninowego złącza lutni elastycznych (opaski). W systemie wentylacji kombinowanej lutnia wirowa jest okresowo przesuwana, a wraz z nią zasobnik lutniowy. Lutnia elastyczna zsuwana jest wtedy ze stelaża umożliwiając przesunięcie lutni wirowej bez konieczności dopinania odcinków lutni elastycznej. Po rozciągnięciu zapasu lutni należy ponownie ją zmagazynować na stelażu dokładając równocześnie do lutni o odpowiedni odcinek lutni elastycznej np. tkaninowej.

Nazwa urządzenia	Średnica przyłączeniowa [mm]	Długość zasobnika [mm]	Masa [kg]
Zasobnik lutniowy stacjonarny ZL-1000	1000	1000	240
Zasobnik lutniowy specjalny ZLS-1000	1000	1000	240



ZLP-1200



ZLP-1000



PRZEDSIĘBIORSTWO HANDLOWO-USŁUGOWE

„EKO-WIN"

INSTRUKCJA OBSŁUGI

EW230/IN

Wydanie 1

Energooszczędny Wentylator Górniczy z Przemiennikiem Częstotliwości

EWGP-900/60/Ch

(Instrukcja oryginalna)

Olsztyn listopad 2020 r.

Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe
„EKO-WIN"
Ryszard Krzyżkowski
Piastowice 53, 99-423 Bielawy
NIP: 775-100-84-31 REGON: 610232238

WŁAŚCICIEL
dr Ryszard Krzyżkowski

Zabrania się eksploatowania wentylatora niezgodnie z przeznaczeniem i zakresem stosowania określonym w niniejszej instrukcji.

UWAGA Jeśli wentylator będzie wykorzystywany w atmosferach pyłowych, należy okresowo lub ciągle kontrolować poziom drgań wentylatora.

1.3 Identyfikacja przedmiotu instrukcji

Niniejsza instrukcja dotyczy wentylatora **EWGP-900/60/Ch**, produkowanego przez P.H.U. EKO-WIN Sp. z o. o. wg dokumentacji technicznej Nr rys. EW 230.

Poszczególne elementy symbolu wentylatora oznaczają:

EWGP – **E**nergooszczędny **W**entylator **G**órniczy z **P**rzemiennikiem częstotliwości, 900/60/Ch: **900** - klasa wielkości / **60** - nominalna moc silnika elektrycznego / **Ch** – chłodzony wodą.

Oznakowanie wentylatora:

CE Ex I M2 Ex h I Mb

Oznakowanie silnika elektrycznego ze zintegrowanym przemiennikiem częstotliwości typu SG3ГО 200S-4, produkcji DAMEL S.A. - Dąbrowa Górnicza, zastosowanego w wentylatorze (wg instrukcji obsługi silnika K4-14-507 wydanie 1):

CE 1026 Ex I M2 Ex db [ib] I Mb

W zależności o zastosowanego w wentylatorze silnika elektrycznego ze zintegrowanym przemiennikiem częstotliwości, wentylator przeznaczony jest do zasilania z sieci o napięciu 500V lub 1000V.

Napięcie znamionowe zasilania wentylatora znajduje się na tabliczce znamionowej silnika umieszczonej na wentylatorze.

1.4 Producent i serwis

Producentem wentylatora jest:

Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe „EKO-WIN" Ryszard Krzykowski
Piotrowice 53, 99-423 Bielawy

Producent zastrzega sobie prawo wprowadzania zmian konstrukcyjnych w zakresie poprawy parametrów i bezpieczeństwa pracy bez powiadomienia użytkownika. W czasie gwarancji i po okresie gwarancyjnym remonty wentylatora mogą być dokonywane wyłącznie przez producenta lub przez autoryzowany przez producenta zakład remontowy. Wykonanie remontu przez inny podmiot lub zastosowanie przez użytkownika

J.S. Hamilton Poland Sp. z o.o.
(do dnia 30.04.2018r. JDAICW TEST Sp. z o.o.)
Jednostka Certyfikująca
ul. Wyzwolenia 14
41-103 Siemianowice Śląskie

CERTYFIKAT BADANIA TYPU

(1)

(2) Urządzenie lub system ochronny przeznaczony do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej Dyrektywa 2014/34/UE

(3) Certyfikat badania typu Nr: **JSHP 21 ATEX 0020X** ***wydanie 0***

(4) Produkt: **Energooszczędny Wentylator Górniczy z Przemiennikiem Częstotliwości typu: EWGP-900/60/Ch**

(5) Producent: **Przedsiębiorstwo Handlowo- Usługowe „EKO-WIN" Ryszard Krzykowski**

(6) Adres: **99-423 Bielawy, Piotrowice 53**

(7) Niniejszy produkt wraz ze swymi odmianami jest określony w załączniku do niniejszego certyfikatu oraz w wymienionych w nim dokumentach.

(8) J.S. Hamilton Poland Sp. z o.o. Jednostka Certyfikująca zaświadcza, że produkt został uznany za zgodny z zasadniczymi wymaganiami zdrowia i bezpieczeństwa, dotyczącymi projektowania i budowy produktów przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej, przedstawionymi w załączniku II Dyrektywy 2014/34/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2014 r.

Oceny i wyniki badań zostały wyszczególnione w poufnym raporcie Nr JSHP/RW/7/21/GP.

(9) Zgodność z wymaganiami bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zrealizowano poprzez zgodność z normami:

PN-EN ISO 80079-36:2016-07 (EN ISO 80079-36:2016)

PN-EN ISO 80079-37:2016-07 (EN ISO 80079-37:2016)

PN-EN ISO/IEC 80079-38:2017-02/A1:2018-08

(EN ISO/IEC 80079-38:2016/A1:2018)

(10) Jeśli za numerem certyfikatu umieszczono znak „X", wskazuje to, że produkt podlega szczególnym warunkom użytkowania określonym w załączniku do niniejszego certyfikatu.

(11) Niniejszy certyfikat badania typu (nieobowiązkowy) odnosi się tylko do projektu i konstrukcji określonego produktu. Certyfikat nie obejmuje pozostałych wymagań Dyrektywy dotyczących procesu produkcji i wprowadzenia produktu do obrotu.

Niniejszy certyfikat obowiązuje w całości z załącznikiem (załącznikami).

(12) Oznakowanie produktu musi zawierać poniższe symbole:

Ex I M2 Ex h I Mb



Damian Wróbel
Kierownik
Jednostki Certyfikującej

Siemianowice Śl., dnia 22 czerwca 2021 r.

J.S. Hamilton Poland Sp. z o.o. ul. Cieszyńska 180, 81-571 Gdynia
Jednostka Certyfikująca, ul. Wyzwolenia 14, 41-103 Siemianowice Śląskie
Tel./Fax +48 32 730 82 00, www.hamilton.com.pl, www.hamilton-test.pl

19 Wzór Deklaracji Zgodności

WZÓR	DEKLARACJA ZGODNOŚCI UE		Nr ****
Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe „EKO-WIN" Ryszard Krzykowski Piotrowice 53, 99-423 Bielawy			
Niniejsza deklaracja zgodności wydana zostaje na wyłączną odpowiedzialność producenta			
Nazwa handlowa: **ENERGOOSZCZĘDNY WENTYLATOR GÓRNICZY Z PRZEMIENNIKIEM CZĘSTOTLIWOŚCI**			
Typ: **EWGP-900/60/Ch**	CE Ex I M2 Ex h I Mb	Nr fabryczny ******	Rok prod. 20***
Wentylator przeznaczony jest do stosowania w podziemnych zakładach górniczych, w których występuje zagrożenie wybuchem metanu oraz wybuchem pyłu węglowego i zaliczany jest do urządzeń grupy I ze stopniem bezpieczeństwa kategorii M2. Wentylator może być stosowany w systemach wentylacji ssącej, tłoczącej i kombinowanej oraz jako wentylator współpracujący z urządzeniem odpylającym lub klimatyzatorem. Zakres stosowania wentylatora obejmuje również zakłady przeróbki węgla oraz inne branże przemysłowe.			
Wymieniony powyżej przedmiot niniejszej deklaracji jest zgodny z następującymi wymaganiami unijnego prawodawstwa harmonizacyjnego: Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz. U. poz. 817) wdrażające dyrektywę 2014/34/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz. Urz. UE L 96 z 29.03.2014, str. 309), Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz. U. Nr 199 poz. 1228) wdrażające postanowienia dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/42/WE z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniającej dyrektywę 95/16/WE (Dz. Urz. UE L 157 z 09.06.2006, str. 24).			

Zastosowane normy zharmonizowane i inne specyfikacje techniczne, w stosunku do których deklarowana jest zgodność:

- normy zharmonizowane: PN-EN ISO 12100:2012, PN-EN 1127 1:2011, PN-EN ISO 80079-36:2016-07, PN-EN ISO 80079 37:2016-07, PN –EN ISO/IEC 80079-38:2017-02, PN EN 60204-1:2018-12.
- Inne normy: PN-G-50000:2002, PN G 50081:1996, PN-G-52002:2009, PN-N-01359: idt ISO 1940-1 PN-EN ISO 1101:2017, DIN ISO 10816-3:2018, PN EN 60529:2003/A2:2014.
- Rysunki konstrukcyjne nr **EW230**.

Informacje dodatkowe:

J.S. Hamilton Poland Sp. z o.o. 41-101 Siemianowice Śląskie przeprowadziła ocenę zgodności i wydała Certyfikat Badania Typu nr JSHP 21 ATEX 0020X

Informacje dodatkowe:

- Wentylator został wykonany zgodnie z procedurami oceny zgodności połączonymi z wewnętrzną kontrolą produkcji wg RMG Dz. U. z 2008r. Nr 199. Poz. 1228.
  Ta deklaracja zgodności traci swoją ważność, jeżeli urządzenie zostanie zmienione, przebudowane bez naszej zgody lub naprawiane przez nieupoważniony przez nas zakład remontowy oraz będzie użytkowane niezgodnie z jego Instrukcją Nr EW230/IN Wydanie 1.
- Dołączono Certyfikat badania typu UE silnika elektrycznego.
- Dołączono deklarację zgodności silnika elektrycznego.

Deklaracja zgodności została podpisana w imieniu Przedsiębiorstwa Handlowo-Usługowego „EKO-WIN" Ryszard Krzykowski Piotrowice 53, 99-423 Bielawy	
Piotrowice, data -----	Imię i nazwisko, stanowisko oraz podpis osoby upoważnionej do sporządzenia deklaracji

PN-EN ISO 3746:2011	MD/-	PN-EN 60529:2003/A2:2014
PN-EN 60079-0:2013/A11:2014	-/ATEX	
PN-EN 60204-1:2018	MD/-	

MD – Dyrektywa Maszynowa 2006/42/WE; ATEX – Dyrektywa 2014/34/UE

Bezpieczeństwo:

Zastosowano rodzaj zabezpieczenia nieelektrycznego: bezpieczeństwo konstrukcyjne „c", tzn. rodzaj zabezpieczenia przed zapłonem, w którym zastosowano środki konstrukcyjne w celu zabezpieczenia przed możliwością zapłonu od gorących powierzchni, iskier wytwarzanych mechanicznie, wyładowań elektrostatycznych, drgań i wbudowanych urządzeń elektrycznych w atmosferach zagrożonych wybuchem gazu i/lub pyłu węglowego. Szczegółowy opis zastosowanych środków konstrukcyjnych zawarto w niniejszej Instrukcji oraz w Analizie Zagrożenia Zapłonem, która nie jest częścią instrukcji obsługi. Na podstawie opracowanej Analizy Zagrożenia Zapłonem, dokumentacji konstrukcyjnej i badań stwierdzamy, że wentylator typ EWGP-900/60/Ch jest urządzeniem o poziomie bezpieczeństwa EPL Mb, co oznacza, że w sytuacji gdy stężenie gazu palnego w atmosferze (w miejscu eksploatacji) przekroczy poziom dopuszczalny dopływ energii do wentylatora musi być automatycznie wyłączony. Powyższe potwierdza aktualny certyfikat badania typu. Ponadto w przypadku zastosowania wentylatora do odsysania pyłu dla ochrony przed zapłonem pyłu węglowego przewidziano możliwość zabudowy układu monitoringu drgań informującego użytkownika o przekroczeniu poziomu dopuszczalnego drgań wentylatora, co może spowodować min. uderzenie łopatki wirnika o obudowę i zapłon pyłu od iskier krzesanych. Układ monitoringu drgań, tj. czujniki i pozostały osprzęt elektryczny muszą posiadać certyfikaty badania typu WE/UE dla urządzeń grupy I kategorii M2.

Silnik zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości stanowi urządzenie przeciwwybuchowej z osłoną ognioszczelną „d" i obwodami iskrobezpiecznymi kat. „ib". Silnik zaliczany jest do urządzeń grupy I kategorii M2. Bezpieczna eksploatacja wymaga bezwzględnego zapoznania się z instrukcją obsługi silnika nr K4-14-507 wydanie 1.

1.5 Opis budowy

Energooszczędny wentylator górniczy z przemiennikiem częstotliwości typu EWGP-900/60/Ch jest wentylatorem lutniowym, osiowym, napędzanym silnikiem elektrycznym, którego prędkość obrotowa jest regulowana poprzez zintegrowany przemiennik częstotliwości.

Niżej opisano zespoły i części wchodzące w skład wentylatora:

Poz. 1. Siatka wlotowa o oczkach 40x40 (lub mniejsze niż 12,5x12,5), która zapobiega przedostawaniu się ciał stałych do wnętrza wentylatora.

Poz. 2. Zwężka EWGP 1000/900. Kołnierz posiada 16 otw. Ø14 na średnicy 1065 mm.

Poz. 3. Kierownica

Poz. 4. Wirnik wentylatora posadowiony na wale silnika elektrycznego i zabezpieczany przed zsunięciem za pomocą krążka poz. 14 dociskanego z śrubą poz. 12. Śruba zabezpieczona jest przed odkręceniem za pomocą podkładki odginanej poz. 13. Kołek poz.

11 zapobiega obrotowi krążka.

Poz. 5. Osłona wirnika. Zespół montowany nad wirnikiem i wyposażony w wykładzinę mosiężną zapobiegającą generowaniu iskier mechanicznych (krzesanych) w sytuacji awaryjnego uderzeniu łopatek wirnika o słone wirnika. Osłona posiada wzmocnioną konstrukcję chroniącą wirnik przed siłami zewnętrznymi.

Poz. 6. Zespół napędowy. Do zespołu napędowego mocowany jest silnik elektryczny za pomocą śrub poz. 9 zabezpieczonych podkładkami poz. 10. Do zespołu napędowego mocowana jest elektryczna skrzynka zawierająca przemiennik częstotliwości za pomocą złącz gwintowych poz.18. W zespole napędowym umiejscowiona jest kierownica strumienia powietrza odzyskująca energie kinetyczna powietrza wypływającego z wirnika.

Poz. 7. Silnik elektryczny SG3FO 200S-4 zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości – silnik elektryczny.

Poz. 8. Silnik elektryczny SG3FO 200S-4 zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości – przemiennik częstotliwości.

Poz. 9. Śruba M16 do mocowania silnika. Śruba jest wkręcana w kadłuba silnika elektrycznego.

Poz. 10. Podkładka odginana zabezpieczająca śrubę poz. 9 przed odkręceniem.

Poz. 11. Kołek uniemożliwiający obrót krążka poz. 14.

Poz. 12. Śruba M20 dociskająca krążek poz. 14 do wirnika i uniemożliwia zsuniecie wirnika z wału silnika elektrycznego.

Poz. 13. Podkładka odginana zabezpieczająca śrubę poz. 12 przed odkręceniem.

Poz. 14. Krążek dociskający wirnik do wału silnika za pomocą śruby poz. 10.

Poz. 15. Połączenie gwintowe kołnierzy.

Poz. 16. Podkładka cynowana pod złącze mostkujące.

Poz. 17. Złącze mostkujące Cu lub Ms.

Poz. 18. Złącze gwintowe M16 do mocowania skrzynki przemiennika częstotliwości.

Poz. 19. Zestaw uziemiający. Przewód miedziany 10 mm^2 x 500 mm oraz złącze gwintowe mosiężne.

Zespół napędowy wentylatora posiada 4 uchwyty (ucha) nośne, służące do podwieszania w czasie transportu i montażu, zaś pod zespołem napędowym umieszczone są płozy, umożliwiające stabilne postawienie wentylatora na spągu. Uchwyty nośne pomalowano są na kolor czerwony. Dodatkowy uchwyt nośny znajduje się na obudowie kierownicy.

Na zespole napędowym umieszczone są tabliczki: tabliczka znamionowa wentylatora, tabliczka znamionowa silnika elektrycznego (kopia), jak również umieszczone są strzałki kierunkowe, określające kierunek przepływu powietrza przez wentylator i kierunek obrotów wirnika.

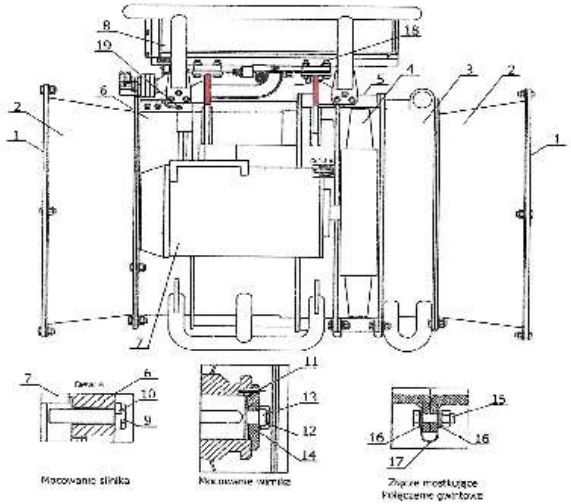
Wlot do wentylatora jest zabezpieczony siatką stalową o oczkach wielkości 40x40 mm.

Dodatkowa siatka może być montowana na wylocie z wentylatora na życzenie odbiorcy. (*Siatki obniżają parametry wentylatora).*

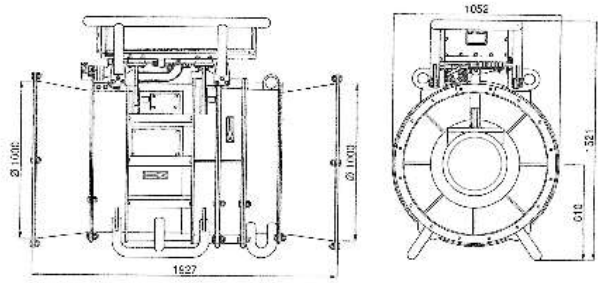
Wentylatory przeznaczono do współpracy z maszynami do chłodzenia lub odpylania powinny mieć siatkę :

- na wlocie o stopniu ochrony przynajmniej IP2X (oczka mniejsze niż 12,5x12,5mm),
- na wylocie o stopniu ochrony przynajmniej IP1X (oczka mniejsze niż 50x50mm)

Rodzaj zastosowanej siatki w dostarczanym wentylatorze jest przedmiotem uzgodnień między P.H.U. Eko-Win a odbiorcą.



Rys 1a. Wentylator EWGP-900/60/Ch



Rys 1b. Wentylator EWGP-900/60/Ch

1.7 Zasada działania

Podanie napięcia zasilania do silnika elektrycznego wentylatora EWGP-900/60/Ch poprzez zintegrowany z silnikiem przemiennik częstotliwości, wywołuje ruch obrotowy wirnika, który posadowiony jest na czopie wału silnika. Prędkość obrotowa wirnika silnika ustawiana jest na sterowniku wentylatora typu PS-2008/1. Ruch obrotowy łopatek osadzonych na wirniku powoduje powstanie różnicy ciśnień przed i za łopatkami wirnika, co powoduje przepływ powietrza wzdłuż lutniociągu. Ruch obrotowy łopatek wirnika powoduje również zawirowanie strumienia powietrza, który ulega wyprostowaniu za pomocą kierownicy umieszczonej za wirnikiem (patrząc w kierunku przepływu powietrza).

1.8 Katalog części

	Nazwa części lub podzespołu	Nr rysunku, normy, producent	Masa [kg]
1	Zespół napędowy EWGP-900/60/Ch	EW230	1520
2	Silnik elektryczny zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości SG3FO 200S-4 (500V lub 1000V w zależności od znamionowego napięcia zasilania wentylatora)	DAMEL S.A. Dąbrowa Górnicza	830
3	Kierownica EWGP	EW230-02	89
4	Zwężka EWGP 1000/900	EW230-03	45,7
5	Zespół siatki EWGP 1000	EW230-04	21,7
6	Blacha mostkująca Ø14	EW230-005	
7	Podkładka 12,5 – Cu –cynowana cyną do lutowania LC60-FSW26 gr.0,1 mm	PN-EN ISO 7091:2003	
8	Śruba z łbem sześciokątnym PN-EN ISO 4017-M12x50-8,8-A3L	PN-EN ISO 4017:2014-09	
9	Śruba z łbem sześciokątnym PN-EN ISO 4017-	PN-EN ISO 4017:2014-09	

	M12x40-8,8-A3L		
10	Śruba z łbem sześciokątnym PN-EN ISO 4017-M12x30-8,8-A3L	PN-EN ISO 4017:2014-09	
11	Nakrętka sześciokątna PN-EN ISO 4032-M12-6-A3L	PN-EN ISO 4032:2013-6	
12	Podkładka sprężysta Z 12.2 Fe/Zn8	PN-M-82008:1977	

1.9 Wyposażenie elektryczne

Wyposażenie elektryczne wentylatora stanowi silnik elektryczny budowy ognioszczelnej zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości typu SG3FO 200S-4 produkcji DAMEL S.A. Dąbrowa Górnicza, posiadający certyfikat badania typu UE na zgodność z wymaganiami Dyrektywy Europejskiej 2014/34/UE (ATEX).

Wyposażenie elektryczne dotyczące zasilania elektrycznego wentylatora, a także sposoby łączenia go z innymi urządzeniami, nie wchodzi w zakres dostawy.

W warunkach zakładów górniczych wyposażenia elektryczne, dotyczące zasilania i sterowania są przedmiotem oddzielnych opracowań lub podlegają dopuszczeniu w trybie obowiązującym, jako zintegrowane systemy sterowania kompleksów wydobywczych i przodkowych, według wykładni punktu 3.4. załącznika nr 1 do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz. U. 2004 nr 99, poz. 1003).

Dane techniczne silnika zintegrowanego z przemiennikiem częstotliwości typu SG3FO 200S-4. Parametry wg instrukcji obsługi silnika nr K4-14-507 wydanie 1:

Napięcie znamionowe	500V	1000V
Dopuszczalne wahania napięcia zasilania	(0,9 ÷ 1,1)Un	
Moc znamionowa	60kW	
Znamionowa częstotliwość sieci	50Hz	
Maksymalny prąd pobierany z sieci	100A	50A
Prędkość obrotowa	90 – 3000 obr./min.	
Czynnik chłodzący silnik i przemiennik częstotliwości	woda	
Rodzaj pracy	S1	

Przy wykonywaniu instalacji zasilania elektrycznego należy zwrócić szczególną uwagę na właściwe, zgodne z obowiązującymi przepisami, podłączenie przewodów ochronnych do wewnętrznego zacisku ochronnego w skrzynce zaciskowej oraz podłączenie zewnętrznego zacisku ochronnego silnika do systemu uziemiających przewodów ochronnych zakładu górniczego. Pozostałe parametry w instrukcji obsługi silnika DTR-

K14-507 wydanie 1.

Przed uruchomieniem wentylatora silnik elektryczny zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości musi być uziemiony zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami. Zabrania się uruchamiania wentylatora bez uziemienia silnika.

Urządzeniem peryferyjnym, nie będącym elementem wentylatora, a służącym do sterowania praca wentylatora jest pulpit sterujący typu PS-2008/1 produkcji DAMEL S.A.

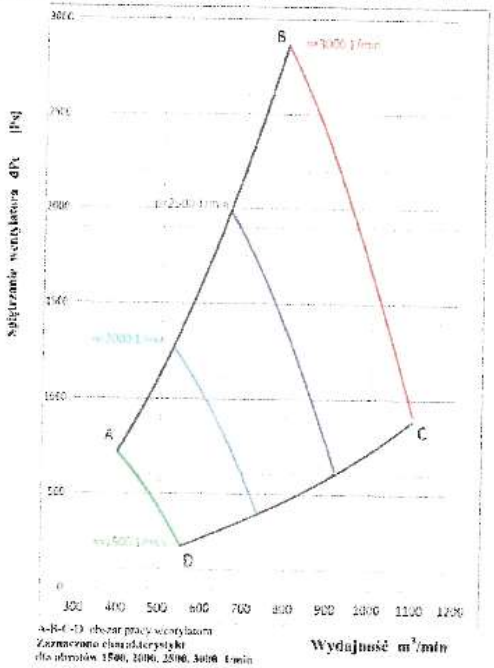
1.10 Nominalne parametry wentylatora i jego charakterystyka

Parametr (p=1,2kg/m³)	Wartość
Nominalna średnica wentylatora	900 mm
Współpraca z lutniami	Ø800,1000,1200,1400 mm
Nominalna wydajność	820 m³/min 13,7 m³/s
Zakres regulacji wydajności	400 ÷ 1100 m³/min
Nominalne spiętrzenie całkowite	2800 Pa
Maksymalne spiętrzenie całkowite	2900 Pa
Nominalna prędkość obrotowa wirnika	3000 obr/min
Zakres regulacji prędkość obrotowa wirnika	90 ÷ 3000 obr/min
Napięcie zasilania silnika napędu wentylatora	500V lub 1000V
Napięcie zasilania zespołu sterującego	42/230V (przełączalne)
Parametry wody chłodzącej na wlocie układu chłodzenia silnika zintegrowanego z przemiennikiem częstotliwości:	
temperatura minimalna	12°C
temperatura maksymalna	30°C
maksymalne ciśnienie statyczne	3 MPa
minimalny przepływ	10 dm³/min

Temperatura otoczenia	0 ÷ 40°C
Masa wentylatora	1760 kg

Na życzenie odbiorcy nominalne parametry pracy mogą zostać zmienione, przy zachowaniu mocy znamionowej silnika 60 kW.

Charakterystykę wentylatora EWGP-900/60/Ch wykonaną zgodnie z normą PN-ISO 5801:2002, pokazano na rys. 2.

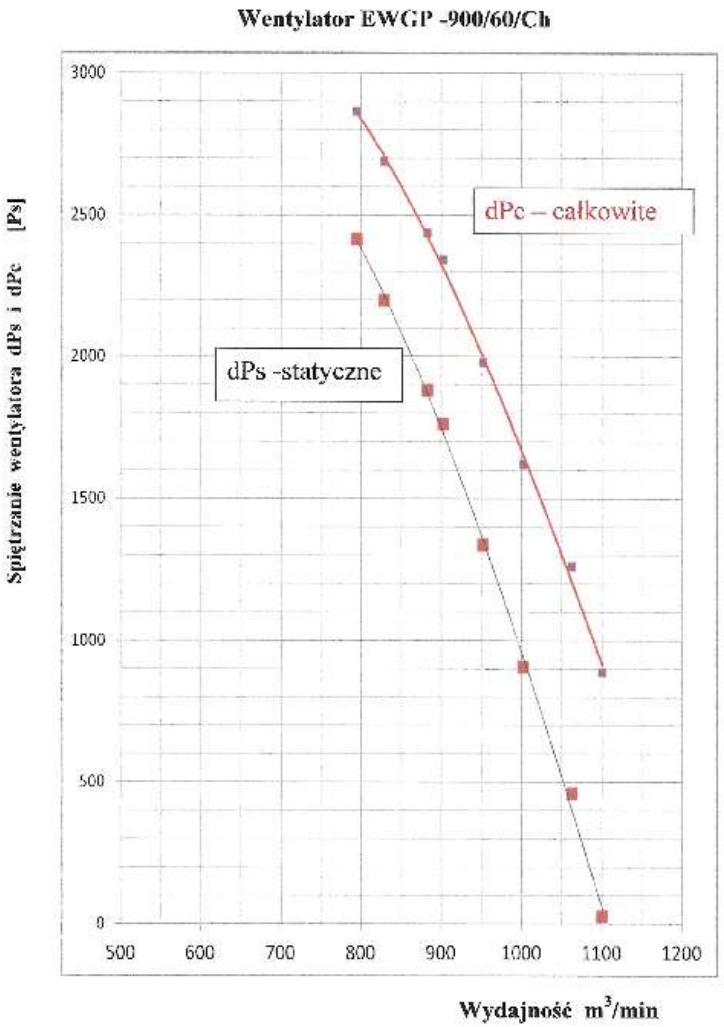


Rys 2. Charakterystyka wentylatora EWGP 900/60/Ch

1.11 Współpraca z lutniociągiem

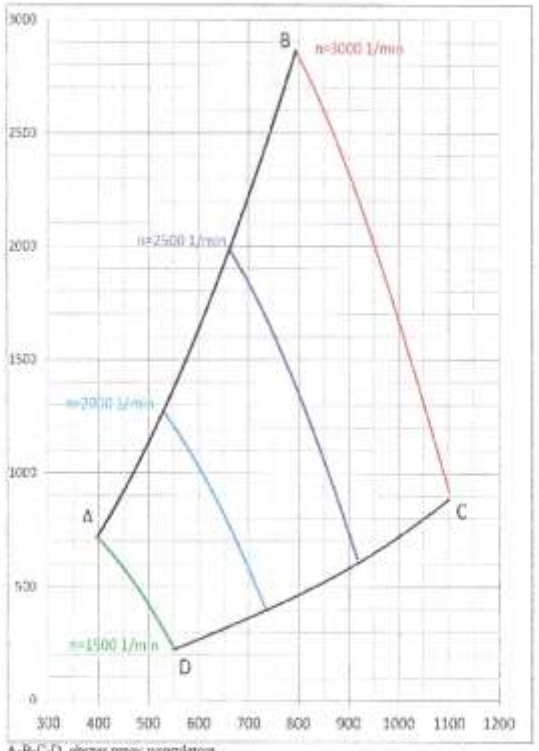
Parametry techniczne wentylatora mogą być osiągnięte jedynie w przypadku jego prawidłowej współpracy z lutniociągiem, do którego jest podłączony. Punktem pracy

9. Wykres charakterystyk



10. Charakterystyka wentylatora przy różnej j liczbie obrotów. Obszar pracy.

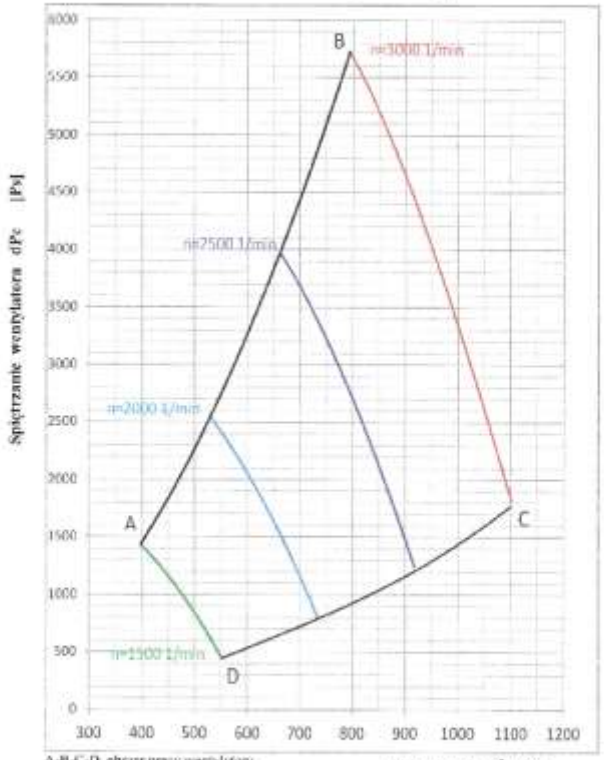
Wentylator EWGP -900/60/Ch



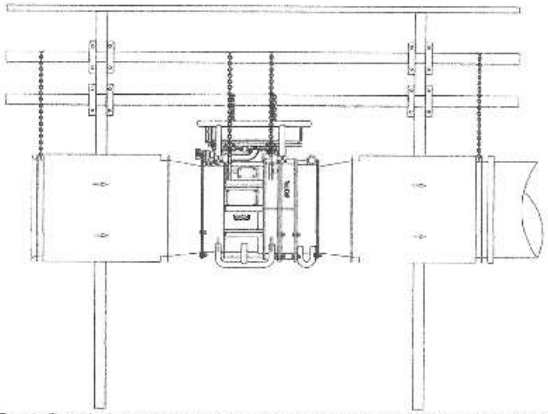
A-B-C-D obszar pracy wentylatora
Zaznaczono charakterystyki
dla obrotów 1500, 2000, 2500, 3000 1/min

10. Charakterystyka wentylatora w pracy szeregowej przy różnej j liczbie obrotów. Obszar pracy.

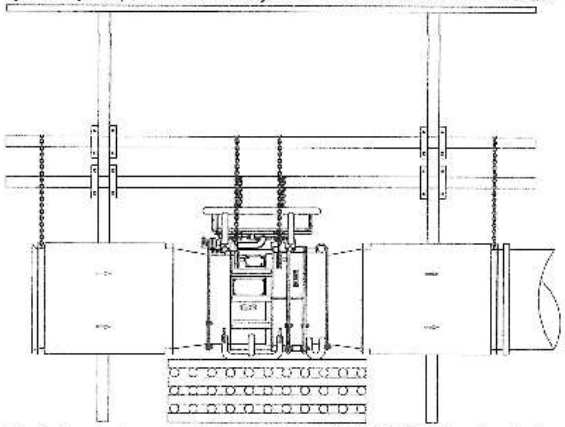
Wentylator 2x EWGP -900/60/Ch – praca szeregowa



A-B-C-D obszar pracy wentylatora
Zaznaczono charakterystyki
dla obrotów 1500, 2000, 2500, 3000 1/min

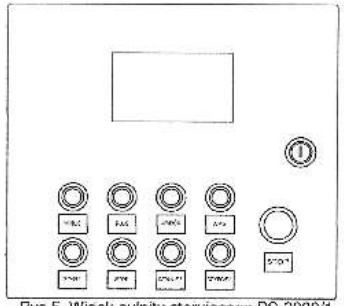


Rys 3. Przykład podwieszenia wentylatora EWGP-900/60/Ch na łańcuchach



Rys 4. Przykład posadowienia wentylatora EWGP-900/60/Ch na kasztach


MINUS
PLUS
WYBÓR
WPIS
START
STOP
WOLNIEJ
SZYBCIEJ



Rys 5. Widok pulpitu sterującego PS-2008/1

Funkcje przycisków:

START – załączenie wentylatora,

STOP – wyłączenie wentylatora,

WOLNIEJ – zmniejszenie prędkości obrotowej wirnika,

SZYBCIEJ – zwiększenie prędkości obrotowej wirnika,

STOP – wyłączenie awaryjne wentylatora,

MINUS, PLUS, WYBÓR, WPIS – konfiguracja nastaw pracy.

Pulpit sterujący może sterować jednym lub dwoma silnikami.

Poniżej podano nastawy sterownika dla przypadku sterowania dwoma silnikami wentylatorów:

MENU -> SERWIS -> 19.Odstawiane silnikow -> 1 silnik

MENU -> SERWIS -> 20.Powrot po awarii -> Automat. Dolaczenie

MENU -> SERWIS -> 35.Lotny start -> tak

MENU -> SERWIS -> 36.Czas dolaczenia po awarii -> "wybór"

MENU -> SERWIS -> 29. Tryb wyjsc -> Sterowanie zaworem wody (Eko-Win)

Przy takiej konfiguracji sterownika, wyjścia przekaźnikowe ZX1 24 i ZX1 25 sterują wyłącznikami stycznikowym i działają wg opisu poniżej:

Awaria dowolnego z silników nie spowoduje wyłączenia zespołu wentylatora, jedynie nastąpi sygnalizacja przekaźnikiem stanu „Alarm" a na ekranie pojawi się komunikat o awaryjnym odstawieniu danego silnika i jego źródle (nr silnika) oraz przyczynie (nazwa awarii). Po upływie czasu ustawionego w parametrze 36, zostanie powtórnie podany sygnał start do wyłączonego silnika. Jeśli ustąpiła przyczyna awarii, silnik podejmie pracę z prędkością wirowania drugiego pracującego silnika.

Po potrójnym zwróceniu awarii tranzystorów podczas rozruchu silnik zostaje

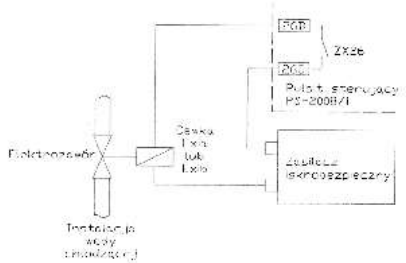
zablokowany, jednak drugi z silników zespołu nadal pracuje. Po zatrzymaniu drugiego silnika z dowolnej przyczyny (działanie obsługi/awaria), po ponownym uruchomieniu startuje tylko silnik, który nie był zablokowany, drugi pozostaje w blokadzie do czasu skasowania jej przez MENU.
Wyjścia przekaźnikowe ZX1 26 (silnik 1) i ZX 1 27 (silnik 2) sterują elektrozaworami wody chłodzącej. Styk jest zwarty podczas stanu PRACA danego silnika oraz na czas 2 min po przejściu silnika do innego stanu (STOP/AWARIA).

W przypadku sterowania jednym silnikiem, w menu 2 (ustawienia) ustawić aktywność wybranego silnika zgodnie z podłączeniem do portu komunikacyjnego. Przy sterowaniu jednym silnikiem należy tylko jeden wybrać jako aktywny. Pozostałe silniki powinny być nieaktywne.

Szczegóły konfiguracji, opis stanów awaryjnych zawiera instrukcja obsługi pulpitu sterującego nr K4-14-378 v.10 - załącznik: „Dokumentacja oprogramowania", wydanie V10.

5.1.4. Podłączenie instalacji chłodzącej

Silnik z przemiennikiem częstotliwości chłodzony jest wodą o wymuszonym przepływie, przepływającej przez kanały płyty chłodzącej przemiennik częstotliwości oraz przez silnik. Doprowadzenia i odprowadzenia wody chłodzącej posiadają gwint M27x2. Wymagane parametry wody chłodzącej podano w rozdziale 1.10 niniejszej instrukcji. Instalację wody chłodzącej należy wyposażyć w zawór odcinający przepływ wody gdy wentylator nie pracuje. Pulpit sterujący PS-2008/1 umożliwia sterowanie samoczynnym odcinaniem wody chłodzącej po wyłączeniu wentylatora poprzez elektrozawór z cewką przeznaczoną do pracy w obwodach iskrobezpiecznych. Elektrozawór automatycznie odcina wodę chłodzącą po 2 minutach.



Rys. 6 Schemat podłączenia sterownika do elektrozaworu

Wskazówki dotyczące monitoringu drgań

Monitoring drgań można prowadzić w sposób ciągły poprzez:

1. zabudowywanie na wentylatorze odpowiedniego odłączalnego czujnika drgań podłączonego na stałe do zewnętrznej części układu monitoringu drgań, przy czym czujnik na oddzielne zamówienie jest dostarczany przez EKO-WIN, zaś zewnętrzną część układu monitoringu drgań zabezpiecza użytkownik wentylatora we własnym zakresie – monitoring ciągły,
2. zastosowanie specjalnego układu monitoringu drgań, co musi być przedmiotem oddzielnych szczegółowych uzgodnień pomiędzy zainteresowanymi stronami – monitoring ciągły.

Bez względu na sposób prowadzenia monitoringu drgań należy stosować znormalizowane kryteria oceny stanu maszyny, kryteria takie podaje norma DIN-ISO 10816-3:2018 „Drgania mechaniczne. Ocena drgań maszyn na podstawie pomiarów na częściach nie wirujących. Część 3: Maszyny przemysłowe o mocy od 15 kW i prędkościach nominalnych między 120 obr/min a 15000 obr/min".

Wielkością mierzoną jest prędkość drgań, mierzona w milimetrach na sekundę [mm/s].

Kryteria oceny stanu maszyny na podstawie pomiaru drgań przedstawia poniższa tabela:

GRANICZNE PRĘDKOŚCI DRGAŃ
wg DIN-ISO 10816-3:2018
Grupa 2:Maszyny średniej wielkości o mocy od 15 do 300 kW
Zakres częstotliwości: 10 Hz ÷ 1000 Hz

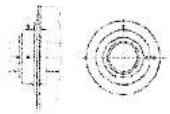
11 mm/s		
7,1 mm/s		
4,5 mm/s		
3,5 mm/s		
2,8 mm/s		
2,3 mm/s		
1,4 mm/s		
0,7 mm/s		
Zabudowa	Sztywna	Elastyczna

Strefa D	Wyłączenie, drgania powodujące uszkodzenia
Strefa C	Praca krótkoterminowa
Strefa B	Praca nieograniczona (długoterminowa)
Strefa A	Maszyna nowa

Miejsca montażu czujników do pomiaru prędkości drgań, zgodnie z normą DIN ISO 10816-3 przedstawia poniższy rysunek:



Punkty pomiarowe dla maszyn użytkowanych w pozycji poziomej.



Punkty pomiarowe na łożyskach w obudowach.

Norma PN-EN ISO/IEC 80079-38:2017/A1:2018, pkt. 5.3.1.6 narzuca obowiązek monitoringu drgań gdy wentylator ma być użytkowany do odsysania pyłu. Jednocześnie ww. norma nie określa na kim obowiązek monitoringu drgań spoczywa, tzn. czy na producencie wentylatora, czy na jego użytkowniku.

W związku z powyższym możliwe jest wyłącznie opcjonalne i wariantowe spełnienie obowiązku zgodności wyrobu z normą, co zastosowano. Wyznaczenie i wykonanie otworów pod zabudowę czujników drgań zostanie dokonane po szczegółowych uzgodnieniach pomiędzy użytkownikiem i producentem wentylatora oraz producentem i instalatorem układu monitoringu drgań.

Okresowo, co 6 miesięcy, należy również sprawdzić poprawność zamocowania i stan łańcuchów na których podwieszony jest wentylator.

Nie przewidziano stanowiska obsługi wentylatora, ponieważ praca wentylatora nie wymaga stałego nadzoru.

8 Warunki konserwacji i przeglądy

8.1 Konserwacja

Konserwacji podlega silnik elektryczny zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości, zgodnie z jego instrukcją obsługi dostarczoną przez producenta. Po upływie 12000 godzin pracy silnika lub po 24 miesiącach eksploatacji, należy wymienić smar zastosowany w łożyskach zgodnie z wytycznymi zawartymi w instrukcji obsługi silnika. Pozostałe elementy wentylatora, dzięki zabezpieczeniu przeciwkorozyjnemu, nie wymagają codziennej konserwacji, podlegają jednak przeglądom, zgodnie z instrukcją.

Okresowo należy kontrolować poziom zanieczyszczenia filtra wody chłodzącej silnik zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości.



w wyrobiskach górniczych zatwierdzona przez Kierownika Zakładu górniczego.

Integralną częścią szkolenia powinno być zapoznanie załogi z treścią niniejszej Instrukcji Użytkowania. Ponadto producent oferuje usługi szkoleniowe dla osób obsługujących wentylator i dla nadzoru.

Osobne przeszkolenie przez producenta powinny przejść osoby odpowiedzialne za montaż, podłączenie i wykonywanie napraw wentylatora.

16 Informacje o silniku elektrycznym typu SG3F0 200S-4

Silnik zintegrowany z przemiennikiem częstotliwości należy podłączyć i eksploatować zgodnie z instrukcją obsługi K4-14-507 wydanie 1. Instrukcja obsługi silnika stanowi załącznika do dokumentacji wentylatora. Silnik posiada certyfikat badania typu : JSHP 20 ATEX 0078X

Dane techniczne:

Moc znamionowa Pn	60kW	
Znamionowe napięcie zasilania Un	500V	1000V
Znamionowa częstotliwość sieci zasilającej	50/60Hz	
Dopuszczalne wahania napięcia zasilania	(0,9 : 1,1)Un	
Maksymalny prąd znamionowy pobierany z sieci	93 A	45 A
Współczynnik mocy	0,87 - 0,92	
Sprawność (silnik+VSD)	88%	
Częstotliwość wyjściowa VSD	3 ÷ 100Hz	
Zakres regulacji prędkości obrotowej	90 ÷ 3000Hz	
Napięcie pomocnicze zasilania	42, 127, 230V	
Stopień ochrony	IP 66	
Masa	ok. 830kg	
Temperatura otoczenia pracy	0 ÷ 40°C	

Szczegółowe warunki bezpiecznego stosowania wg Certyfikatu.

a) Temperatura otoczenia ze względu na czynnik chłodzący wodą 0°C do +40°C
b) Dopuszczalna odchyłka napięcia zasilania (-10% : +10%)UN
c) Poszczególne obwody iskrobezpieczne muszą być podłączone za pomocą oddzielnych przewodów, lub muszą być prowadzone we wspólnym przewodzie wielożyłowym typu A lub B, zgodnie z normą PN-EN 50394.
d) Po zamontowaniu płyty INTDAM_3I należy wykonać próbę wytrzymałości elektrycznej zgodnie z 6.3.12 PN-EN 60079-11.
e) Do połączeń elementów osłony ognioszczelnej silnika należy stosować śruby klasy mechanicznej nie mniejszej niż 8.8.
f) Wymiary złączy ognioszczelnych - patrz pkt. 24 i Tabela 6 Instrukcji silnika nr K4-K14-507 wydanie 1.

DAMEL	Laboratorium Maszyn Elektrycznych		21-04-2021
	Typ: **2SG3F 200S-4A**	Nr: **120J026**	P.1. Str. 1 / 3

Próba nagrzewania metodą bezpośredniego obciążenia

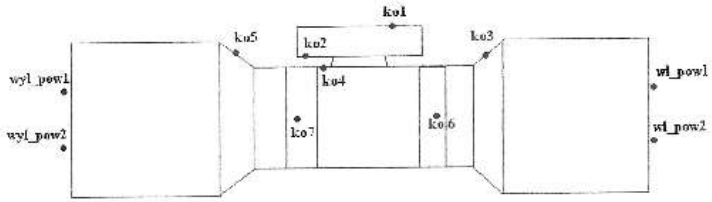
Komentarz: badanie nagrzewania wentylatora przy f=100Hz

Dane znamionowe:

P_N = 60,00 kW	U_N = 500,0 V	I_N = 100,00 A
n_N = 1500,0 obr/min	f_N = 50,00 Hz	$\cos\varphi_N$ = 0,8600

Rozmieszczenie czujników temperatury:

T1 – temperatura łożyska silnika od strony P
T2 – temperatura łożyska silnika od strony N
T3 – temperatura uzwojenia silnika

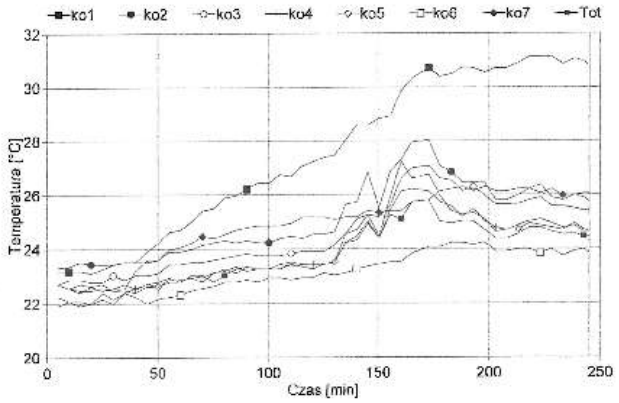


Rys.1 Rozmieszczenie czujników temperatury podczas próby

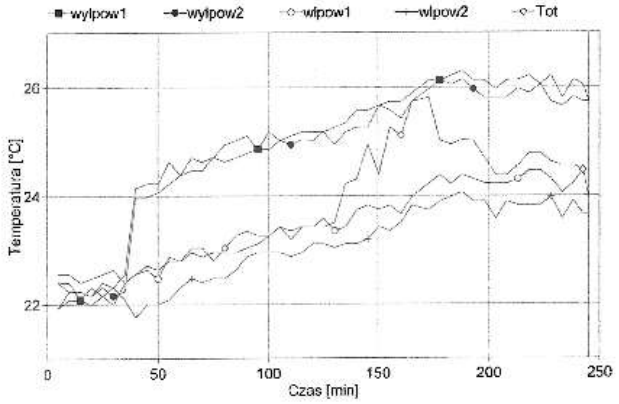
Wyniki próby:

U = 511 V	I = 51,26 A	P_1 = 41,99 kW
cosφ = 0,9252	f = 49,99 Hz	$T_{(s)}$ = 118,8 Nm
n = 2989,1 obr/min		

$\theta_{łoż.N\ max}$ = 71,2 °C	Q_{H2O} = 15,0 l/m	$\theta_{uzw,max}$ = 65,0 °C
$\theta_{otpr.pr.}$ = 28,1 °C	$\theta_{łoż.P,max}$ = 47,3 °C	$\theta_{ob.max}$ = 31,2 °C
θ_{ot} = 24,5 °C	$\theta_{H2O,wlot}$ = 29,0 °C	$\theta_{H2O,wylot}$ = 32,7 °C

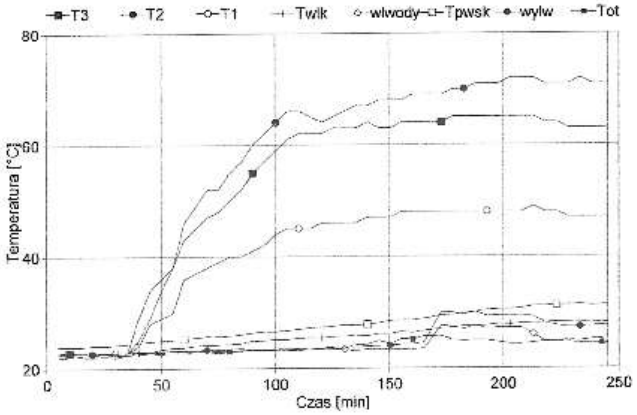


Wykres 1. Nagrzewanie obudowy



Wykres 2. Nagrzewanie powietrza

DAMEL	Laboratorium Maszyn Elektrycznych		21-04-2021
	Typ: **2SG3F 200S-4A**	Nr: **120J026**	P.1. Str. 3 / 3



Wykres 3. Nagrzewanie silnika

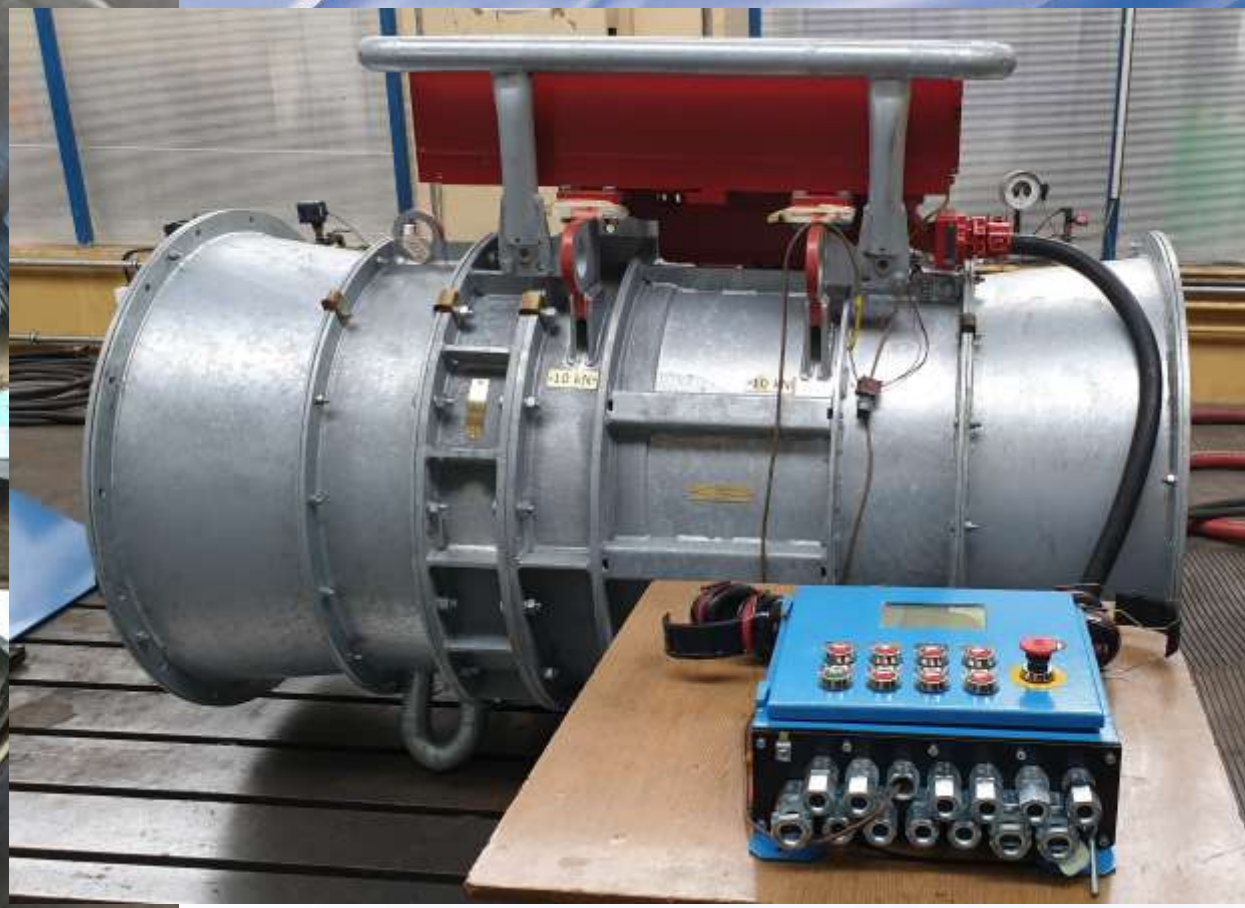





10 kN
10 kN








DAMEL




84.3
MAX
A/D
LEVEL
FAST
SLOW
SL801




START
STOP
PLUS
MINUS
WYBÓR
WPIS


MINUS
PLUS
WYBÓR
WPIS
START
STOP
WOLNIEJ
SZYBCIEJ



DZIĘKUJĘ PAŃSTWU ZA UWAGĘ

EKO-WiN

Estymacja parametrów relacji tłumienia z uwzględnieniem amplifikacji dla wybranego rejonu GZW

The estimation of attenuation relations with the amplification of vibration for chosen region of the Upper Silesian Coal Basin

Michał Gierlotka
KWK „Sośnica"

STRESZCZENIE: Na obszarze górniczym KWK Sośnica od maja 2018 roku prowadzona jest ciągła rejestracja drgań gruntu pochodzących od wstrząsów indukowanych działalnością górniczą za pomocą 3 trójskładowych stanowisk sejsmometrycznych typu SeisNET. W oparciu o zbiór danych sejsmometrycznych uzyskanych z rejestracji wstrząsów górotworu podjęto próbę wyznaczenia parametrów relacji tłumienia drgań sejsmicznych z uwzględnieniem amplifikacji tych drgań przez przypowierzchniowe warstwy geologiczne. Amplifikacja to zjawisko wzmocnienia amplitud drgań sejsmicznych rejestrowanych na powierzchni terenu, na które wpływ mają takie czynniki jak: miąższość oraz gęstość warstwy, prędkość propagacji i typ fal sejsmicznych. Do estymacji współczynnika amplifikacji wykorzystano metodę regresji wielokrotnej oraz model relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a.

ABSTRACT: In the area of KWK Sośnica, ground vibrations from seismic events induced by mining activity is being continuously monitoring since May 2018 using 3 three–component SeisNET seismic stations. Based on the seismic data obtained from recording of tremors an attempt was made to estimate the parameters of seismic attenuation relations, including the site amplification factors related to near–surface geological layers. Site amplification is the effect of increasing the amplitude of seismic vibrations recorded on the surface that is dependent on the parameters such as: thickness and density layer, seismic velocity and wave type. To the estimation of site amplification was made by multiple regression based on the Joyner-Boore attenuation model.

SŁOWA KLUCZOWE: sejsmiczność indukowana, drgania gruntu, współczynnik amplifikacji
KEYWORDS: induced seismicity, ground vibrations, vibration amplificator factor

1. WSTĘP

Prowadzonej eksploatacji węgla kamiennego często towarzyszą wstrząsy górotworu wywołujące odczuwalne na powierzchni terenu drgania, które mogą powodować uszkodzenia obiektów budowlanych. Są także przyczyną dyskomfortu mieszkańców terenów narażonych na ich oddziaływanie. Kopalniane stacje geofizyki prowadzą monitoring sejsmiczny za pomocą specjalistycznej aparatury rejestrującej przyspieszenia i prędkości drgań gruntu [5, 10]. Z uwagi na ograniczenia ekonomiczne i techniczne nie jest możliwa ciągła rejestracja drgań

gruntu we wszystkich obiektach objętych dynamicznymi wpływami wstrząsów. Realizowany w odpowiednio długim czasie monitoring jest podstawą do opracowania empirycznych zależności, określanych jako relacje tłumienia na podstawie których wykonywana jest ocena wpływu drgań sejsmicznych na budynki lub prognoza ich oddziaływania na środowisko powierzchniowe. Relacja tłumienia jest zależnością wiążącą wybrany parametr drgań gruntu, którym jest szczytowa amplituda prędkości lub przyspieszenia drgań z czynnikami wpływającymi na jego wielkość, takimi jak energia sejsmiczna, odległość od ogniska czy lokalne warunki geologiczne. W literaturze można znaleźć wiele przykładów zastosowań różnych postaci relacji tłumienia wraz z ich modyfikacjami warunkowanymi lokalną sejsmicznością – na przykład [1, 2, 3, 6, 8, 9].
Zróżnicowanie w budowie geologicznej warstw przypowierzchniowych jest ważnym czynnikiem mającym wpływ na wielkość zarejestrowanych na powierzchni drgań z uwagi na wzrost ich amplitud w stosunku do twardego podłoża, określany jako amplifikacja drgań. Wartość współczynnika amplifikacji wzrasta wraz ze spadkiem prędkości fal sejsmicznych [7]. Występowanie skał słabo związanych lub spękanych także wpływa na wzrost amplitudy drgań.
Do analizy wykorzystano powszechnie stosowany, niezależnie od wielkości źródła, zarówno w odniesieniu do trzęsień ziemi i wstrząsów indukowanych działalnością górniczą, model relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a [7]. Estymację parametrów relacji tłumienia przeprowadzono metodą regresji wielokrotnej [4,11]. Do obliczeń wykorzystano zarejestrowane dane sejsmometryczne dla wstrząsów sejsmicznych z okresu od maja 2018 roku do czerwca 2021 roku na 3 stanowiskach powierzchniowych zlokalizowanych na obszarze górniczym KWK Sośnica.

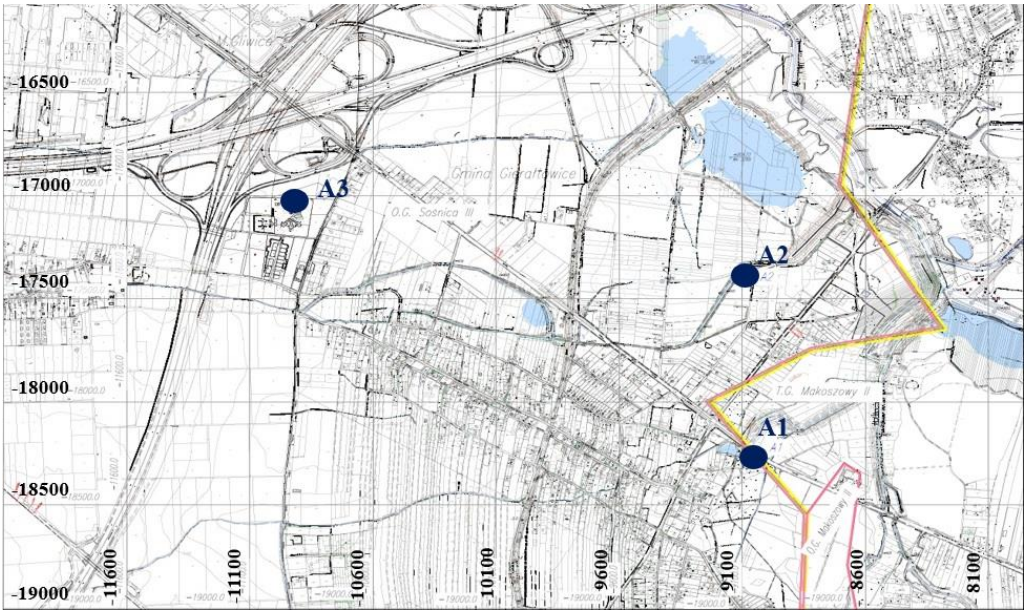
2. CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBSZARU ORAZ ZAREJESTROWANA SEJSMICZNOŚĆ

Obszar, z którego pochodziły analizowane dane sejsmometryczne znajduje się na północno-zachodnim brzegu Niecki Głównej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W budowie geologicznej obszaru biorą udział utwory czwartorzędu i trzeciorzędu (neogenu) stanowiące nadkład złoża karbońskiego oraz lokalnie utworów triasu. Utwory neogenu na przeważającym obszarze stanowią nadkład warstw karbońskich, lokalnie w północno-zachodniej części nadkład stanowi czwartorzęd lub trias. Miąższość nadkładu zawiera się w przedziale od około 12 m w części północnej i 50 m w części południowej, do 428 m w części zachodniej.
Pomiary parametrów drgań gruntu indukowanych działalnością górniczą prowadzone są za pomocą 3 trójskładowych stanowisk sejsmometrycznych SeisNET. W tabeli 1 przedstawiono lokalizację stanowisk powierzchniowych oraz liczbę zarejestrowanych wstrząsów, zaś na rysunku 1 przedstawiono rozmieszczenie stanowisk aparatury pomiarowej.

Tabela 1. Podstawowe informacje o stanowiskach sieci sejsmometrycznej
Table 1. Basic information on seismic stations

l.p.	Nazwa stanowiska	Współrzędne w układzie Sucha Góra		Data rozpoczęcia rejestracji	Data zakończenia rejestracji	Liczba zarejestrowanych wstrząsów
		X	Y			
1	A1	18270	9066	9.05.2018	do nadal	493
2	A2	17398	9084	9.05.2018	04.10.2018	41
3	A3	17033	10933	05.10.2018	do nadal	239

W okresie od maja 2018 roku do czerwca 2021 na stanowiskach powierzchniowych zarejestrowano łącznie 773 trójskładowych sejsmogramów przyspieszeń i prędkości drgań gruntu wywołanych 502 wstrząsami o energiach sejsmicznych wynoszących od $1x10^4$ J do $1x10^8$ J. Wstrząsy te wystąpiły w zróżnicowanych odległościach od stanowisk pomiarowych, zawierających się w przedziale od 548 m do 3873 m. Zarejestrowane szczytowe amplitudy prędkości zawierały się w przedziale od 0,04 mm/s do 13,75 mm/s. Natomiast wartości szczytowe przyspieszeń drgań gruntu PGA_{10Hz}, w paśmie częstotliwości do 10Hz, zmieniały się od 1 mm/s^2 do 498 mm/s^2.



Rys. 1. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych
Fig.1. Distribution of seismic stations

3. RELACJA TŁUMIENIA Z UWZGLĘDNINIEM AMPLIFIKACJI DRGAŃ

Do analizy danych pomiarowych wykorzystano relację tłumienia, która określa zależność pomiędzy wybranym parametrem drgań takim jak szczytowa amplituda prędkości lub przyspieszenia drgań a czynnikami wpływającymi na ich wielkość: energią sejsmiczną, odległością hipocentralna i współczynnikiem amplifikacji drgań dla poszczególnych stanowisk pomiarowych. Do estymacji parametrów relacji tłumienia wykorzystano metodę regresji wielokrotnej [4] oraz model Joyner'a-Boore'a [7]. W ogólnej postaci model ten wyrażony jest przez związek liniowy:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 logE + \alpha_2 logR + \alpha_3 R + \delta_k S_k + \varepsilon \quad (1)$$

gdzie:

Y – logarytm wartości szczytowej drgań w płaszczyźnie poziomej: PGV_{Hmax} lub PGA_{10Hz},
E – energia wstrząsu,

R – odległość hipocentralna, obliczona według zależności $R = \sqrt{r^2 + h^2}$, gdzie r jest odległością epicentralną a h to średnia głębokość wstrząsów, odpowiadająca poziomowi eksploatacji w badanym rejonie, równa 950 m,
S_k – czynnik określający lokalne warunki geologiczne (k – numer stanowiska, k=1÷3), wartość ta wynosi 0 jeśli nie uwzględnia się na nim amplifikacji lub 1 jeśli estymujemy współczynnik amplifikacji.
α_0, α_1, α_2, α_3, δ_k – estymowane współczynniki relacji tłumienia

Po przeprowadzeniu analizy regresji dokonuje się weryfikacji uzyskanego modelu. Sprawdza się między innymi znaki uzyskanych współczynników oraz ich zgodność z założeniami teoretycznymi, które posłużyły do budowy modelu. Ponieważ relacja tłumienia (1) opisuje zmienność szczytowych amplitud drgań sejsmicznych, współczynnik związany z logarytmem energii powinien być dodatni (amplituda drgań wzrasta ze wzrostem energii sejsmicznej), a współczynniki związane z odległością i jej logarytmem powinny być ujemne (amplituda drgań maleje ze wzrostem odległości). Za pomocą odpowiednich parametrów i testów statystycznych sprawdzana jest istotność uzyskanych współczynników. Do oceny jakości otrzymanych modeli służy analiza wartości resztowych, czyli różnic pomiędzy wartościami empirycznymi a teoretycznymi, wynikającymi z oszacowanej funkcji regresji. Reszty powinny mieć rozkład zgodny z rozkładem Gaussa. Nie jest to jednak zawsze konieczne i w przypadku dużej liczebności zebranych obserwacji wystarczającym jest, aby rozkład wartości resztowych nie odbiegał skrajnie od rozkładu normalnego a weryfikacja normalności rozkładu reszt może sprowadzić się do wizualnej analizy histogramu reszt lub wykresu normalności. Zebrane dane można także poddać testowi statystycznemu na normalność rozkładu. Rozkład reszt może być zaburzony przez tzw. wartości skrajne, związane z błędami pomiarowymi lub błędami przetwarzania. Dla poprawy modelu regresyjnego z danych usuwa się wartości skrajne i ponownie przeprowadza się analizę regresji. W celu poprawy dopasowania modelu do danych pomiarowych można usunąć do 20% obserwacji.
Do analizy regresji danych sejsmometrycznych z obszaru KWK Sośnica wykorzystano model, w którym usunięto w obliczeniach współczynnik α_3, związany z tłumieniem nieelastycznym z uwagi na niemający fizycznego sensu dodatni znak tego parametru obliczony według modelu (1). W związku z powyższym do dalszych obliczeń wykorzystano model opisany równaniem:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 logE + \alpha_2 logR + \delta_k S_k \qquad (2)$$

gdzie przyjęto oznaczenia tak jak we wzorze (1)

4. ANALIZA STATYSTYCZNA RELACJI TŁUMIENIA

Do estymacji współczynników regresyjnych dla relacji tłumienia prędkości PGV_{Hmax} i przyspieszeń PGA_{10Hz} drgań wykorzystano odpowiednio 739 i 730 rejestracji. Współczynniki determinacji wyniosły 0,85 i 0,82, co oznacza, że przyjęte modele tłumienia prędkości i przyspieszeń drgań w 85 % i 82 % wyjaśniają zmienność danych pomiarowych. Estymatory błędów standardowych wynoszą odpowiednio 0,16 i 0,17. Testem Fishera sprawdzono czy obliczone modele regresyjne różnią się istotnie statystycznie od modelu o wartości stałej. Zweryfikowano hipotezę zerową H_0, zakładając że wszystkie współczynniki regresji oprócz składowej stałej są zerem. Wyliczona wartość p dla tego testu zarówno dla prędkości i przyspieszeń drgań wyniosła mniej niż 10^{-4}, co pozwala odrzucić hipotezę zerową.

Wartości p testu Fishera oraz pozostałe parametry statystyczne dla obu relacji przedstawiono w tabeli 2.

Podczas inwersji uogólnionej macierzy układu równań liniowych metodą regresji wielokrotnej współczynników relacji tłumienia (2), uwzględniającej współczynniki δ_k dla wszystkich stanowisk pomiarowych napotkano problem jej złego uwarunkowana. Oznacza to, że wiarygodne określenie wszystkich współczynników relacji tłumienia (2) staje się niemożliwe. Dlatego do dalszych obliczeń regresyjnych przyjęto, że jedno z 3 stanowisk powierzchniowych będzie referencyjne. Dla tego stanowiska wartość współczynnika δ_k wynosi 0, co oznacza, że amplifikacja na tym stanowisku równa się 1. Określono po 3 modele regresyjne dla relacji tłumienia PGV_{Hmax} i PGA_{10Hz}. Do oceny istotności poszczególnych współczynników relacji tłumienia (2) wykorzystano test t-Studenta. Testem tym zweryfikowano hipotezę zerową, że jeden z tych współczynników jest zerem. Na podstawie statystyki Studenta obliczona zostaje wartość p dla każdego parametru relacji tłumienia. Spośród uzyskanych wyników wybrano model dla którego wartości p jego współczynników były mniejsze od 0,001, co oznacza jego współczynniki różnią się istotnie statystycznie od zera. To kryterium spełnione jest jedynie dla relacji tłumienia, w której przyjęto stanowisko A2 jako referencyjne. Wyniki analizy regresji wielokrotnej relacji tłumienia ze stanowiskiem referencyjnym A2 przedstawiono w tabeli 3 i tabeli 4 odpowiednio dla szczytowych prędkości i przyspieszeń drgań.

Tabela 2. Liczebność próby oraz podstawowe parametry statystyczne dla relacji PGV_{Hmax} i PGA_{10Hz}
Table 2. Descriptive statistic of the peak particle velocity and acceleration

	$logPGV_{Hmax}$	$logPGA_{10Hz}$
N (liczebność próby)	739	730
R (współczynnik korelacji wielokrotnej)	0,922	0,907
R^2 (współczynnik determinacji)	0,850	0,823
F (wartość statystyki Fishera)	1038,002	844,698
Wartość p dla testu Fishera	0,0000	0,0000
SEE (standardowy błąd estymaty)	0,164	0,178

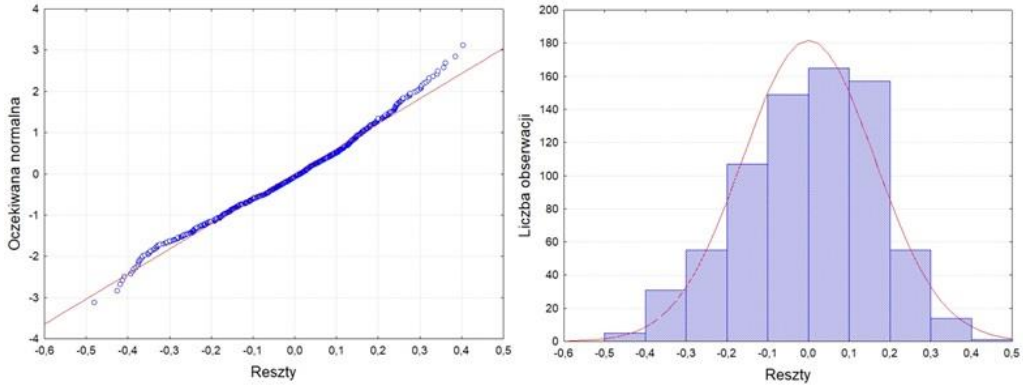
Tabela 3. Wyniki analizy regresji wielokrotnej relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a ze stanowiskiem referencyjnym A2 dla szczytowych prędkości drgań
Table 3. Multiple regression result of Joyner-Boore ground motion prediction equation with A2 reference seismic stations for peak particle velocity

	b (współczynniki równania regresji)	Błąd standardowy obliczonych współczynników b	t (wartość statystyki t-Studenta)	p (poziom istotności dla testu t-Studenta)
α_0	3,11909	0,186532	16,7215	0,000000
$\alpha_1 \log E$	0,54826	0,011480	47,7586	0,000000
$\alpha_2 \log R$	-1,89342	0,051450	-36,8013	0,000000
$\delta_1 A1$	0,23623	0,027518	8,5845	0,000000
$\delta_3 A3$	0,15317	0,028618	5,3521	0,000000

Tabela 4. Wyniki analizy regresji wielokrotnej relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a ze stanowiskiem referencyjnym A2 dla szczytowych przyspieszeń drgań
Table 4. Multiple regression result of Joyner-Boore ground motion prediction equation with A2 reference seismic stations for peak particle acceleration

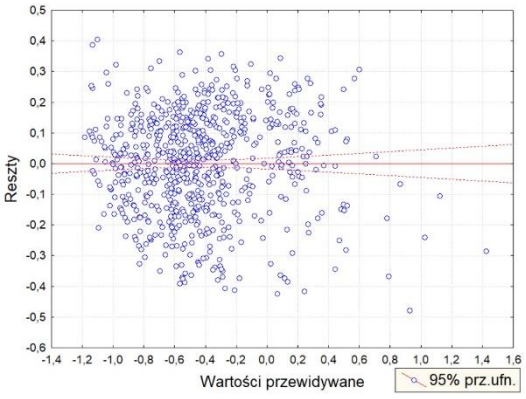
	b (współczynniki równania regresji)	Błąd standardowy obliczonych współ-czynników b	t (wartość statystyki t-Studenta)	p (poziom istotności dla testu t-Studenta)
α_0	4,12213	0,207437	19,8717	0,000000
$\alpha_1 \log E$	0,54867	0,012650	43,3731	0,000000
$\alpha_2 \log R$	-1,77266	0,057174	-31,0046	0,000000
$\delta_1 A1$	0,32927	0,029410	11,1961	0,000000
$\delta_3 A3$	0,23860	0,030722	7,7666	0,000000

Po wykonaniu obliczeń przeprowadzono weryfikację uzyskanych modeli za pomocą analizy wartości resztowych. W pierwszej kolejności sprawdzono, czy reszty posiadają rozkład zgodny z rozkładem Gaussa. W tym celu sporządzono widoczny na rysunku 2 wykres normalności reszt oraz histogram reszt dla prędkości drgań gruntu PGV_{Hmax}. Wizualna ocena rysunku 2 pozwala stwierdzić, że nie jest całkowicie spełniony postulat normalności rozkładu. Jednak biorąc pod uwagę liczebność próby rzędu 770, na podstawie centralnego twierdzenia granicznego i twierdzenia Gaussa-Markowa uzyskano najlepsze nieobciążone estymatory liniowego modelu regresji. Reszty powinny układać się wzdłuż prostej, co oznacza, że posiadają rozkład normalny. Podobnej informacji jak wykres normalności dostarcza histogram reszt (rysunek 2), który nie odpowiada dokładnie rozkładowi normalnemu. Niewielkie odchylenie od normalności, zwłaszcza dla liczebnie dużych prób, nie wpływa znacząco na uzyskane wyniki. Można zatem przyjąć, że założenie o normalności rozkładu reszt jest spełnione.



Rys. 2. Przykładowy wykres normalności reszt (strona lewa) oraz histogram reszt dla prędkości drgań gruntu PGV_{Hmax}
Fig. 2. Example of normal probability plot (left) and histogram of residuals (right) of peak particle velocity values.

Kolejną własnością wartości resztowych, którą należy sprawdzić jest założenie o homoscedastyczności, które oznacza, że wariancja składnika losowego reszt jest taka sama dla wszystkich obserwacji. W tym celu należy stworzyć odpowiedni wykres rozrzutu. Przedstawiony na rysunku zbiór punktów, bez wyraźnej tendencji wzrostu lub spadku wariancji reszt względem wartości przewidywanych wskazuje, że założenie o stałości wariancji składnika losowego jest spełnione. Ostatecznie relacje tłumienia dla wartości szczytowych prędkości i przyspieszenia drgań gruntu ze stanowiskiem referencyjnym A2 i wyznaczonymi względnymi współczynnikami amplifikacji maja postać:



Rys. 3. Przykładowy wykres wartości reszt względem wartości przewidywanych dla prędkości drgań gruntu PGV_{Hmax}.
Fig. 3. Example plot of residuals vs predicted values of peak particle velocity values

$$logPGV_{Hmax} = 3{,}11909 + 0{,}54826 - -1{,}89342logR + \delta_k \quad (3)$$

$$logPGA_{10Hz} = 4{,}12213 + 0{,}54867 - -1{,}77266logR + \delta_k \quad (4)$$

gdzie wartości δ_k podano w tabeli 5

Estymowane wartości współczynnika δ_k oraz obliczona względna amplifikacja wartości szczytowej prędkości i przyspieszenia drgań na stanowiskach powierzchniowych zostały przedstawione w tabeli 5.

Tabela 5. Estymowane względne współczynniki amplifikacji drgań dla poszczególnych stanowisk powierzchniowych przy założeniu stanowiska A2 jako referencyjnego
Table 5. Relative amplification factor values obtained from multiple regression analysis with A2 reference seismic station

Stanowisko pomiarowe	$logPGV_{Hmax}$		$logPGA_{10Hz}$	
	δ_k	Względne współczynniki amplifikacji	δ_k	Względne współczynniki amplifikacji
A1	0,236	1,72	0,329	2,13
A2	0	1	0	1
A3	0,153	1,42	0,238	1,73

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono sposób wyznaczania współczynnika amplifikacji metodą regresji wielokrotnej w oparciu o model relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a. Do analizy wykorzystano zbiór danych sejsmometrycznych w postaci sejsmogramów prędkości i przyspieszeń drgań zarejestrowanych na 3 stanowiskach pomiarowych zlokalizowanych na obszarze górniczym KWK Sośnica. Estymację współczynników amplifikacji drgań na poszczególnych stanowiskach powierzchniowych wykonano metodą regresji wielokrotnej. Obliczono serię 3 modeli relacji tłumienia PGV_{Hmax} i PGA_{10Hz}, przyjmując za każdym razem inne stanowisko referencyjne o współczynniku amplifikacji równym 1. Do weryfikacji statystycznej wszystkich współczynników 3 modeli relacji tłumienia dla wartości szczytowych prędkości i 3 modeli relacji tłumienia dla wartości szczytowych przyspieszenia drgań gruntu wykorzystano test t-Studenta. Analiza ta pozwoliła na wybranie jednego modelu dla prędkości drgań i jednego modelu dla przyspieszeń drgań, dla których wyznaczone współczynniki amplifikacji były istotne statystycznie na poziomie istotności $p<0,001$. Istotnie statystyczny model uzyskano przyjmując stanowisko A2 jako referencyjne. W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano względne wartości współczynników amplifikacji drgań na poszczególnych stanowiskach powierzchniowych. Na stanowisku A1 uzyskano współczynnik amplifikacji równy 1,72 na podstawie relacji tłumienia prędkości oraz 2,13 na podstawie relacji tłumienia przyspieszeń drgań. Natomiast na stanowisku A3 amplifikacja wynosi 1,42 w oparciu o model PGV_{Hmax} oraz 1,73 w oparciu o model PGA_{10Hz}.
Zmienność uzyskanych współczynników wskazuje na różnorodność budowy geologicznej na badanym obszarze. Względne współczynniki amplifikacji drgań mogą zostać przeliczone na wartości bezwzględne, pod warunkiem poprawnego wyznaczenia amplifikacji na stanowisku referencyjnym.

LITERATURA

[1] Ambraseys N. N i in. 2005: Equations for the estimation of strong ground motion from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East: Horizontal peak ground accelerations and spectra acceleration. Bulletin of earthquake Engineering, (1), pp. 1-53.

[2] Boore D. M., Joyner W. B. 1982: The empirical prediction of ground motion. Bulletin of Seismological Society of America, 72, pp. 43-60.

[3] Campbell K. W. 1981: Near-source attenuation of peak horizontal acceleration. Bulletin of Seismological Society of America, pp. 2039-2070.

[4] Draper N. R., Smith H. 1973: Analiza regresji stosowana, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

[5] Dubiński J., Mutke G. 2001: Ocena oddziaływania wstrząsów górniczych na powierzchnię, „Badania geofizyczne w kopalniach". Praca zbiorowa pod red. J. Dubińskiego, Z. Pileckiego i W.M. Zuberka. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków.

[6] Frej A., Zuberek W. M. 2008: Local effects in peak accelerations caused by mining tremors in Bytom Syncline Region (Upper Silesia). Acta Geodynamica et Geomaterialia, pp. 115-122.

[7] Joyner W. B., Boore D. M. 1981: Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 71, No 6, pp. 2011-2038.

[8] Lasocki S. i in. 2000: Prognozowanie drgań powierzchni wywołanych wstrząsami górniczymi-przegląd krytyczny. Warsztaty 2000 nt Zagrożenia naturalne w górnictwie, str. 261-279.

[9] Lasocki S., Olszewska D. 2017: Ground motion prediction equations for mining induced seismicity in Legnica Glogow Cooper District in Poland. 16th World Conference of Earthquake, Santiago Chile, pp. 1-13.

[10] Lurka A., Logiewa H. 2007: Sejsmologiczny system obserwacji SOS jako nowe narzędzie do obserwacji i interpretacji danych sejsmicznych w górnictwie zagrożonym tąpaniami, Katowice, GIG, str. 283-296.
[11] Ampuła D. 2015: Wartości resztowe w procesie regresji, z.133, nr 1, str 81-102.



POLSKA GRUPA GÓRNICZA

Estymacja parametrów relacji tłumienia z uwzględnieniem amplifikacji dla wybranego rejonu GZW

Michał Gierlotka

Kraków, 27-29.09.2021r.

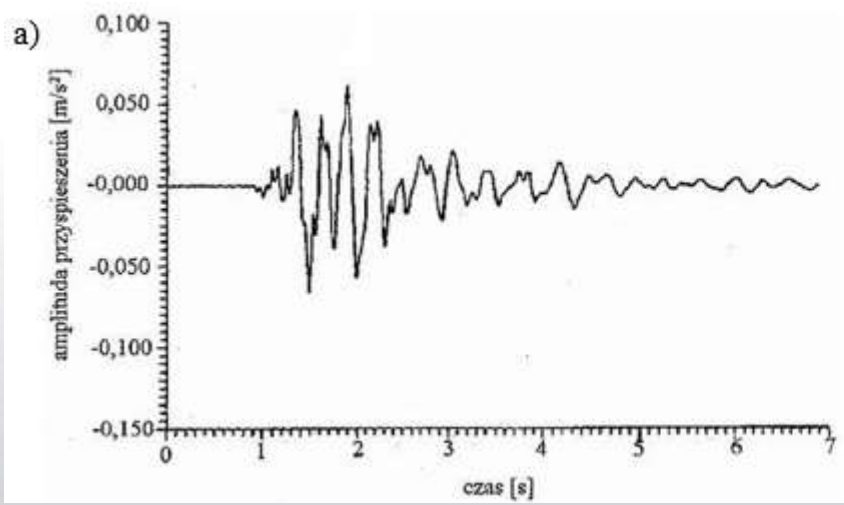
Wstęp

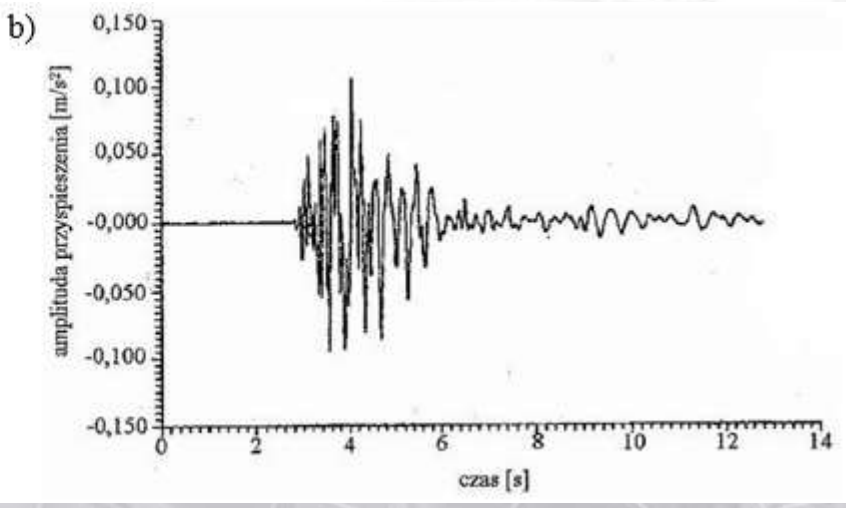
- Drgania wywołane poprzez trzęsienia ziemi oraz sejsmiczność indukowaną działalnością górniczą mogą negatywnie oddziaływać na środowisko powierzchniowe. Skutkiem tego znajdujące się na powierzchni ziemi budynki i obiekty budowlane mogą ulec uszkodzeniu. W miejscach występowania wstrząsów górotworu prowadzony jest monitoring sejsmiczny za pomocą specjalistycznej aparatury, rejestrującej przyspieszenia i prędkości drgań gruntu.
- Na obszarze górniczym KWK Sośnica prowadzona jest rejestracja drgań gruntu pochodzących od wstrząsów indukowanych działalnością górniczą.
- Na podstawie otrzymanych danych podjęto próbę wyznaczenia parametrów relacji tłumienia drgań sejsmicznych z uwzględnieniem amplifikacji tych drgań przez przypowierzchniowe warstwy geologiczne.

Amplifikacja drgań

Jest to efekt zwiększania wartości amplitud drgań rejestrowanych na powierzchni terenu zależny od parametrów warstw przypowierzchniowych takich jak gęstość, miąższość oraz prędkość propagacji fal sejsmicznych

Akcelerogramy wstrząsu o energii 2.E+06 zarejestrowane na: a – podłożu triasowym, b – podłożu czwartorzędowym („Poradnik Geofizyka Górniczego", tom II, str. 169)



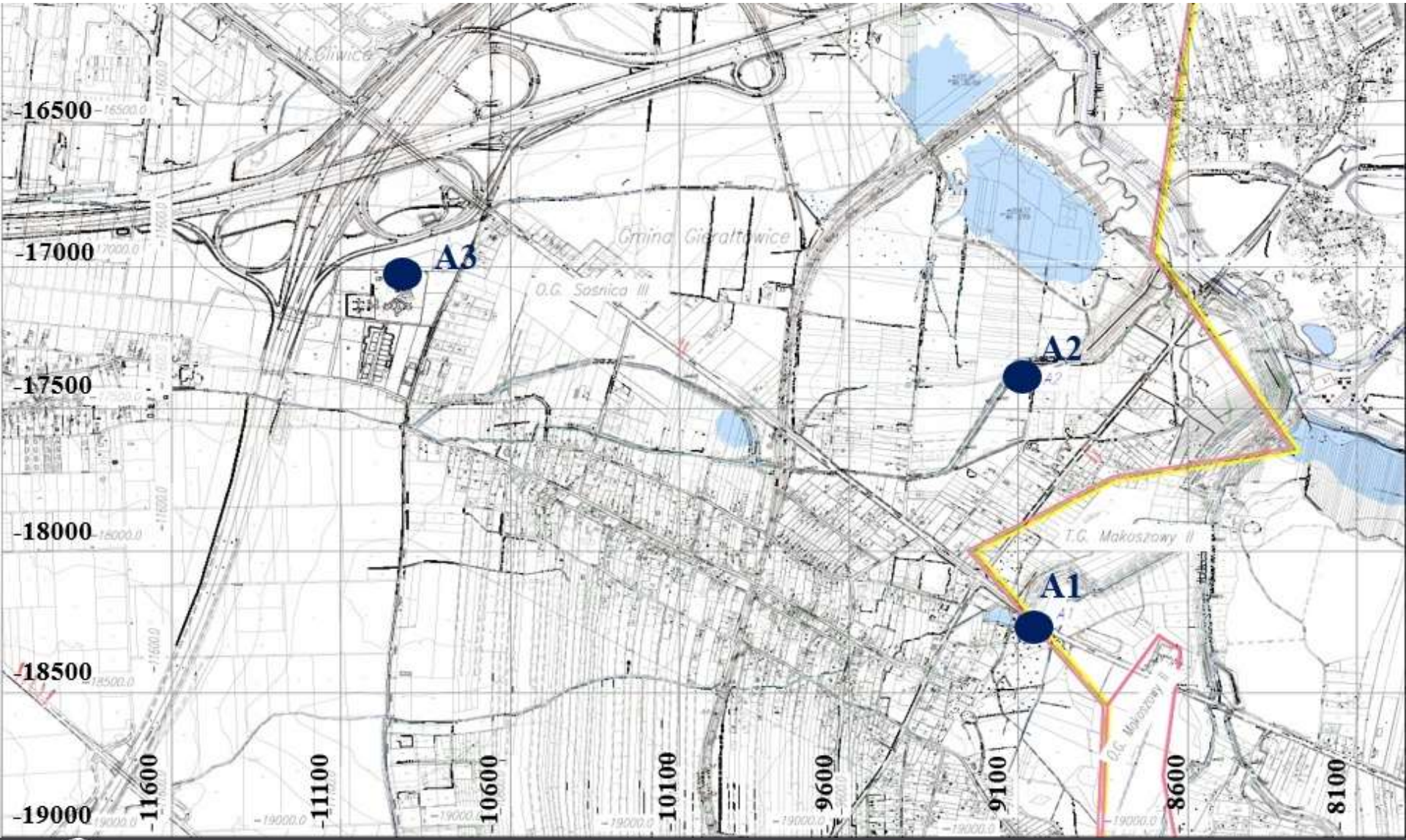


Charakterystyka poligonu badawczego

Badany obszar usytuowany jest w północno-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W budowie geologicznej biorą udział utwory: czwartorzędowe i trzeciorzędowe (neogeńskie) stanowiące nadkład oraz utwory serii złożowej karbonu: warstwy orzeskie, rudzkie, siodłowe i brzeżne.

Stratygrafia		**Grubość osadów [m]**	**Litologia**
Okres	**Epoka (wiek)**		
czwartorzęd	holocen	0 – 92 m	mułki, piaski, miejscami gliny
	plejstocen		gliny morenowe, piaski i soczewki iłów
neogen	miocen	0 – 401,5 m	iły z wkładkami piasków, iłowców, gipsów krystalicznych, wapieni
trias	wapień muszlowy	9,2 – 140,2 m	wapienie, dolomity
	pstry piaskowiec		pstre iły, drobnoziarniste piaski

Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych



Dane sejsmometryczne

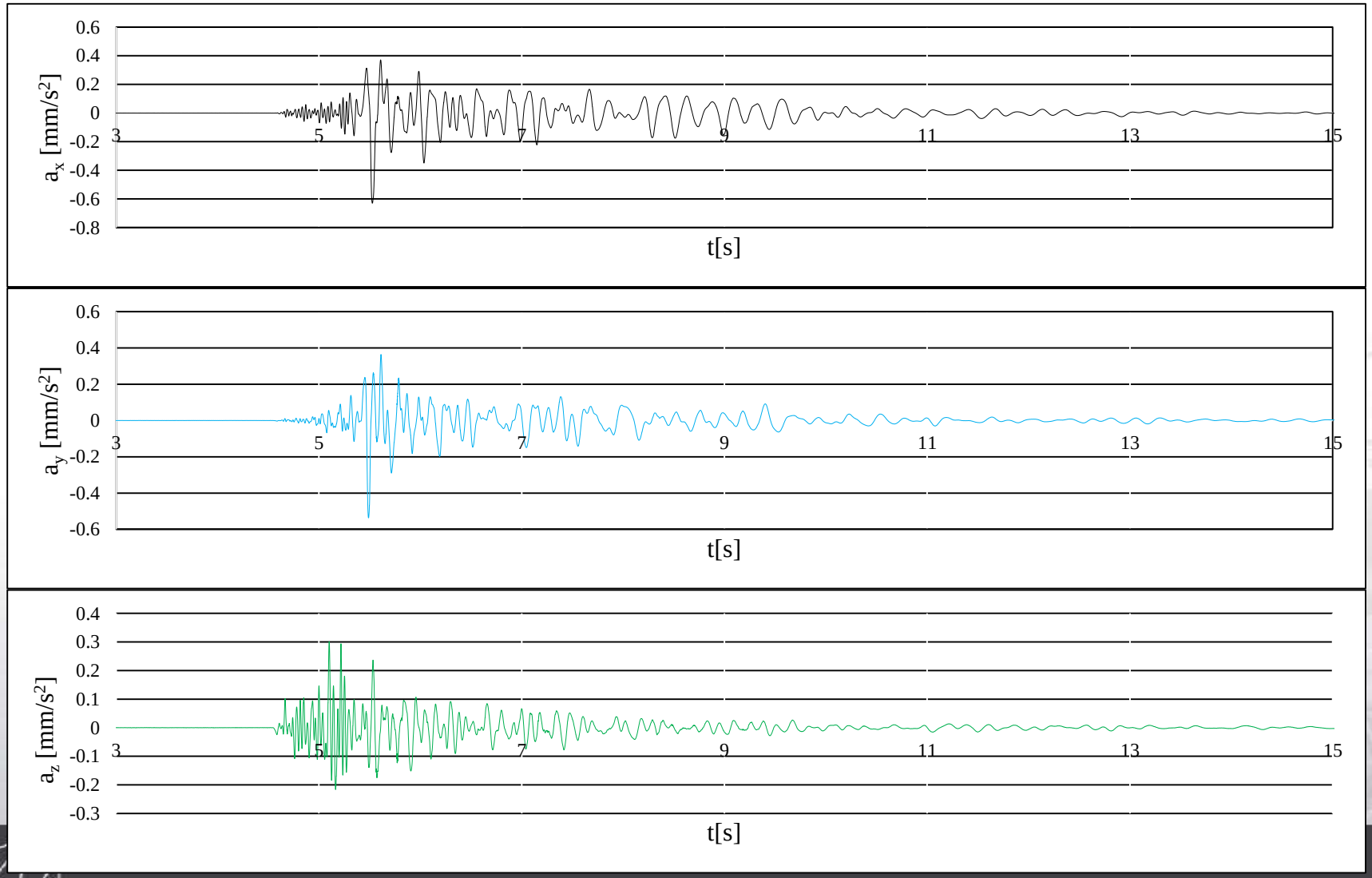
Baza danych zawiera 773 rejestracji przyspieszeń i prędkości drgań gruntu zanotowanych na 3 stanowiskach pomiarowych SeisNET pochodzących od wstrząsów indukowanych działalnością górniczą z okresu od maja 2018 roku do czerwca 2021 roku.

Podstawowe informacje o stanowiskach sejsmometrycznych wraz z liczbą danych poddanych analizie

Lp.	Nazwa	Współrzędne w układzie Sucha Góra		Rozpoczęcie obserwacji	Obserwacja do	Liczba rejestracji
		X	Y			
1	A1	18270	9066	9.05.2018	do nadal	492
2	A2	17398	9084	9.05.2018	04.10.2018	41
3	A3	17033	10933	05.10.2018	do nadal	238

Przykładowy zapis wstrząsu

Akcelerogram wstrząsu o energii 5.E+07 z dnia 18.10.2020r zarejestrowany na stanowisku pomiarowym A1.



Model relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 \log E + \alpha_2 \log R + \alpha_3 R + \delta_k S_k$$

gdzie:

- Y – logarytm wypadkowej poziomej drgań PGA lub PGV
- E – energia wstrząsu
- R – odległość hipocentralna, obliczona wg zależności $R = \sqrt{r^2 + h^2}$
- r – odległość epicentralna
- h – średnia głębokość wstrząsów
- S_k – czynnik określające lokalne warunki geologiczne o wartości 1 lub 0 (k-nr stanowiska, k=1,..,3)
- α_0, α_1, α_2, α_3, δ_k – estymowane współczynniki relacji tłumienia

Wyniki testu Fischera oraz parametrów weryfikujących istotność uzyskanych modeli

	$\log PGV_{Hmax}$	$\log PGA_{10Hz}$
N (liczebność próby)	739	730
R (współczynnik korelacji wielokrotnej)	0,922	0,907
R^2 (współczynnik determinacji)	0,850	0,823
F (wartość statystyki Fishera)	1038,002	844,698
wartość p (dla testu Fishera)	0,0000	0,0000
SEE (standardowy błąd estymaty)	0,164	0,178

Wyniki analizy regresji wielokrotnej relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a ze stanowiskiem referencyjnym A2 dla szczytowych prędkości drgań

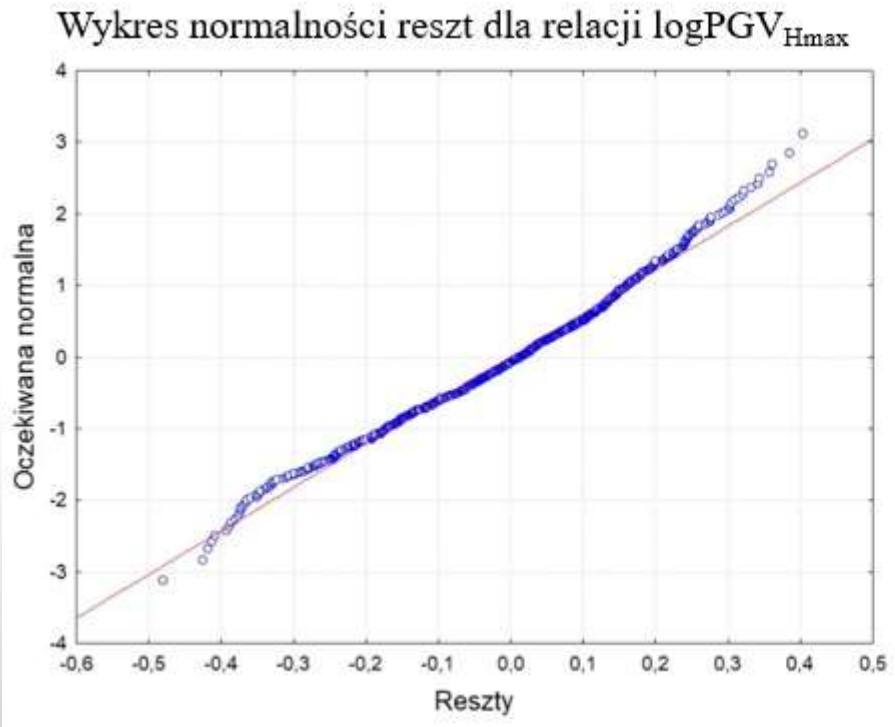
	b (współczynniki równania regresji)	Błąd standardowy obliczonych współczynników b	t (wartość statystyki t-Studenta)	p (poziom istotności dla testu t-Studenta)
α_0	3,11909	0,186532	16,7215	0,000000
$\alpha_1 \log E$	0,54826	0,011480	47,7586	0,000000
$\alpha_2 \log R$	-1,89342	0,051450	-36,8013	0,000000
$\delta_1 A1$	0,23623	0,027518	8,5845	0,000000
$\delta_3 A3$	0,15317	0,028618	5,3521	0,000000

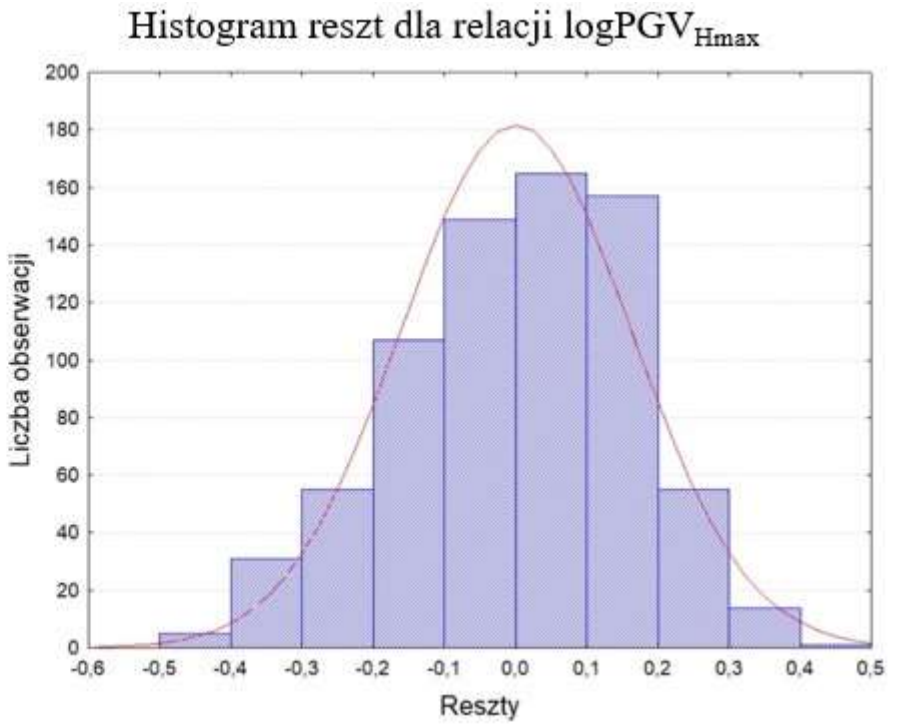
Wyniki analizy regresji wielokrotnej relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a ze stanowiskiem referencyjnym A2 dla szczytowych przyspieszeń drgań

	b (współczynniki równania regresji)	Błąd standardowy obliczonych współczynników b	t (wartość statystyki t-Studenta)	p (poziom istotności dla testu t-Studenta)
α_0	4,12213	0,207437	19,8717	0,000000
$\alpha_1 \log E$	0,54867	0,012650	43,3731	0,000000
$\alpha_2 \log R$	-1,77266	0,057174	-31,0046	0,000000
$\delta_1 A1$	0,32927	0,029410	11,1961	0,000000
$\delta_3 A3$	0,23860	0,030722	7,7666	0,000000

Weryfikacja uzyskanych modeli na podstawie analizy reszt

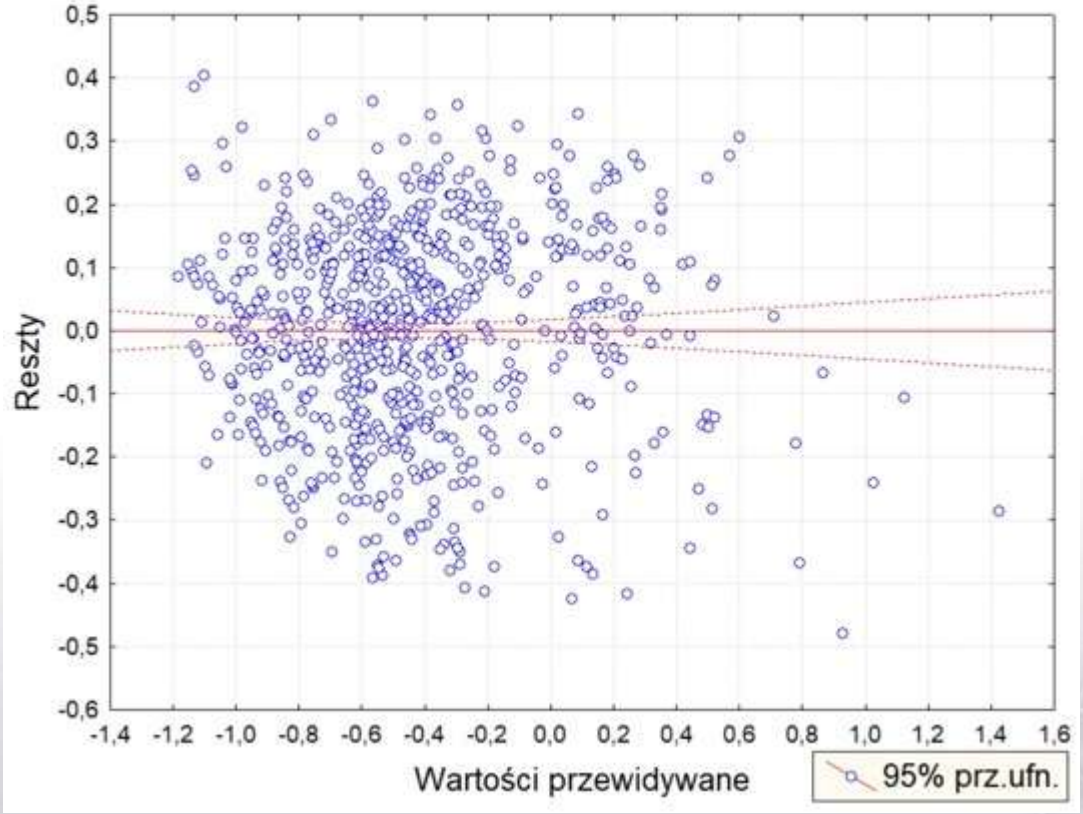
Reszty – różnice pomiędzy wartościami empirycznymi a teoretycznymi, wynikającymi z oszacowanej funkcji regresji.





Weryfikacja uzyskanych modeli na podstawie analizy reszt

Wykres rozrzutu reszt względem wartości przewidywanych dla relacji $\log PGV_{Hmax}$



Relacje tłumienia dla szczytowych amplitud prędkości i przyspieszenia drgań ze stanowiskiem referencyjnym A2

$$\log PGV_{Hmax} = 3{,}11909 + 0{,}54826\log E - 1{,}89342\log R + \delta_k$$

$$\log PGA_{10Hz} = 4{,}12213 + 0{,}54867\log E - 1{,}77266\log R + \delta_k$$

Lp.	Stanowisko pomiarowe	$\log PGV_{Hmax}$		$\log PGA_{10Hz}$	
		Współczynnik δ_k	Względne współczynniki amplifikacji 10^{δ}	Współczynnik δ_k	Względne współczynniki amplifikacji 10^{δ}
1	A1	0,236	1,72	0,329	2,13
2	A2	0	1	0	1
3	A3	0,153	1,42	0,238	1,73

Podsumowanie i Wnioski

- Wyznaczono względne współczynniki amplifikacji dla wartości szczytowych przyspieszenia i prędkości drgań gruntu w oparciu o relację tłumienia Joyner'a-Boore'a i model regresji wielokrotnej
- Obliczono serię 3 modeli regresji wielokrotnej dla relacji tłumienia Joyner'a-Boore'a zakładając za każdym razem stanowisko referencyjne o współczynniku amplifikacji 1
- Spośród 3 analizowanych modeli regresyjnych oddzielnie dla wartości szczytowych przyspieszenia i prędkości drgań gruntu tylko jeden model pozwolił na wyznaczenie wszystkich współczynników amplifikacji testem t-Studenta z poziomem istotności $p<0.001$
- Istotnie statystyczny model regresyjny uzyskano dla relacji PGA_{10Hz} i PGV_{Hmax} przyjmując stanowisko A2 jako bazowe
- W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano wartości względnych współczynników amplifikacji, które mogą być wykorzystane podczas dalszej analizy amplifikacji drgań
- Zmienność współczynników amplifikacji wskazuje na różnorodność budowy geologicznej badanego obszaru

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Badania nad metodami zwalczania naturalnych zagrożeń współwystępujących w wybranej kopalni rud miedzi

Maciej Gniewosz
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Szkoła Doktorska
KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG Polkowice-Sieroszowice

Przemysław Zgrzebski
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Szkoła Doktorska
KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Polkowice-Sieroszowice
ORCID 0000-0001-9283-5950

STRESZCZENIE: Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji złóż rudy miedzi w Polsce, wzrasta równocześnie intensywność zagrożeń naturalnych. Pojawia się także nowe zjawisko, wynikające z szerszego spektrum wzajemnych zależności współwystępujących zagrożeń. W pracy poddano analizie działania profilaktyczne dla wybranych rodzajów zagrożeń naturalnych występujących w kopalni O/ZG Polkowice-Sieroszowice. Głównym zagadnieniem jest badanie zjawiska kolizyjności tych działań. Według autorów kolizyjność profilaktyk stosowanych dla minimalizowania niekorzystnego wpływu jednego z zagrożeń naturalnych, należy rozumieć jako niepożądany, negatywny wpływ intensyfikujący skutki innego, lub innych zagrożeń współistniejących. Takie sformułowanie problemu pozwala na kompleksowe podejście do zwalczania równocześnie kilku różnych zagrożeń. Szczególnie w przypadku tych z nich, którym nie przypisuje się wzajemnych korelacji.

ABSTRACT: As the depth of exploitation of copper ore deposits in Poland increases, the intensity of natural hazards also increases. A new phenomenon is also emerging, resulting from a wider spectrum of mutual dependencies of co-occurring hazards (threats).
The paper analyses preventive measures for selected types of natural hazards occurring in the Polkowice-Sieroszowice mine. The main issue is to study the collision phenomenon of these activities. According to the authors, the collision of preventive measures used to minimize the adverse impact of one of the natural hazards should be understood as undesirable, negative impact intensifying the effects of another or other coexisting hazards (threats). This formulation of the problem allows for a comprehensive approach to reducing several different hazards (threats) at the same time. Especially in the case of those of them who are not assigned mutual correlation.

SŁOWA KLUCZOWE: Zagrożenia współwystępujące, profilaktyka zagrożeń, koincydencja profilaktyk

KEYWORDS: Co-occurring hazards, prevention of hazards, coincidence of practices

1. WPROWADZENIE

Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji złóż rudy miedzi w Polsce, wzrasta równocześnie intensywność występujących w kopalniach zagrożeń naturalnych. Pojawia się także nowe zjawisko, wynikające z szerszego spektrum wzajemnych zależności współwystępujących zagrożeń. Zagrożenia naturalne występujące w kopalniach, zależą od wielu cech środowiska górniczego. Skutki danego zagrożenia oraz stosowanych do jego zwalczania metod profilaktycznych, poprzez kształtowanie wspomnianych cech środowiska, mogą wpływać na inne zagrożenia. Korzystne efekty stosowania jednej z metod profilaktycznych dla ograniczenia wybranego zagrożenia, nie muszą być takimi dla innych zagrożeń współwystępujących. Występowanie kolizyjności profilaktyk wynika z ich charakterystyk oddziaływania na pewne cechy środowiska pracy, zmienianych stosowaną profilaktyką. W pracy skupiono się na dwóch grupach zagrożeń: aerologicznych i geomechanicznych.

2. CHARAKTERYSTYKA ZAGROŻEŃ NATURALNYCH WYSTĘPUJĄCYCH W KOPALNI POLKOWICE-SIEROSZOWICE

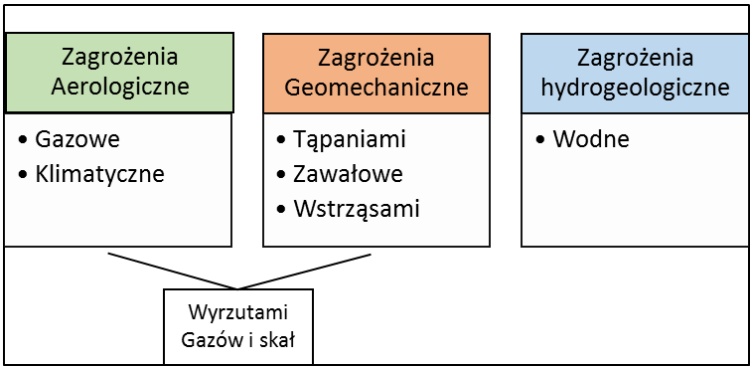
2.1. *Rodzaje i podziały zagrożeń naturalnych o największym wpływie na proces eksploatacji.*

W kopalni Polkowice-Sieroszowice występuje szereg zagrożeń naturalnych których rodzaje, stosowana profilaktyka szczegółowo opisane zostały w (1), poniżej przedstawiono listę tych zagrożeń które zgodnie z dokumentacją techniczną oddziału ZG Polkowice-Sieroszowice oraz wykonanymi ekspertyzami (2), (3) wykazują największy wpływ na warunki prowadzonej eksploatacji:

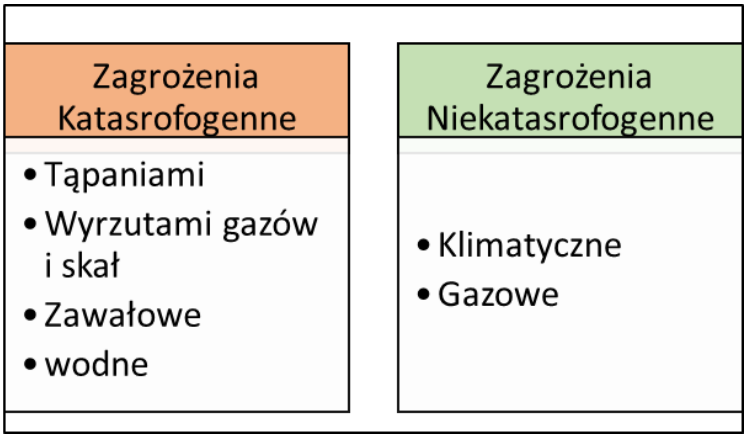
- Zagrożenie Tąpaniami
- Zagrożenie Klimatyczne
- Zagrożenie Wodne
- Zagrożenie Gazowe
- Zagrożenie Zawałowe
- Zagrożenie Wyrzutami Gazów i Skał

Zagrożenia naturalne możemy przedstawiać w różnych klasyfikacjach, w zależności od przyjmowanych kryteriów. Jeden z podstawowych podziałów stosowanych został przedstawiony na [Rysunek 1]. Jest to podział oparty na genezie powstawania zagrożeń. Przedstawiono w nim trzy grupy zagrożeń, aerologiczne związane z atmosferą kopalnianą, geomechaniczne związane z ruchami górotworu, hydrogeologiczne związane z warunkami wodnymi.

Szczególnym przypadkiem jest zagrożenie wyrzutami gazów i skał, którego geneza obejmuje zarówno aspekty zagrożenia aeorologicznego jak i geomechanicznego (4). Jest to bardzo istotne ze względu na odpowiedni dobór profilaktyki tego zagrożenia, która swoim zakresem musi obejmować działania dwutorowe.



Rysunek 1. Podstawowy podział zagrożeń naturalnych
źródło: Opracowanie własne



Rysunek 2. Podział zagrożeń ze względu na skutki
źródło: Opracowanie własne

Ze względu na skutki dla bezpieczeństwa pracowników i prowadzenia ruchu zakładu górniczego, występujące zagrożenia możemy klasyfikować jako katastrofogenne, oraz niekatastrofogenne (5)[Rysunek 2]. Głównymi kryteriami tego podziału są trzy elementy:

- Skutki zaistnienia (bezpieczeństwo załogi, mienia)
- Możliwość przewidzenia zaistnienia (w tym również czasu)
- Techniczne możliwości ograniczania

Zastosowanie tej klasyfikacji w praktyce wymaga indywidualnej analizy warunków lokalnych, ze względu na nieostre granice w ramach każdego z podziałowych kryteriów. W zależności od indywidualnej sytuacji, np. geologicznej i górniczej może zmieniać się klasyfikacja zagrożenia.

2.2. *Czynniki geologiczne i górnicze wpływające na kształtowanie się stany zagrożeń naturalnych w kopalni Polkowice-Sieroszowice.*

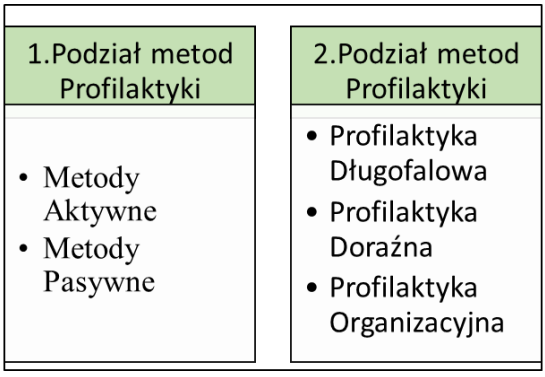
Wraz ze wzrostem głębokości, na której prowadzona jest eksploatacja, wzrasta negatywny oddziaływanie czynników górniczo-geologicznych na intensyfikację występowania poszczególnych zagrożeń naturalnych. Zresztą zmianie podlega nie tylko intensywność, ale również liczba czynników wpływających na kształtowanie się poziomu górniczych zagrożeń naturalnych. Wpływ mają zarówno czynniki geologiczne, techniczne, technologiczne oraz organizacyjne. Zbiór elementów oddziaływających na stan zagrożeń naturalnych powiększa się wraz z głębokością eksploatacji. Tematyka ta była podejmowana w pracach naukowych (6) , (7), (4). Ponadto, realizując wymagania wynikające z przepisów branżowych oraz względów bezpieczeństwa załóg górniczych i prowadzenia ruchu, na potrzeby kopalni przez instytuty badawcze opracowywane są prognozy zagrożeń (2), (3). Wytypowano podstawowe, powtarzające się czynniki, które w opinii autorów mają istotny wpływ na skalę zagrożeń jak również na dobór profilaktyki. Zgrupowano je w formie poniższej listy:

- głębokość prowadzonej eksploatacji;
- temperatura pierwotna skał;
- występowanie stref o podwyższonej porowatości;
- występowanie gazu pod ciśnieniem;
- zaburzenia w zaleganiu złoża;
- lokalne spadki wytrzymałości mechanicznej skał;
- kierunek prowadzonej eksploatacji;
- pierwotny stan naprężeń.

Wielkość wpływu poszczególnych czynników jest zależna przede wszystkim od tego jaki rodzaj zagrożenia analizujemy oraz od lokalnych uwarunkowań geologiczno-górniczych.

3. PROFILAKTYKA ZAGROŻEŃ NATURALNYCH

3.1. *Podstawowy podział metod profilaktyki zagrożeń*



Rysunek 3 Podstawowe podziały stosowanej profilaktyki
źródło: Opracowanie własne

Na [Rysunek 3] przedstawiono podstawowe podziały wykorzystywane nie tylko w górnictwie rud miedzi ale również w górnictwie węglowym. Pierwszy podział, przedstawiony po prawej stronie rysunku, klasyfikuje metody stosowanej profilaktyki według sposobu działania na konkretne zagrożenie. Stosowane metody aktywne będą ukierunkowane na ograniczenie poszczególnych czynników warunkujących wystąpienie zagrożenia np. grupowe strzelanie przodków wpłynie pozytywnie na odprężenie pokładu (8). Metody pasywne zaś nie starają się eliminować żadnych czynników przyczynowych, a ich głównym zadaniem jest ograniczanie skutków wystąpienia zagrożenia.

Drugi podział, przedstawiony po lewej stronie rysunku, mówi nam natomiast o czasie zastosowania danej profilaktyki. W przypadku profilaktyki długofalowej jej dobór ma miejsce już na etapie projektowania eksploatacji i zgodnie z wcześniejszym podziałem może on zawierać zarówno metody pasywne jak i aktywne. Stosowanie profilaktyki doraźnej ma zaś za zadanie uzupełnienie profilaktyki długofalowej w momencie kiedy ze względu na wystąpienie nieprzewidzianych okoliczności np. (zmiana warunków górniczo-geologicznych) trzeba zastosować dodatkowe działania ”ad hoc”.

3.2. *Rodzaje stosowanej profilaktyki w poszczególnych zagrożeniach*

Na poniższej ilustracji [Rysunek 4] autorzy przedstawili główne metody profilaktyczne stosowane w kopalni Polkowice-Sieroszowice (2), (3), (8),. Zaznaczyć należy iż jest to niewielki zakres stosowanych rodzajów profilaktyki, jednakże jest to zabieg celowy. Pominięto działania organizacyjne, działania o charakterze rozpoznawczym, ostrzegawczym - sygnalizacyjnym. Skupiono się jedynie na tych elementach, które w opinii autorów przejawiają, bądź będą przejawiać największy wpływ, oddziaływanie na inne zagrożenia. Analizie poddano wymienione na rysunku rodzaje stosowanej profilaktyki. Zauważono, że w kilku miejscach zaistniało zjawisko tak zwanej kolizji pomiędzy poszczególnymi rodzajami profilaktyk. Przykładowo: podczas gdy skutecznie będziemy przeciwdziałać zagrożeniu tąpaniami, możemy jednocześnie, w sposób niezamierzony, wpływać na wzrost zagrożenia klimatycznego. Innym przykładem będzie sytuacja, w której podejmując działania, uznane za priorytetowe, mające na celu ograniczenie zagrożenia gazowego, możemy w negatywny sposób wpłynąć na wzrost zagrożenia zawałowego.



Rysunek 4 wybrane metody profilaktyki danych zagrożeń
źródło: Opracowanie własne

4. ZAGROŻENIA WSPÓŁWYSTĘPUJACE W POLSKICH KOPALNIACH RUD MIEDZI

Przez zagrożenia skojarzone rozumie się te zagrożenia naturalne, które współwystępując wzajemnie wpływają na inicjację, intensywność oraz przejawy swojego występowania (9). Poniżej przedstawiono podstawowe charakterystyki oddziaływań, najczęściej występującymi rodzajami wzajemnych związków przyczynowo- skutkowych są:

- **powodowanie ujawnienia się innego zagrożenia**, dotychczas nieistniejącego lub istniejącego w formie utajonej (np. pozostawienie filarów i resztek w celu profilaktyki gazowej lub wodnej, powoduje wzrost zagr. tąpaniami)
- **powodowanie zmian intensywności występowania innego zagrożenia** (np. nagłe wzrosty stężeń gazu w wyniku niektórych wstrząsów sejsmicznych lub po tąpnięciach),
- **inicjowanie katastroficznych form występowania innego zagrożenia**,
- **ograniczenie efektywności stosowanej prewencji innego zagrożenia**.

W warunkach prowadzenia eksploatacji rudy miedzi ciężko jest określić oddziaływania bezpośrednie, tak jak zostało to opisane przez (10) np. tąpnięcie -> wypływ metanu-> wybuch metanu-> wybuch pyłu węglowego-> pożar egzogeniczny. Jest to wzorcowy przykład oddziaływań związków przyczynowo skutkowych, z jednoczesnym ujawnieniem się zagrożenia, zmiana intensywności występowania oraz inicjowaniem katastroficznych form występowania.

W kopalniach rud miedzi nie mamy do czynienia z oczywistymi zależnościami. Występuje natomiast rodzaj oddziaływania pośredniego kiedy technologia prowadzenia robót lub zwalczanie jednego zagrożenia powoduje większą intensywność występowania innych zagrożeń (11) Tąpnięcie bowiem nie będzie miało wpływu na spotęgowanie zagrożenia klimatycznego, Wypływ gazu nie wpłynie zagrożenie wodne, klimatyczne, tąpaniami, czy zawałowe. Oczywiści należy mieć świadomości, że zaistnieją nieliczne sytuacje kiedy odnotujemy niewielkie koincydencje. Nie powinny mieć one natomiast wpływu na katastroficzny w skutkach wzrost poszczególnych zagrożeń.

Niestety charakterystyka i warunki występowania poszczególnych zagrożeń w kopalniach rud miedzi powodują, że profilaktyka stosowana w celu ich ograniczania wykazuje wysoki stopień kolizyjności w odniesieniu do poszczególnych zagrożeń. Według autorów kolizyjność profilaktyk stosowanych dla minimalizowania niekorzystnego wpływu jednego z zagrożeń naturalnych, należy rozumieć jako niepożądany, negatywny wpływ intensyfikujący skutki innego, lub innych zagrożeń współistniejących. Takie sformułowanie problemu pozwala na kompleksowe podejście do zwalczania równocześnie kilku różnych zagrożeń. Szczególnie w przypadku tych z nich, którym nie przypisuje się wzajemnych korelacji.

5. KOLIZYJNOŚĆ PROFILAKTYK

5.1. *Warunki wystąpienia kolizyjności*

Każde z zagrożeń naturalnych występujących w kopalniach, zależy od wielu cech środowiska górniczego. Skutki występowania danego zagrożenia oraz stosowanych do jego zwalczania metod profilaktycznych, poprzez kształtowanie wspomnianych cech środowiska, będą wpływać na inne zagrożenia. W związku z powyższym korzystne efekty korzystania z jednej metody, właściwej dla konkretnego zagrożenia, nie muszą być takimi dla zagrożeń współwystępujących. Może się wtedy zdarzyć, że skutki te, pozytywnie wpływając na stan danego zagrożenia, powodują pojawienie się innego zagrożenia, lub zwiększają intensywność występowania innych zagrożeń lub/i ograniczają możliwości skutecznego stosowanych, innych metod profilaktycznych. Występowanie konfliktów profilaktyk wynika z ich charakterystyk oddziaływania na poszczególne cechy środowiska pracy. Stosując profilaktykę w celu odgraniczenia wpływu jednego zagrożenia naturalnego, zmieniamy własności środowiska pracy, co może skutkować koniecznością zastosowania innych profilaktyk, dla innych minimalizowania innych rodzajów zagrożeń.

Aby zrozumieć na czy polega kolizyjność metod profilaktyki zagrożeń trzeba zrozumieć podstawowe warunki: skąd wywodzą się poszczególne metody, co mają na celu. Dlatego należy postawić dwa pytania:

- Dlaczego? ► Czyli określić warunki tego zjawiska
- Jak? ► Czyli określić sposób eliminacji, lub mitygacji zagrożenia

Kiedy potrafimy określić warunki danego zjawiska projektujemy profilaktykę mająca na celu wpływ na te warunki. Dlatego też problemem w kolizyjności nie jest rodzaj żadnej stosowanej profilaktyki samej w sobie a warunki występowania danego zagrożenia na które nie mamy wpływu. Nie zmienimy mechanizmu powstawania tąpnięć albo warunków geomechanicznych zainicjowania wyrzutu gazu i skał. W związku z czym priorytetem będą badania pomagające dokładnie określić granicę akceptowalnego stanu zagrożeń. To pozwoli na prowadzenie eksploatacji mimo występujących kolizji stosowanych profilaktyk. Z tej

perspektywy opracowywanie nowych metod profilaktycznych to oddziaływanie ciągle na te same uwarunkowania, bez odnośników do stosowanych profilaktyk dedykowanych innym rodzajom zagrożeń. Działanie takie, samo w sobie pożądane, ale w hierarchii potrzeb kompleksowego podejścia do zwalczania zagrożeń chyba jednak ma mniejsze znaczenie. Zjawiskiem niepożądanym z punktu widzenia bezpieczeństwa załóg dołowych i ruchu zakładu górniczego, będzie przeprojektowanie profilaktyki odnoszącej się do jednego zagrożenia, o potencjalnie większych skutkach katastrofogennych, kosztem wzrostu zagrożenia tam, gdzie te możliwe skutki będą oceniane jako mniej dotkliwe. Konsekwencją takiego podejścia, w pewnym wystarczająco długim czasie będzie sytuacja, w której co prawda znacząco obniżymy zagrożenie tąpaniami, niestety nie będziemy mogli prowadzić eksploatacji, w tych rejonach ze względu na zagrożenie klimatyczne i wystąpienie zbyt wysokiej temperatury zastępczej mikroklimatu.

5.2. *Schemat odziaływania profilaktyk*

Stanisław Krzemień i Stanisław Kowalika, podjęli próbę budowy matematycznego modelu identyfikacji zjawisk zagrożeń skojarzonych (Rysunek 6). Model ten wymaga określenia wzajemnego oddziaływania zagrożeń naturalnych (12).

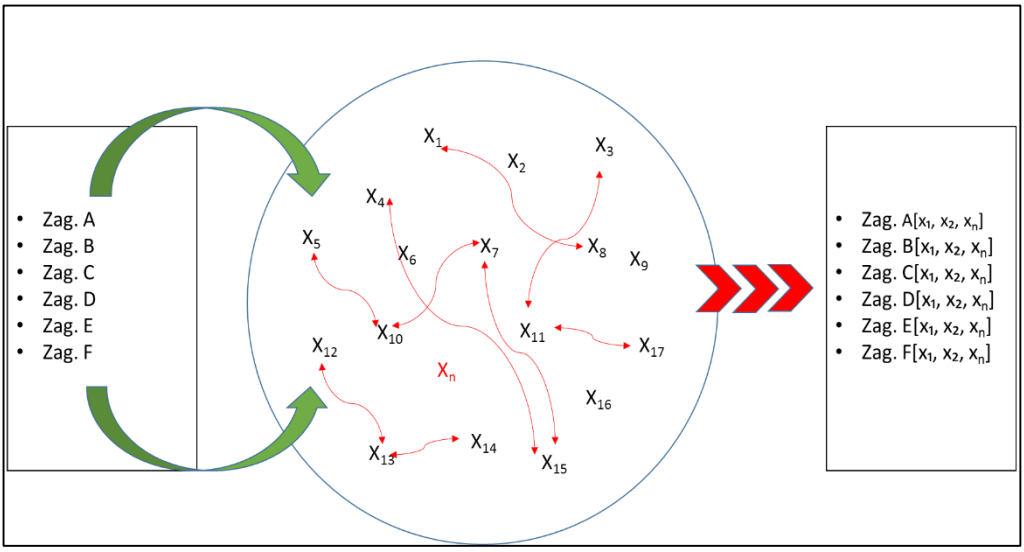


Rysunek 5 Model zagrożeń współzależnych o n wejściach i m wyjściach (12)

Można podjąć próbę rozwinięcia tej koncepcji, poprzez uwzględnienie rodzaju stosowanej profilaktyki. Powinno to pozytywnie wpłynąć na uzupełnienie obszaru opisującego zależności pośrednie.

Na [

Rysunek *6*] przedstawiono schematyczny model współzależności pomiędzy występującymi



zagrożeniami, a stosowana do ich ograniczania profilaktyką.

Rysunek 6 Model oddziaływania stosowanych profilaktyk
źródło: Opracowanie własne

W tabeli po lewej stronie rysunku widzimy poszczególne zagrożenia, których skala określona została na podstawie prognozy, badań, doświadczeń. Na podstawie tych samych elementów zaprojektowana została profilaktyka dla każdego zagrożenia. W centralnej części widać zbiór profilaktyk, które są stosowane podczas eksploatacji. Jednak co najważniejsze faktyczny stan zagrożenia jaki występuje podczas prowadzenia eksploatacji jest funkcją stanu prognozowanego i wszystkich profilaktyk stosowanych na różne zagrożenia. Wpływ tej funkcji może być pozytywny, jednak w związku z występowaniem znacznych kolizyjności w większości przypadków będzie negatywny.

Na [Rysunek 7] przedstawiono macierz obrazującą kolizyjność profilaktyki stosowanej przy ograniczaniu poszczególnych zagrożeń. Znak czerwony oznacza pełną kolizyjność, a znak zielony brak kolizyjności, bądź pozytywny wpływ w zależnie od sytuacji. Znak żółty oznacza neutralność. Analizując przedstawioną tabelę zauważyć należy, iż najbardziej kolizyjna w stosunku do innych zagrożeń jest profilaktyka zagrożenia tąpaniami. Zaobserwować można, ze profilaktyka tąpaniowa oddziałuje negatywnie niemal na wszystkie inne. Pozostałe profilaktyki stosowane przy ograniczaniu innych zagrożeń oddziałują na siebie nawzajem w przybliżeniu w porównywalnym stopniu. Dzieje się tak ponieważ profilaktyka zagrożenia tąpaniami działa na inne warunki aniżeli profilaktyka pozostałych zagrożeń. Wyjątek stanowi tutaj zagrożenie wyrzutami gazów i skał, które w określonych sytuacjach wymaga działania na zbliżone warunki.

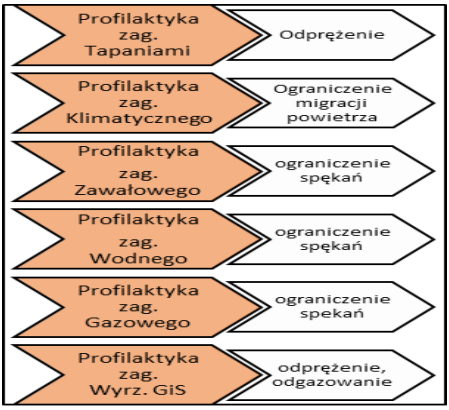
	zagrożenie Tąpaniami	zagrożenie Klimatyczne	zagrożenie Wodne	zagrożenie Gazowe	zagrożenie Wyrzutami gazówi skał	zagrożenie Zawałowe
zagrożenie Tąpaniami		⊗	–	⊗	–	–
zagrożenie Klimatyczne	⊗		–	✓	–	✓
zagrożenie Wodne	⊗	✓		✓	✓	✓
zagrożenie Gazowe	⊗	✓	✓		✓	✓
zagrożenie Wyrzutami gazówi skał	–	–	✓	✓		✓
zagrożenie Zawałowe	⊗	✓	✓	✓	✓	

Rysunek 7 Kolizyjność stosowanej profilaktyki na poszczególne zagrożenia
źródło: Opracowanie własne

W obecnej chwili ze względu na mnogość stosowanych profilaktyk, wielu czynników zależnych nie posiadamy możliwości do jednoznacznego określenia wzajemnych oddziaływań. Nie opracowano jednolitego systemu opisującego te zależności, w związku z czym ustalenie takich charakterystyk jest możliwe tylko na drodze uzgodnień eksperckich (9). Taki stan rzeczy może stanowić podstawę do zaproponowania podejścia opartego o uwzględnienie wzajemnych oddziaływań pomiędzy profilaktykami poszczególnych zagrożeń, z równoczesnym maksymalnym uproszczeniem rozpatrywanych zagadnień.

6. GRUPOWANIE PROFILAKTYK WEDŁÓG CELÓW

W odniesieniu do tego co zostało przedstawione w rozdziale trzecim i piątym gdzie opisano istniejące systemy podziału zagrożeń naturalnych, metod profilaktyki, poniżej przedstawiono propozycje podziału wg. celów jakie mają zostać osiągnięte przez stosowanie danej profilaktyki jako całości a nie poszczególnej metody. Innymi słowy celem jest przedstawienie podziału ze względu na warunki na jakie dana profilaktyka działa.



Rysunek 8 Schemat głównych warunków jakie ma osiągać stosowana profilaktyka
źródło: Opracowanie własne

Przedstawiony na rysunku [Rysunek 8] schemat jest bardzo uproszczony z punktu widzenia celu zastosowanej profilaktyki. Takie ogólne podejście jest korzystne dla zobrazowania skąd wynika kolizyjność pomiędzy poszczególnymi zagrożeniami, lub dlaczego pomiędzy niektórymi taka kolizyjność nie istnieje. Wynika to wprost z celów jakie zamierzamy osiągnięć już na etapie projektowania. Zgodnie z przedstawionym schematem, wspierając się doświadczeniami zdobytych podczas eksploatacji złóż rud miedzi można stwierdzić, że najbardziej kolizyjne warunki stosowania profilaktyki wykazują zagrożenie tąpaniami i zagrożenie klimatyczne. Rozwiązanie tego problemu możne stanowić kluczowe zadanie dalszego prowadzenia uzasadnionej ekonomicznie eksploatacji, przy coraz głębiej zlegającym złożu. Jak wspomniano już wcześniej nie ograniczymy kolizyjności musimy natomiast postawić realne granice stosowalności poszczególnych sposobów profilaktyki, utrzymując niezbędny, uzasadniony i nie przewymiarowany poziom bezpieczeństwa. Jednym z przykładów mogłoby być ograniczenie długości frontów eksploatacyjnych. Jeżeli w badaniach prowadzonych przez prof. Zorychtę (6) stwierdza że długość frontów powyżej 250[m] ma znikomy wpływ na dalsze ograniczanie zagrożenia tąpaniami, z kolej w ekspertyzie (2) stwierdza się, że jedną z granicznych warunków prowadzenia eksploatacji jest długość frontu nie przekraczająca 250[m] to w opinii autorów należy pogłębić właśnie ten rodzaj badań dzięki którym będziemy w stanie określić granice działań profilaktycznych, które nie powodują katastrofogennych skutków drugiego zagrożenia.
W miejsce podsumowania można nawiązać do pewnych zmian organizacyjnych sprzed kilku lat, jakie miały miejsce w kopalni Polkowice-Sieroszowice. Wówczas zaproponowano spojrzenie na problem zwalczania zagrożeń jako na zbiór współzależnych elementów, a nie odizolowanych zagadnień z indywidualnymi, możliwe że niezależnymi od siebie, działaniami profilaktycznymi. Powstała wtedy koncepcja zmiany organizacyjnej polegającej na powstaniu połączonego Działu Zagrożeń naturalnych, w którego skład wchodziły struktury wcześniej istniejących Działów Tąpań, Dział Zagrożeń Gazowo-Wyrzutowych, Dział Zagrożenia Wodnego. Mniejsze znaczenia miał sam fakt transformacji w strukturze organizacyjnej kopalni. O wiele istotniejsza była zmiana perspektywy. Istotą zaproponowanego rozwiązania organizacyjnego, była próba zastosowania kompleksowego podejścia do zagadnienia zwalczania zagrożeń naturalnych, uwzględniającego wzajemne współzależności. Rozwiązanie zostało po okresie próbnym w KGHM zaniechane. Niezależnie od powodów tej decyzji, mających swoje źródło zapewne w zarządzaniu przedsiębiorstwem i ocenie tego rozwiązania pod względem organizacyjnym, to z

punktu widzenia kompleksowego zwalczania zagrożeń takie podejście posiadało pewien potencjał. W zarządzaniu znane jest pojęcie „silosowania" organizacji. Jest to zjawisko polegające na koncentracji poszczególnych struktur wyłącznie na swojej własnej działalności. Przekładając to na grunt zwalczania zagrożeń naturalnych, może okazać się, że finalnie lepsze efekty uzyska się stosując podejście kompleksowe, niż koncentrując się na każdym z zagrożeń z osobna. Podejście złożone, biorące pod uwagę kilka zagrożeń równocześnie, może być korzystne z punktu widzenia problemu kolizyjności działań profilaktycznych.

Literatura

1. **KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Zakłady Górnicze Polkowice-Sieroszowice.** Plan Ruchu na lata 2020-2022. Kaźmierzów : brak nazwiska, 1 styczeń 2020.

2. **Akademia Górniczo Hutnicza im. St. Staszica.** *Zagrożenie klimatyczne. Prognoza i ocena profilaktyki przed zagrożeniem klimatycznym.* Kraków : AGH, 2020.

3. **Instytut Mechaniki Górotworu.** *Zagrożenie wyrzutami gazów i skał, prognoza i ocena profilaktyki przed zagrożeniami.* Kraków : IMG PAN, 2020.

4. **Zorychta Andrzej.** *Geomechaniczne i gazowe uwarunkowania wystapienia zdarzenia o charakterze wyrzutu gazów i skał jakiemiało miejsce w rejonie chodników TW-169 O/ZG RUDNA w dniu 06.09.2009r.* Kraków : Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze, 2010.

5. **Burtan Zbigniew, Stasica Jerzy i Rak Zbigniew.** Wpływ katastrofogennych zagrożeń naturalnych na bezpieczeństwo pracy w górnictwie węgla kamiennego w latach 2000-2016. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN.* 2017, str. nr 101.

6. *Wpływ kierunku eksploatacji na zagrożenie tąpaniami.* **Zorychta Andrzej.** Kraków : brak nazwiska, 2004. Mat. Konf. Szkoły Eksploatacji. strony 575-591.

7. *Wpływ pierwotnego stanu naprężenia w górotworze na zagrożenie tąpaniami.* **Tajduś Antoni, Flisiak Jerzy i Cała Marek.** brak miejsca : GiG, 2004. Mat. XI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej: Tąpania 2004. strony 325–356.

8. **Kłeczek Zdzisław.** GRUPOWE STRZELANIE PRZODKÓW JAKO ELEMENT PROFILAKTYKI TĄPANIOWEJ W KOPALNIACH RUD MIEDZI LGOM. *Górnictwo i Geoinżynieria.* 2004, strony 153-159.

9. **Kabiesz Józef.** WSPÓŁWYSTĘPOWANIE I WZAJEMNE ODDZIAŁYWANIE NATURALNYCH ZAGROŻEŃ GÓRNICZYCH. *Prace naukowe GiG Górnictwo i Środowisko.* 2002, strony 35-53.

10. **Konopko Władysław.** *Bezpieczeństwo pracy w kopalniach węgla kamiennego, Tom 2, zagrożenia naturalne.* Katowice : GIG, 2013.

11. **Burtan Zbigniew.** Znaczenie skojarzonych zagrożeń naturalnych w kopalniach Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. *Przegląd Górniczy* . 2016, strony 21-29.

12. *Prognozowanie występowania zagrożeń skojarzonych w kopalni.* **Krzemień Stanisław i Kowalik Stanisław.** Szczyrk : STOWARZYSZENIE WYCHOWANKÓW WYDZIAŁ GÓRNICTWA I

GEOLOGII INSTYTUT MECHANIZACJI GÓRNICTWA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ , 1999. Górnictwo 2000. strony 198-205.

13. **Burtan Zbigniew.** ZAGRO□ENIE SEJSMICZNE W REJONACH EKSPLOATACJI RUD MIEDZI S□SIADUJ□CYCH ZE STREF□ USKOKOW□ RUDNEJ G□ÓWNEJ. *Górnictwo i Geoinżynieria.* 2010, strony 131-140.

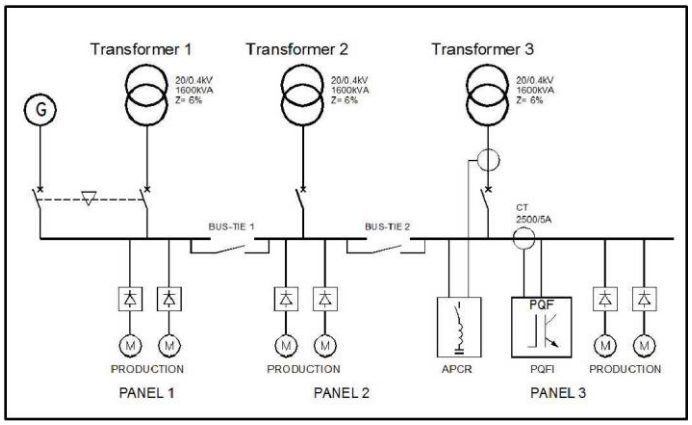
14. **Laskowski Mirosław, Fedorczak Roman i Anderko Arkadiusz.** EKSPLOATACJA W WARUNKACH WYSTĘPOWANIA W STROPIE WYROBISK DOLOMITU KAWERNISTEGO NA PRZYKŁADZIE POLA G-12/7 KGHM POLSKA MIEDŹ SA O/ZG „RUDNA". *Górnictwo i Geoinżynieria.* 2009, strony 377-387.

15. **Szlązak Nikodem, Borowski Marek i Obracaj Dariusz.** Kierunki zmian w systemach przewietrzania ścian eksploatacyjnych z uwagi na zwalczanie zagrożeń wentylacyjnych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi.* 2008, strony 201-214.

Filtry aktywne PQF w przemyśle ciężkim

Rozwiązanie w zakresie jakości zasilania dla Hellas Gold w Grecji





Filtr aktywny PQFI jest podłączony w taki sposób, aby filtrować harmoniczne generowane przez oba napędy młynów.

Praca napędów AC o dużej mocy wprowadza harmoniczne do sieci zasilającej, co powoduje większe straty w systemie i nieprawidłowe działanie innych odbiorników elektrycznych, wpływając na produkcję z powodu zwiększonych przestojów.

Obróbka metali szlachetnych obejmuje kilka ważnych etapów takich jak kruszenie minerałów za pomocą silników o dużej mocy, mielenie, a następnie ich dalszą obróbkę w celu zwiększenia koncentracji przed rozpoczęciem procesu metalurgicznego. Te silniki o dużej mocy są sterowane przez nowoczesne napędy prądu przemiennego w celu efektywnego wykorzystania energii elektrycznej. Napędy te, oparte na nowoczesnych urządzeniach półprzewodnikowych, wprowadzają do sieci zasilającej znaczny poziom prądów harmonicznych. Jeśli te prądy harmoniczne nie są odpowiednio przetwarzane, zniekształcają przebieg napięcia, co wpływa na działanie innych odbiorników elektrycznych podłączonych do tej samej sieci. Wysokie zniekształcenia harmoniczne powodują awarie urządzeń, dodatkowe straty, zakłócenia komunikacji i wiele innych niepożądanych zjawisk. Praca dużych napędów silników młyna z transformatora 3 powodowała bardzo duże zniekształcenia prądu, co z kolei powodowało nieprawidłowy przebieg napięcia.

Rozwiązanie ABB Power Grids

ABB Power Grids zainstalowała na jednym z transformatorów zakładowych filtr aktywny PQFI o prądzie znamionowym 450A. Uproszczony schemat elektryczny jest przedstawiony poniżej.

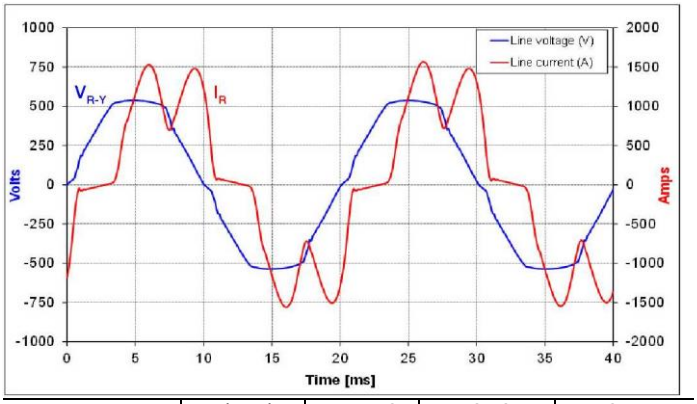
Korzyści dla klienta

- Zmniejszenie zanieczyszczenia elektrycznego dzięki skutecznym filtrom harmonicznych
- Redukcja przestojów dzięki poprawie wydajności innych odbiorników elektrycznych



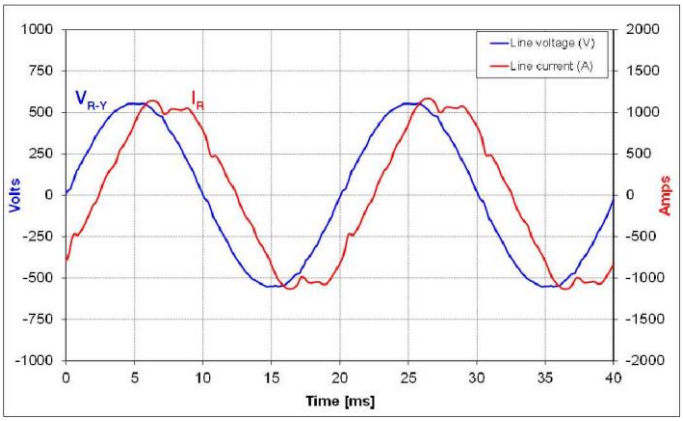
Filtr aktywny PQFI od ABB Power Grids

Charakterystyka sieci bez filtra aktywnego PQFI



	Jednostka	L1-L2	L2-L3	L3-L1
Napięcie	V	402	401	396
THD(U)	%	5.3	5.4	6.0
		L1	L2	L3
Prąd	A	948	1001	959
THD(I)	%	34.1	31.6	34.0
			Całościowo	
Moc czynna	kW	617		
Moc bierna	kvar	179		
Moc pozorna	kVA	657		
Wsp. Mocy	-	0.94		
cos(ϕ) (lub DPF)	-	0.96	(obciążenie indukcyjne)	

Charakterystyka sieci z działającym filtrem aktywnym PQFI



	Jednostka	L1-L2	L2-L3	L3-L1
Napięcie	V	397	396	392
THD(U)	%	1.5	1.5	1.9
		L1	L2	L3
Aktualna strona	A	809	850	817
THD(I)	%	7.1	7.1	7.3
			Całościowo	
Moc czynna	kW	524		
Moc bierna	kvar	154		
Moc pozorna	kVA	564		
Wsp. Mocy	-	0.96		
cos(ϕ) (lub DPF)	-	0.96	(obciążenie indukcyjne)	

Technologia ABB

PQF oferuje doskonałą skuteczność filtrowania i najlepszą dokładność w ograniczaniu harmonicznych dzięki innowacyjnemu rozwojowi sprzętu i oprogramowania ABB.

PQF, jako pierwszy na rynku filtr aktywny z regulacją w pętli zamkniętej, doskonale kontroluje ilość harmonicznych prądu, które należy odfiltrować, aby spełnić wymagania różnych norm i przepisów dotyczących całkowitego THD i limitów poszczególnych harmonicznych (np. IEEE519 i G5/4). Automatyczna adaptacja PQF do temperatury otoczenia zapewnia klientom niezawodne rozwiązanie: prąd wyjściowy obniża się, gdy temperatura jest wysoka i powraca do normalnego działania, gdy temperatura wraca do normy.

Dodatkowo funkcja redundancji przyniesie kolejne korzyści dla niektórych krytycznych aplikacji. PQF jest wiodącym rozwiązaniem w zakresie filtrów aktywnych dla obciążeń harmonicznych zarówno przemysłowych, jak i komercyjnych oraz mieszkaniowych.

Kluczowe cechy filtrów aktywnych PQF

- Filtracja harmonicznych do 50 rzędu
- Selektywna filtracja harmonicznych
- Praca w pętli zamkniętej
- Zapewnia dynamiczną korekcję zarówno mocy biernej jak i współczynnika mocy
- Funkcja równoważenia obciążenia
- Graficzne przedstawienie wszystkich parametrów mocy obciążeń i filtra
- Utrzymywanie pracy przy maksymalnym obciążeniu, jeśli wymagania dotyczące obciążenia są zbyt wysokie
- Łatwe uruchomienie

Aby uzyskać więcej informacji prosimy o kontakt:

ABB Power Grids Poland Sp. z o.o.

Piotr Obrzut
Telefon: 538 818 871
E-Mail: piotr.obrzut@hitachi-powergrids.com
Strona: www.hitachiabb-powergrids.com/pl/pl

HITACHI ABB



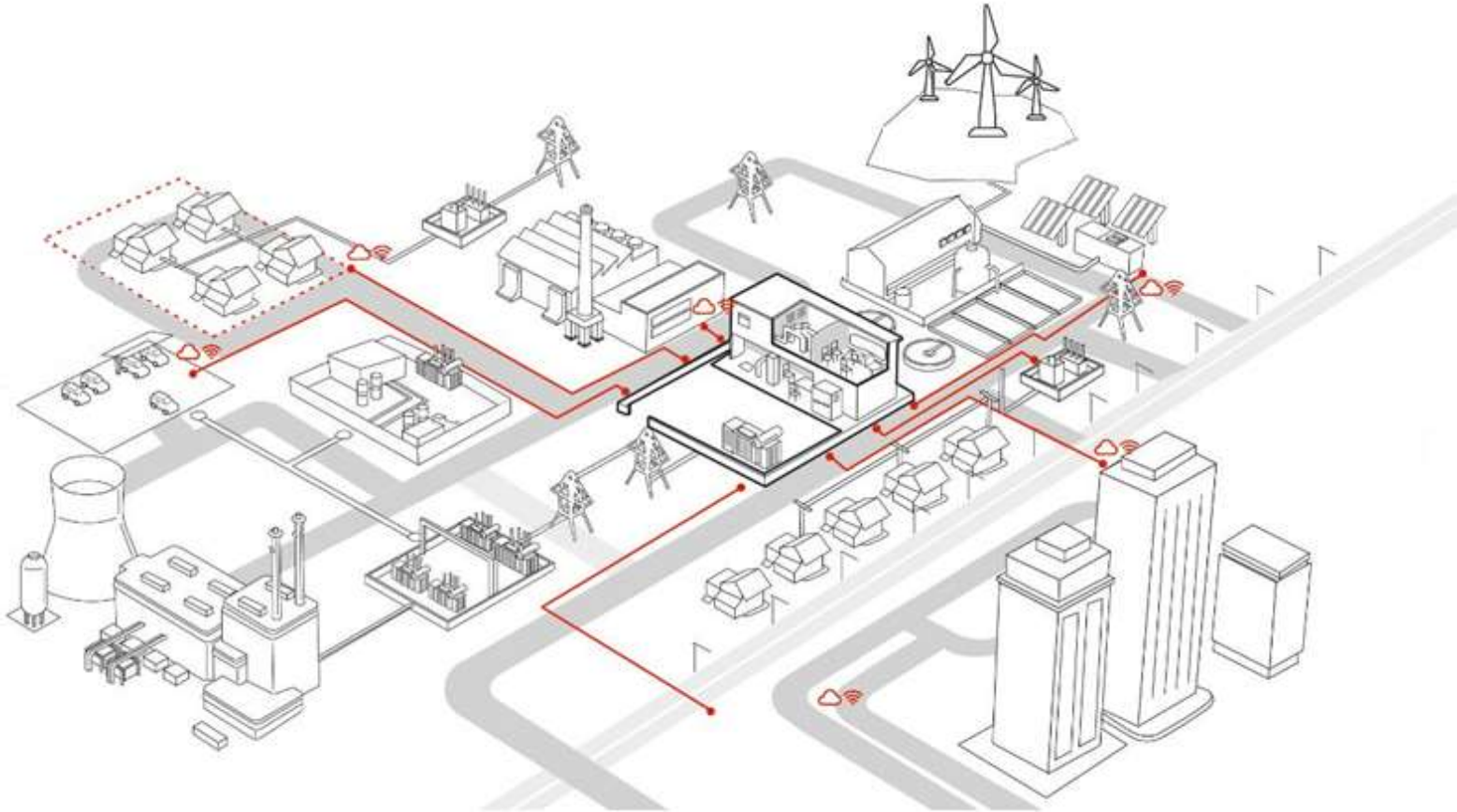
Rozwiązania poprawiające jakość energii i efektywność energetyczną OZE – baterie kondensatorów i filtry wyższych harmonicznych

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Jakość energii ma kluczowe znaczenie dla poprawy dostępności i niezawodności sieci. Umożliwia optymalizację kosztów operacyjnych i zapewnia zgodność z przepisami sieci. Jakość energii wspiera integrację odnawialnych źródeł energii w sieci i zwiększa efektywność energetyczną, prowadząc do niższych emisji dwutlenku węgla i minimalizacji wpływu na środowisko.

Zalety dobrej jakości energii obejmują:

- Niezawodność sieci zasilającej
- Efektywności energetycznej
- Wydajność przemysłowa
- Efektywność ekologiczna / mniejszy wpływ na środowisko



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

PROBLEMY Z JAKOŚCIĄ ENERGII

Nieporządane skutki niskiej jakości energii elektrycznej:

- Zwiększone straty w systemie
- Wyższe koszty eksploatacji
- Zwiększone obciążenie transformatorów i elementów przewodzących (grzanie się)
- Zakłócenia, spadki napięcia („miganie” żarówek/ monitorów)
- Przerwy w dostawie energii (reagujące na skutki zabezpieczenia)
- Przeciążenie przewodu neutralnego, asymetria obciążenia faz



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

PRZYCZYNY NISKIEJ JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

POBÓR MOCY BIERNEJ

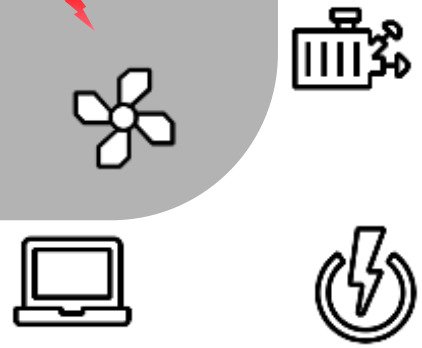
ODBIORNIKI WYMAGAJĄCE DO PRACY WYTWORZENIA POLA MAGNETYCZNEGO

- TRANSFORMATORY
- SILNIKI ELEKTRYCZNE
- DŁAWIKI

Moc pobierana
INDUKCYJNA

- UPS
- KONDENSATORY
- OŚWIETLENIE LED

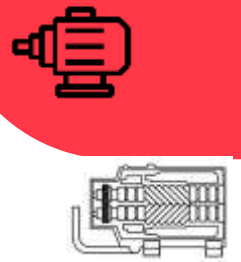
Moc oddawana
POJEMNOŚCIOWA



WYŻSZE HARMONICZNE

DUŻA ILOŚĆ ODBIORNIKÓW NIELINIOWYCH W SIECI

- NAPĘDY ZASILANE FALOWNIKAMI
- PROSTOWNIKI
- UKŁADY ELEKTRONICZNE / KOMPUTERY
- MONITORY
- MASZYNY SPAWAJĄCE
- SYSTEMY TELEKOMUNIKACJI
- URZĄDZENIA BIUROWE



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ



Po co kompensować moc bierną?

Dlaczego kompensujemy moc bierną dokładnie w miejscu zapotrzebowania?

Mimo, że moc bierna nie dostarcza energii do obciążenia nadal w sieci występuje przepływ prądu!

Energia wywołana przepływem prądu jest rozpraszana wzdłuż linii transmisji i powoduje straty w systemie.

Spełnienie wymagań przyłączeniowych dostawcy energii.

Najbardziej optymalne zaprojektowanie sieci (dobór transformatora, kabli itp.)

$$\%\ Loss\ Reduction = 100 - 100\left(\frac{PF_{Initial}}{PF_{Corrected}}\right)^2$$

$$P_{LOSSES} = 3 \times R \times I^2$$

Przykład:

Polepszenie współczynnika mocy z **0,6 → 0,95** powoduje redukcję strat w systemie o **60%.**

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Kompensacja mocy biernej na NN

Bateria kondensatorów APCQ

APCQ-L:
Montaż naścienny
Od 37.5 do 100 kvar na 400V
IP23 (opcja IP54)
Praca przy THDV <2-3%

APCQ-M:
Szafa wolnostojąca
Od 125 do 400 kvar na 400V
IP23 (opcja IP54)
Praca przy THDV <2-3%

APCQ-R (Robust):
Szafa wolnostojąca
Od 100 do 300 kvar na 400V
Dławik odstrajający: 5.67%, 7% i 12.5%
Praca przy THDV <8%
IP23 (opcja IP54)



Dynamiczna bateria kondensatorów DYNACOMP



Napięcie znamionowe: od 380 do 690 V

Częstotliwość: 50 lub 60 Hz

Moc znamionowa: od 150 kvar do 12,8 Mvar

Wielkość stopnia: 50, 100, 200 i 400 kvar

Maksymalna moc na szafę: 400 kvar

Reaktor odstrajający: 7% lub 14%

Komunikacja: Modbus RTU

Czas odpowiedzi: zamknięta pętla: <3 cykle / otwarta pętla: <1 cykl

Temperatura otoczenia: -10 ° C do + 40 ° C maks.

Konfiguracja: wolnostojąca

Stopień ochrony: IP21 (IP43 opcja)

Instalacja: wewnętrzna

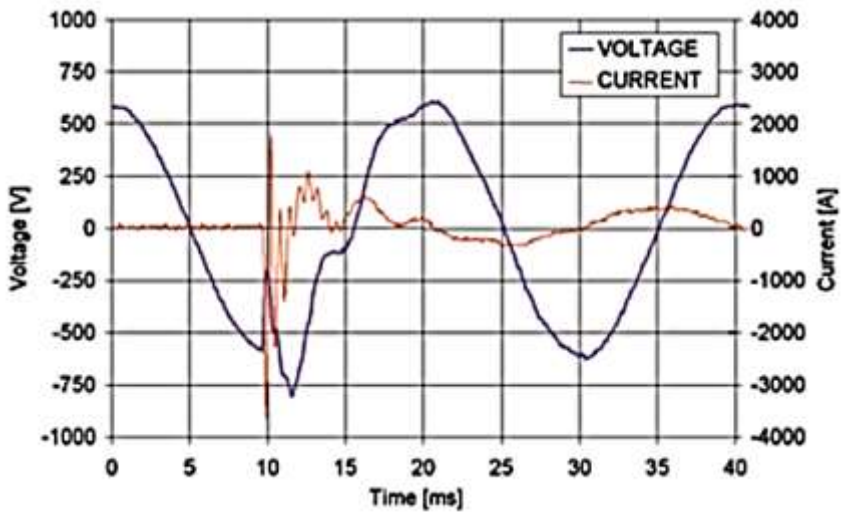
Opcje: możliwość doboru dławik odstrajającego

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Porównanie baterii stycznikowej i tyrystorowej

Stycznikowa bateria kondensatorów

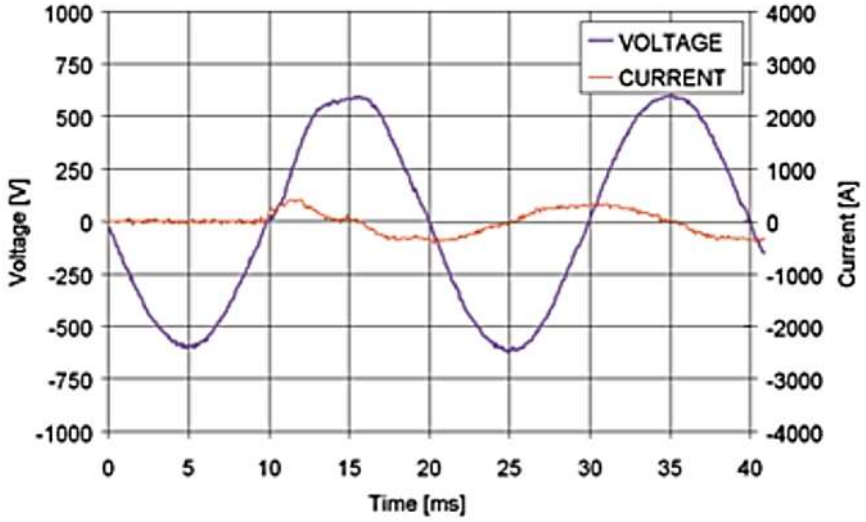
- Potrzebuje czasu do rozładowania kondensatorów
- Wytwarza duże prądy rozruchowe przy przełączaniu
- Ograniczona żywotność styczników
- Ograniczona wartość „kroku” baterii
- Brak możliwości pracy w sieci o dużej zawartości harmonicznych (THDV<8%)



Moc bierna: 80kVar
Prąd rozruchowy: 3640A
Prąd nominalny: 304A

Tyrystorowa bateria kondensatorów

- Bardzo szybki czas reakcji (duża liczba przełączeń)
- Brak skoku prądu przy przełączaniu (brak styczników)
- Przełączanie kondensatorów osobno dla każdej fazy bez różnicy napięć
- Niskie straty
- Długa żywotność (8-12 lat)
- Możliwość pracy w warunkach THDV~15%



Moc bierna: 80kVar
Prąd rozruchowy: 304A
Prąd nominalny: 304A

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

HITACHI ABB



EMPAC & ABBACUS

BATERIE KONDENSATORÓW ŚN

DEDYKOWANE DO OZE
ORAZ
PRZEMYSŁU CIĘŻKIEGO

Kompensacja mocy biernej na ŚN



EMPAC

moc do 16Mvar
1-36kV



ABBACUS

moc do 30Mvar
1-36kV

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

BATERIA KONDENSATORÓW EMPAC



EMPAC

- Napięcie: 1-36 kV
- Maksymalna moc wyjściowa:> 10,6 Mvar przy 24 kV / 16 Mvar przy 36 kV
- Konfiguracja kondensatorów: podwójna lub pojedyncza gwiazda
- IP: IP23 - IP44
- Częstotliwość: 50 lub 60 Hz
- Lokalizacja: wewnątrz lub na zewnątrz
- Temperatura otoczenia: -25 / + 55 ° C
- Prąd zwarciowy: 40 kA przez 1 sekundę
- Standard: IEC lub równoważny
- Dławiki rozruchowe
- Opcjonalnie: przekaźnik zabezpieczeniowy, wyłącznik wbudowany VD4



ABBACUS

- Bateria jedno lub wielostopniowa
- Napięcie: 1-36 kV
- Maksymalna moc wyjściowa: 30 Mvar
- Max moc pojedynczego stopnia do 5Mvar
- Częstotliwość: 50 lub 60 Hz
- Lokalizacja: wewnątrz lub na zewnątrz
- Temperatura otoczenia: -40 / + 55 ° C
- Wilgotność: maksymalnie 90% RH bez kondensacji
- Prąd zwarciowy: do 50 kA przez 1 sekundę
- Normy: IEC lub równoważne
- Opcjonalnie: wyłącznik wbudowany VD4, dławiki rozruchowe lub odstrajające

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

HITACHI ABB

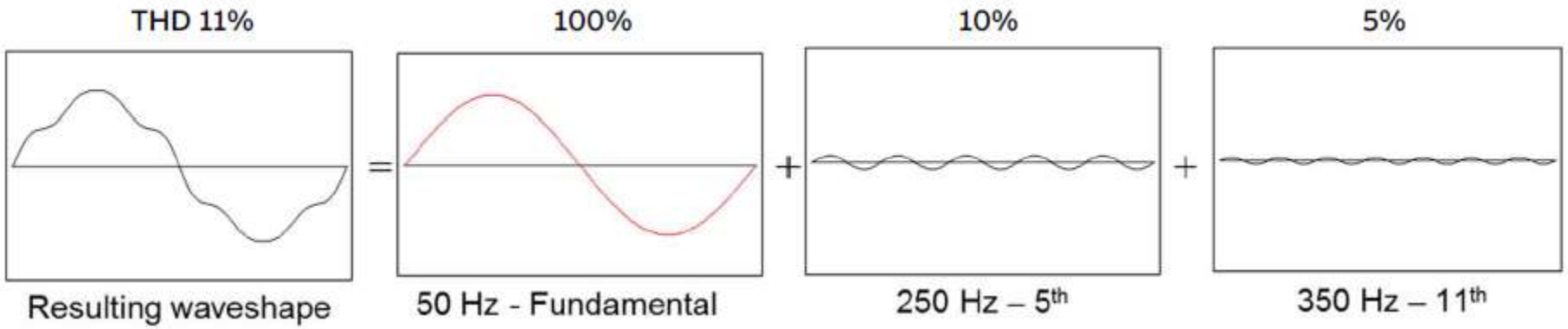


FILTRACJA HARMONICZNYCH

Wyższe harmoniczne prądu i napięcia

Czym są harmoniczne?

- Składowe sinusoidy napięcia i natężenia prądu o częstotliwości innej niż składowa podstawowa 50Hz
- Całkowite wielokrotności składowe składowej podstawowej → n*50Hz (n-rząd harmonicznej)
- Miara zawartości harmonicznych THD – *Total Distortion Demand* (THDu,THDu)
- Poszczególne harmoniczne możemy zaobserwować po rozłożeniu sygnału fali na składowe np. za pomocą Szybkiej Transformaty Fouriuer (FFT)



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Aktywna filtracja harmonicznych na NN



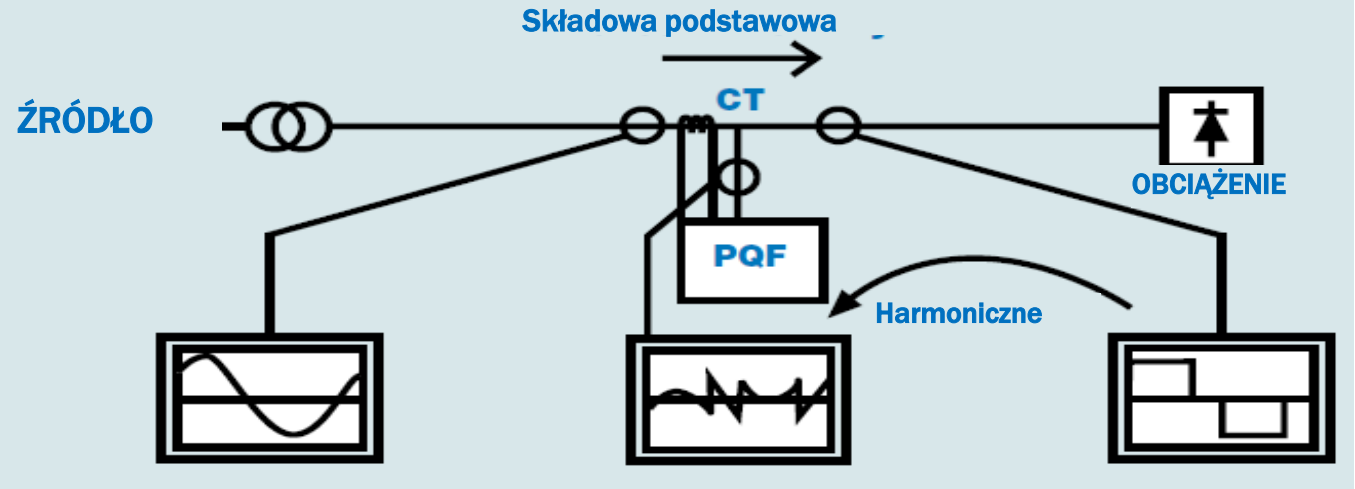
PQFI PQFM PQFS

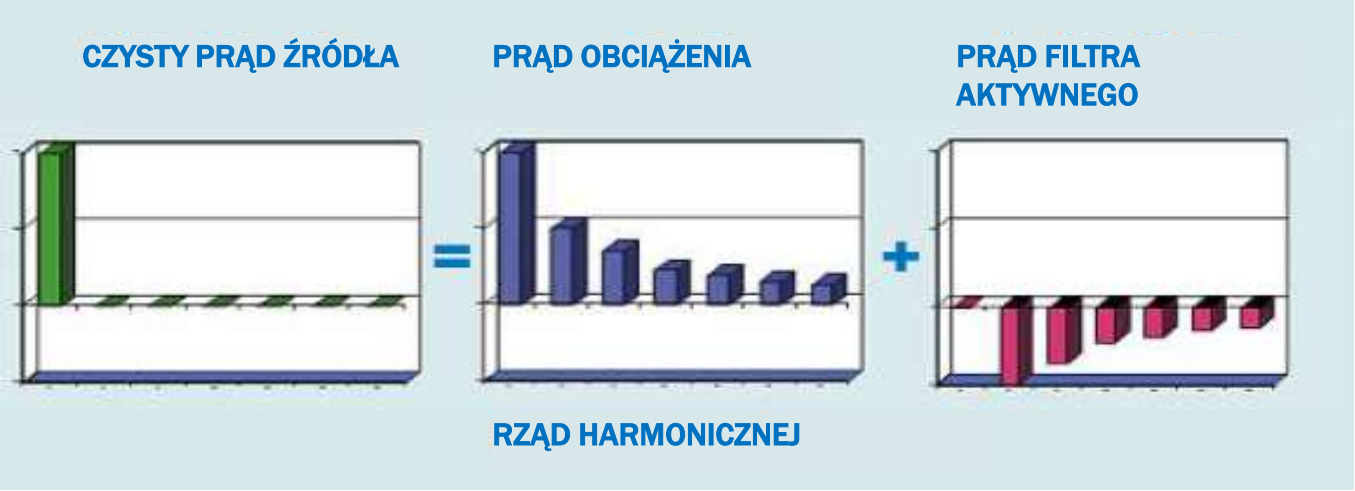
	PQFI (Industrial)	PQFM	PQFS
Podłączenie	3 kable	3 kable	3 i 4 kable (dla przewodu neutralnego – np. Datacenter)
***Napięcia(V)**	V1: 208-480 V2: 480-690	V1: 208-480 V2: 480-690	208-240 380-415
Prąd(A)	V1: 300-450 V2: 180-320	V1: 70-100-130-150 V2: 100	30-45-60-70-80-90-100-120
Modularność	Do 8 szaf		
Filtracja harmonicznych	Od 2 do 50		
Możliwość wyboru danych harmonicznych	Do 20 harmonicznych Na raz	Do 20 harmonicznych na raz	3-kablowe: do 20 harmonicznych na raz 4-kablowe: do 15 harmonicznych na raz
Komunikacja	Modbus RTU RS485 i TCP / IP		

* Możliwość podłączenia do MV przez transformator

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

SCHEMAT REDUKCJI HARMONICZNYCH

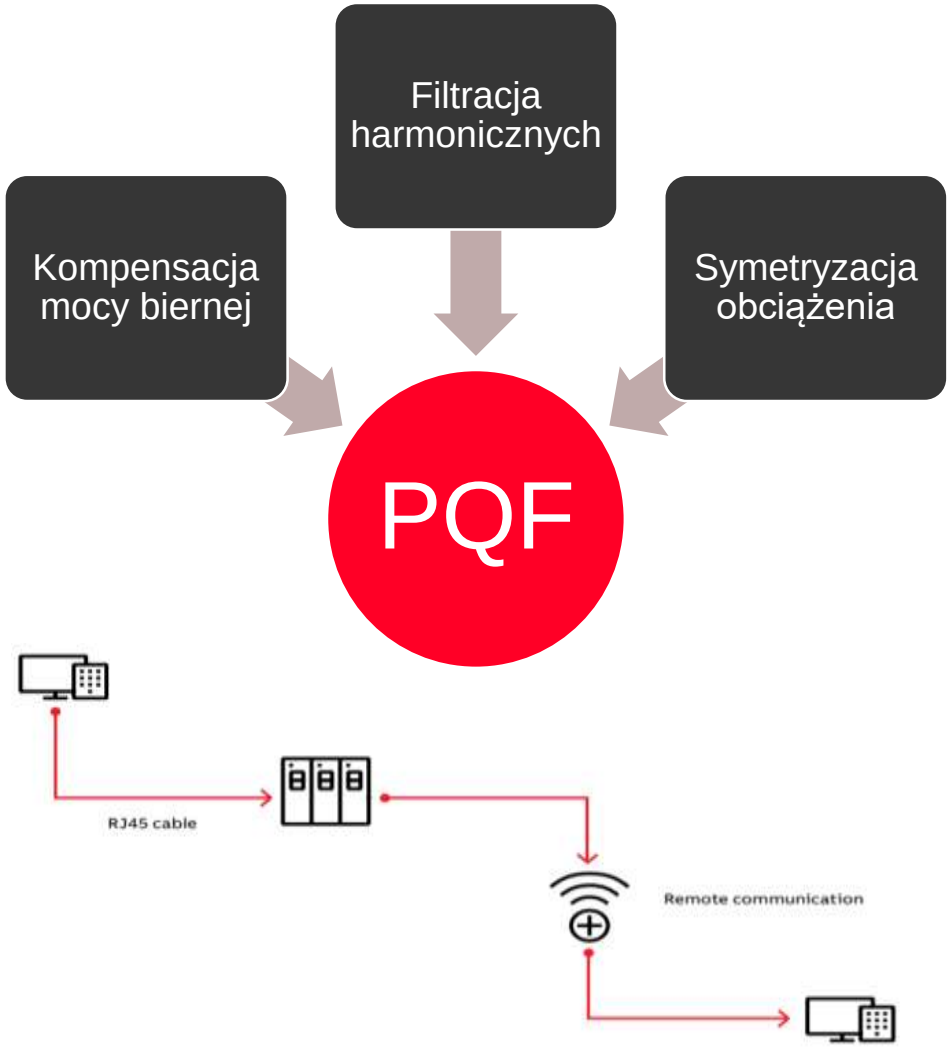




© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Filtry aktywne harmonicznych serii PQF

- Optymalne rozwiązanie **w przypadku poważnych problemów z jakością energii związanych zawartością harmonicznych**, niesymetrycznym obciążeniem i zapotrzebowaniem na moc bierną
- Zdalny podgląd parametrów
- Korzyści:
  - Wysoka wydajność filtra dzięki systemowi kontroli w obwodzie zamkniętym
  - Indywidualny wybór harmonicznych
  - Bezstopniowa kompensacja mocy biernej
  - Pełna redundancja (przy awarii którejkolwiek z szaf reszta dalej pracuje)
- Zastosowanie :
  - Zabezpieczenie jakości energii w instalacjach przemysłowych
  - Hybrydowe działanie wraz z bateriami kondensatorów



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Filtry aktywne harmonicznych serii PQF

Electrical values without the filter in operation

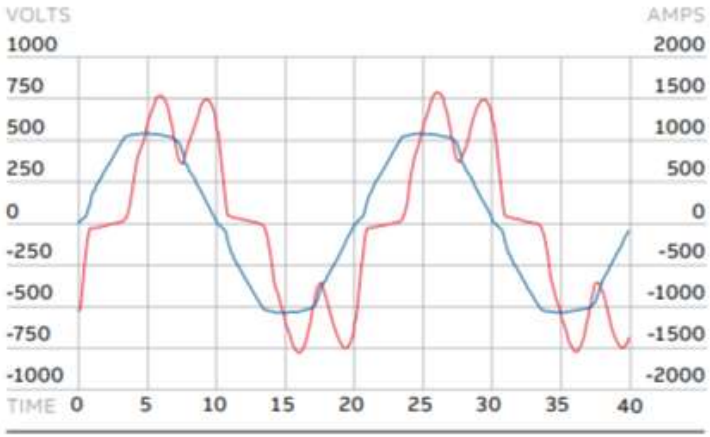
Parameters	Values
THDV (Total Harmonic Distortion of Voltage)	L1-L2: 5.3 %
	L2-L3: 5.4 %
	L3-L1: 6.0 %
THDI (Total Harmonic Distortion of Current)	L1-L2: 34.1 %
	L2-L3: 31.6 %
	L3-L1: 34.0 %
Active power	617 kW
Reactive power	179 kvar
Apparent power	657 kVA
PF	0.94
Cos ϕ	0.96

Electrical values with the filter in operation

Parameters	Values
THDV (Total Harmonic Distortion of Voltage)	L1-L2: 1.5 %
	L2-L3: 1.5 %
	L3-L1: 1.9 %
THDI (Total Harmonic Distortion of Current)	L1-L2: 7.1 %
	L2-L3: 7.1 %
	L3-L1: 7.3 %
Active power	524 kW
Reactive power	154 kvar
Apparent power	564 kVA
PF	0.96
Cos ϕ	0.96

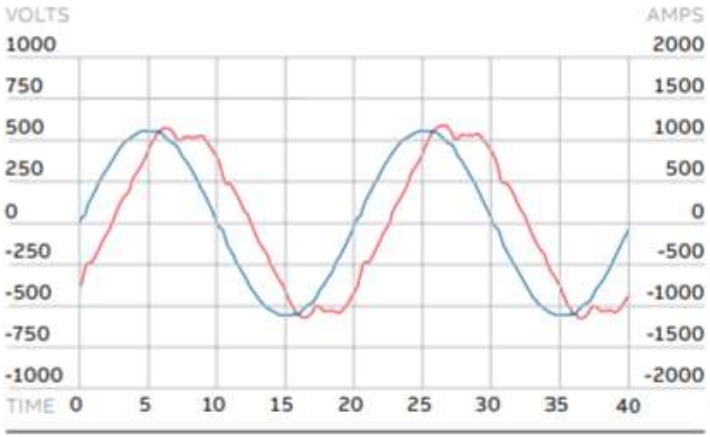
Stan sieci bez filtra PQF

Voltage and current waveforms without the filter



Stan sieci z filtrem PQF

Voltage and current waveforms with the filter



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

HITACHI ABB



FILTRY PASYWNE

NA ŚREDNIE I WYSOKIE NAPIĘCIE

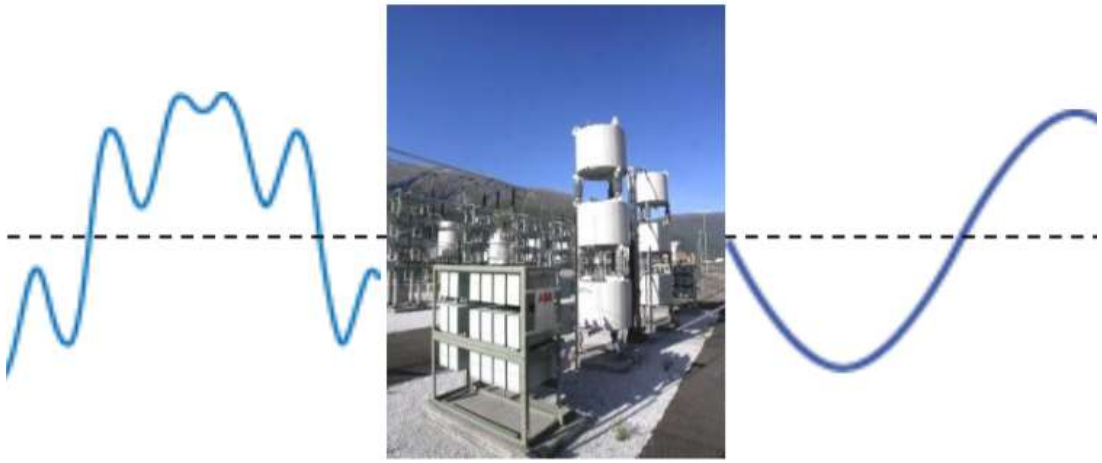
DEDYKOWANE NA RYNEK OZE

Filtry pasywne

Filtrem częstotliwości nazywamy układ, który przepuszcza bez tłumienia lub z małym tłumieniem napięcia i prądy w określonym paśmie częstotliwości, a tłumi napięcia i prądy leżące poza tym pasmem.

Filtry częstotliwości mają głównie zastosowanie w urządzeniach elektronicznych i energetycznych. Umieszczone pomiędzy źródłem sygnału a odbiornikiem powodują, że do odbiornika dostaje się sygnał o pożądanym widmie częstotliwości, co oznacza, że z sygnału dostarczanego przez źródło został wyeliminowany sygnał o częstotliwości mieszczącej się w paśmie tłumienia. Pasmo częstotliwości, które filtr przepuszcza bez tłumienia (lub z małym tłumieniem) nosi nazwę pasma przepustowego, zaś pasmo, w którym napięcia i prądy podlegają silnemu tłumieniu nosi nazwę pasma tłumienia. Częstotliwość, która stanowi granicę pomiędzy pasmem przepustowym a pasmem tłumienia, nazywana jest częstotliwością graniczną.

Filtry pasywne – filtry wykonane tylko z pasywnych elementów RLC.
Przy odpowiednim połączeniu tych elementów można uzyskać wszystkie typy filtrów.



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Filtry pasywne CHARM

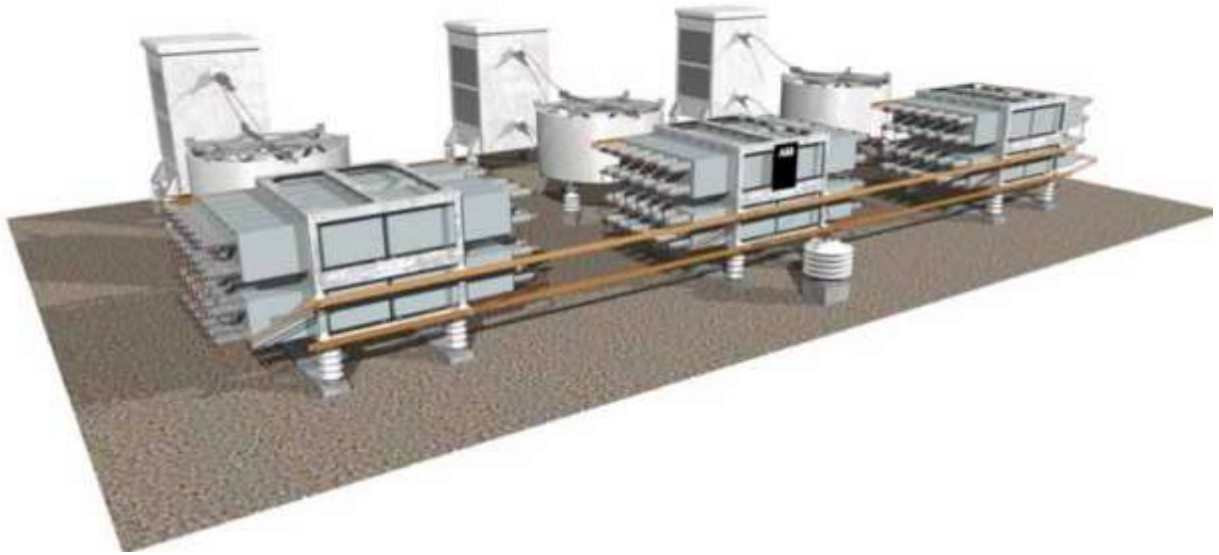
Typ: CHARM

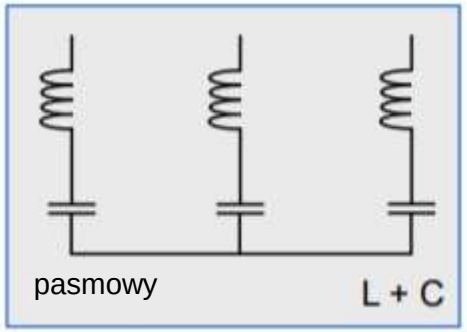
Napięcia: 1-800kV

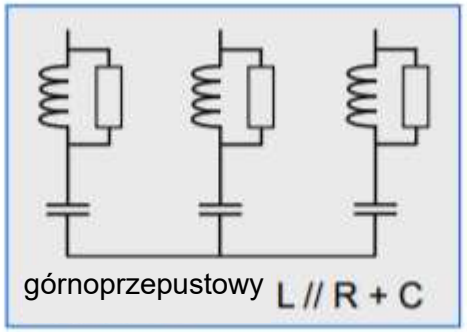
FILTR PASYWNY SKŁADAJĄCY SIĘ Z ELEMENTÓW RLC

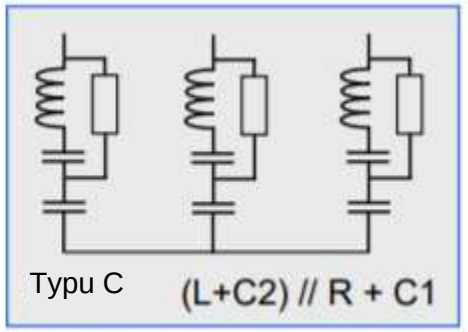
Zakres mocy: na zamówienie – indywidualnie

3 rodzaje filtrów









(filter with extra low fundamental losses)

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Filtr pasywny CHARM 110kV/50MVAr – podstacje PSE

Rok: 2007

- Problem: Niewydajność systemu energetycznego w północnej części Polski. Znaczne zaburzenia w dystrybucji energii w trakcie bardzo gorącego lata w 2007r. (wzrost zapotrzebowania na energię częściowo spowodowany urządzeniami chłodniczymi – klimatyzatory itp.)

  - kompensacja mocy biernej
  - redukcja harmonicznych

- Rozwiązanie na podstawie analizy od klienta: Instalacja filtra pasywnego na 100kV o mocy kompensacji 50MVAr dzięki któremu zredukowane zostaną straty spowodowane wysoką zawartością harmonicznych

  Filtry zostały dostrojone do 5-tej harmonicznej aby zredukować pasmo przepuszczalne do tego poziomu.



© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Baterie kondensatorów typu OPEN RACK

Facts	
Country	Poland
Customer	Polish Power Grid Company (PSE Operator S.A.)
PSE net	750/400/220/110 kV
Location of project	Wloclawek, Torun and Narew
Scope of delivery	3 units, band-pass filters
Year of delivery	2009
Engineering and construction of installation	ABB Sp. z o.o.





The filters installed and energized during 2009.

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

KONTAKT

Piotr Obrzut

Specjalista ds. Sprzedaży

Biznes Produktów i Systemów Energetyki

Linia Biznesowa Produktów Wysokich Napięć

Hitachi ABB Power Grids

ul. Aleksandrowska 67/93

91-205 Łódź, Polska

Mobile: +48 538 818 871

Hitachi ABB Contact Center: +48 2222 3 7777

Email: piotr.obrzut@hitachi-powergrids.com

hitachiabb-powergrids.com

HITACHI POWER GRIDS POLSKA

JAKOŚĆ ENERGII

BATERIE KONDENSATORÓW

FILTRY AKTYWNE WYŻSZYCH HARMONICZNYCH

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved



POWERING GOOD FOR SUSTAINABLE ENERGY

HITACHI ABB POWER GRIDS

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

Koncepcja autonomicznej stacji zwrotno-najazdowej jako produkt zakończonych studiów podyplomowych

Paweł Kaliski, Marcin Szabat
LW Bogdanka SA

Innowacyjność to jedna z kluczowych wartości jakimi kieruje się kopalnia Lubelski Węgiel ”Bogdanka” S.A. Realizuje ją na różnych płaszczyznach, tj.: nowe technologie, innowacyjne rozwiązania w zakresie procesów, struktur, systemów oraz kształtowania kompetencji przyszłości. Zarząd razem we współpracy z Akademią Górniczo Hutniczą w Krakowie stworzył projekt Akademia Liderów Górnictwa, który został skierowany dla wyższej kadry zarządzającej zakładem górniczym oraz kluczowych pracowników średniej kadry zarządzającej.

Program ten realizowany był w formule studiów podyplomowych z zakresu zarządzania wartością przedsiębiorstwa górniczego. Uczestniczyło w niej 40 – stu pracowników. Obrona pracy dyplomowej polegała na stworzeniu projektów, które powinny być wdrożone w życie do końca 2021 r. W rezultacie stworzono 10 projektów.

Jednym z nich był projekt pod nazwą „Automatyzacja procesu skrótu przenośnika taśmowego pierwszego od ściany przy pomocy stacji zwrotnej najazdowej typu SZN Waran II”. Zespół projektowy wybrał te rozwiązanie po przeanalizowaniu potrzeb jakie można wdrożyć w celu usprawnienia procesu wydobywczego w ścianie strugowej jak i kombajnowej (uwzględniając stan w jakim znajduje się polskie górnictwo).

Celem projektu było zastąpienie obecnie stosowanego rozwiązania (skrót przenośnika taśmowego za postępem ściany) poprzez wprowadzenie urządzenia nowego typu. Wdrożenie nowej stacji najazdowej typu Smart, która w sposób fundamentalny zmieni dotychczasowe ograniczenia przy dobowej eksploatacji ścian oraz zmniejszy w sposób kaskadowy szereg wykonywanych prac, umożliwiając przejazd stacji najazdowej i skracanie przenośnika taśmowego pierwszego od ściany na zmianach wydobywczych bez przerywania ciągłości produkcji.

W projekcie uwzględniono potrzebę wprowadzenia zmian technicznych jak i organizacji pracy. Przedstawiono zakres techniczny proponowanych zmian jak również i ich opis techniczny. Wykonano opis efektywności kosztowych związanych z proponowaną optymalizacją oraz model finansowy bazujący na wpływie proponowanych zmian na wartość przedsiębiorstwa górniczego. W celu sprawnego wykonania projektu ustalono szczegółowy harmonogram prac z uwzględnieniem kamieni milowych oraz ról i odpowiedzialności. Tworząc projekt uwzględniono również ryzyka, które mogły by przeszkodzić we wdrożeniu rozwiązania i sposoby ich przeciwdziałania ze szczególnym uwzględnieniem pracy z oporem. Obecnie zakończono proces pisania opisu przedmiotu zamówienia i lada chwila pojawi się na platformie przetargowej.

Pokłady możliwości



KGHM
POLSKA MIEDŹ

Zastosowanie systemu CMMS do wsparcia służb utrzymania ruchu i zarządzania gospodarką materiałową w KGHM Polska Miedź S.A.

mgr inż. Piotr Kiec

Wrzesień 2021

Agenda spotkania

- CMMS – Komputerowe wsparcie służb Utrzymania Ruchu
- Wdrożenia w KGHM Polska Miedź S.A.
- Projekt CMMS dla Oddziałów powierzchniowych
- Funkcje systemu
- Podsumowanie

CMMS – Computerised Maintenence Management System

CMMS – Kompuerowy System Wsparcia Utrzymania Ruchu

- ✓ System dedykowany Służbom Utrzymania Ruchu
- ✓ Współpraca na linii TECHNOLOG (Produkcja) ←→ Utrzymanie Ruchu
- ✓ System „szyty na miarę”.

- ✓ Dostęp do systemu:
  - Komputery stacjonarne w sieci COPI
  - Laptopy poprzez sieć COPI
  - Laptopy poprzez VPN – mobilna sieć (praca zdalna)
  - Urządzenia mobilne – w kolejnych etapach projektu

- ✓ System przeglądarkowy – nie wymaga instalacji oprogramowania



CMMS – Wdrożone aplikacje w KGHM Polska Miedź S.A.

Narzędzia CMMS wdrożone w KGHM :

- ✓ **Bloki Gazowo Parowe**
- ✓ **PeBeKa**
- ✓ **KGHM Zanam – zakład produkcyjny**
- ✓ **Kopalnie – maszyny dołowe**



CMMS – Wdrożenie na oddziałach powierzchniowych KGHM

Zarządzanie projektem

- ✓**Projekt realizowany jest ramach Programu KGHM 4.0**
- ✓**Odziały objęte wdrożeniem:**

Zakłady Wzbogacania Rud,

Huta Miedzi Głogów,

Huta Miedzi Legnica,

Huta Miedzi Cedynia,

Zakład Hydrotechniczny

Etap I Pilot systemu - WYKONANO

- ✓ Opracowanie funkcjonalności na wybranych Wydziałach
- ✓ Dostosowanie przepływu danych do specyfiki pracy Oddziałów

Etap II Start produkcyjny - WYKONANO

- ✓ Wdrożenie funkcjonalności opracowanych w pilocie na Oddziałach
- ✓ Umieszczenie oprogramowania i bazy danych na serwerach produkcyjnych – start PRODUKCYJNY

Etap III – W RALIZACJI

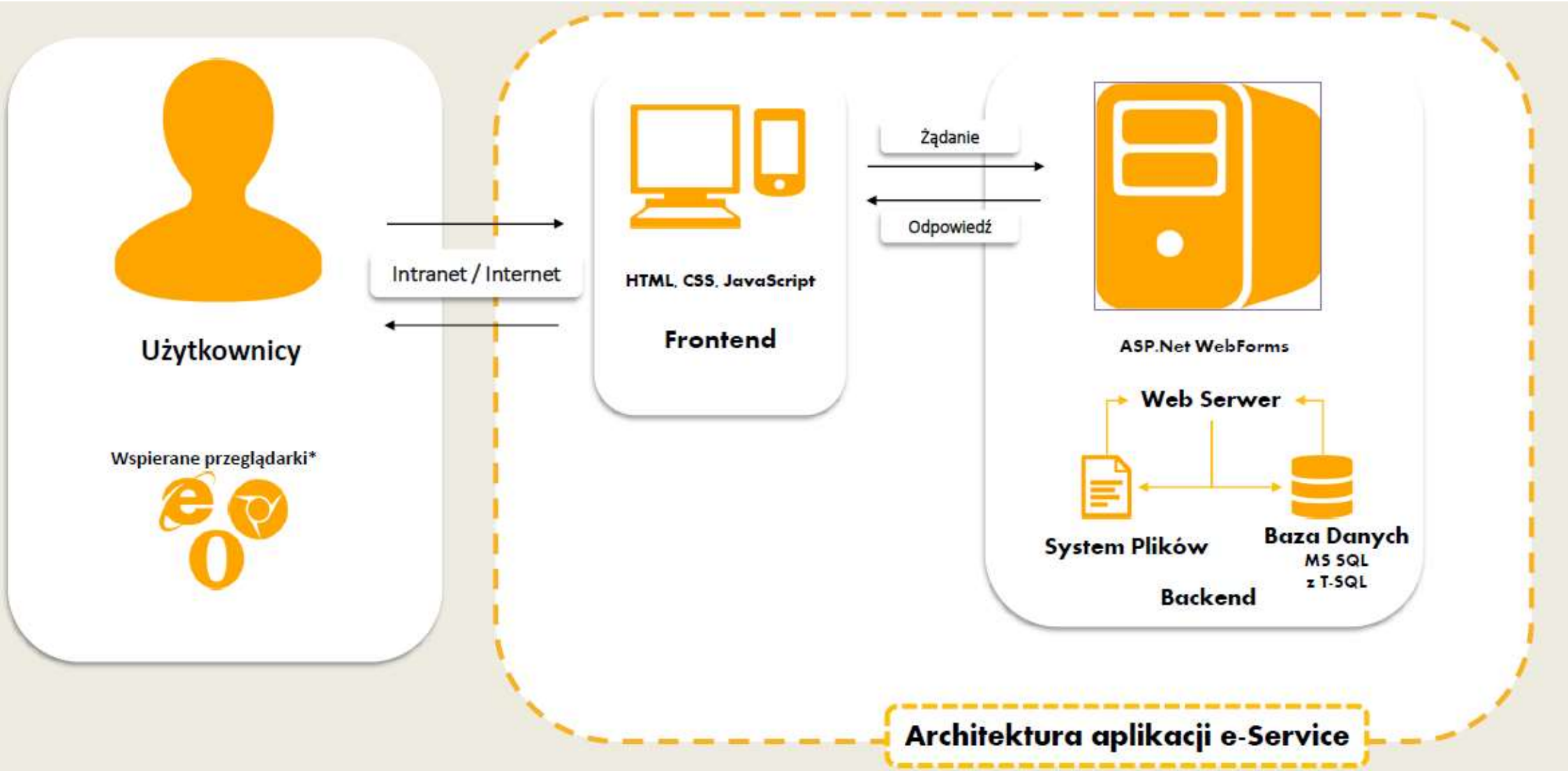
- ✓ obsługa on-line firm serwisowych
- ✓ usługa mobilna – zgłaszanie, obchody techniczne
- ✓ integracja z sygnałami z maszyn i urządzeń,

Etap - PLANOWANY

- ✓ Integracja z systemem ERP w zakresie gospodarki materiałowej

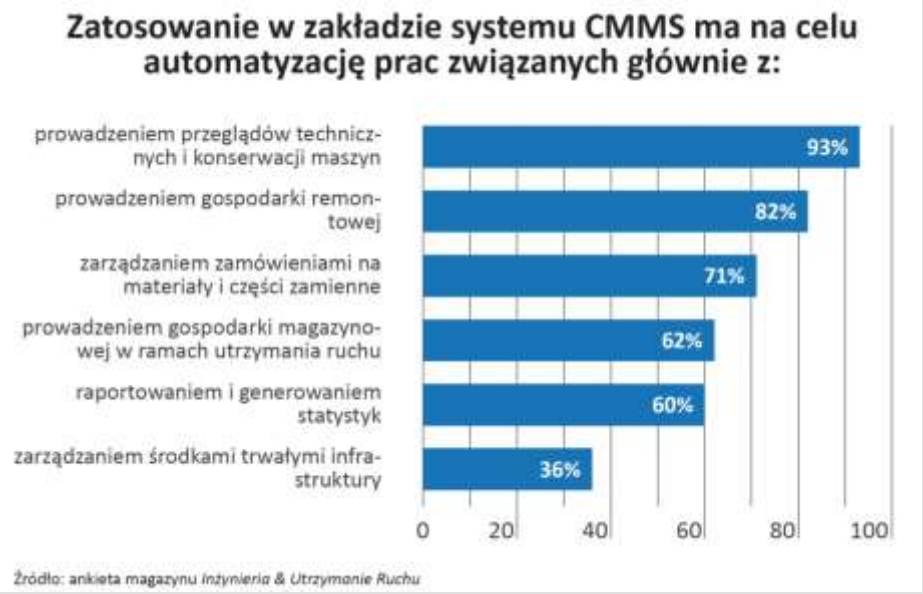
KGHM POLSKA MIEDŹ

CMMS – Struktura funkcjonowania systemu



CMMS – Główne funkcje systemu

- ✓ **Elektryczny obieg dokumentów**
- ✓ **Baza obiektów technicznych – dane w jednym miejscu**
- ✓ **Historia prac**
- ✓ **Gospodarka magazynowa – integracja z istniejącym systemem ERP**
- ✓ **Planowanie i harmonogramowanie**
- ✓ **Wykrywanie przekroczeń parametrów technicznych - technologia 4.0**
- ✓ **Powiadomienia e-mail**
- ✓ **Raporty**

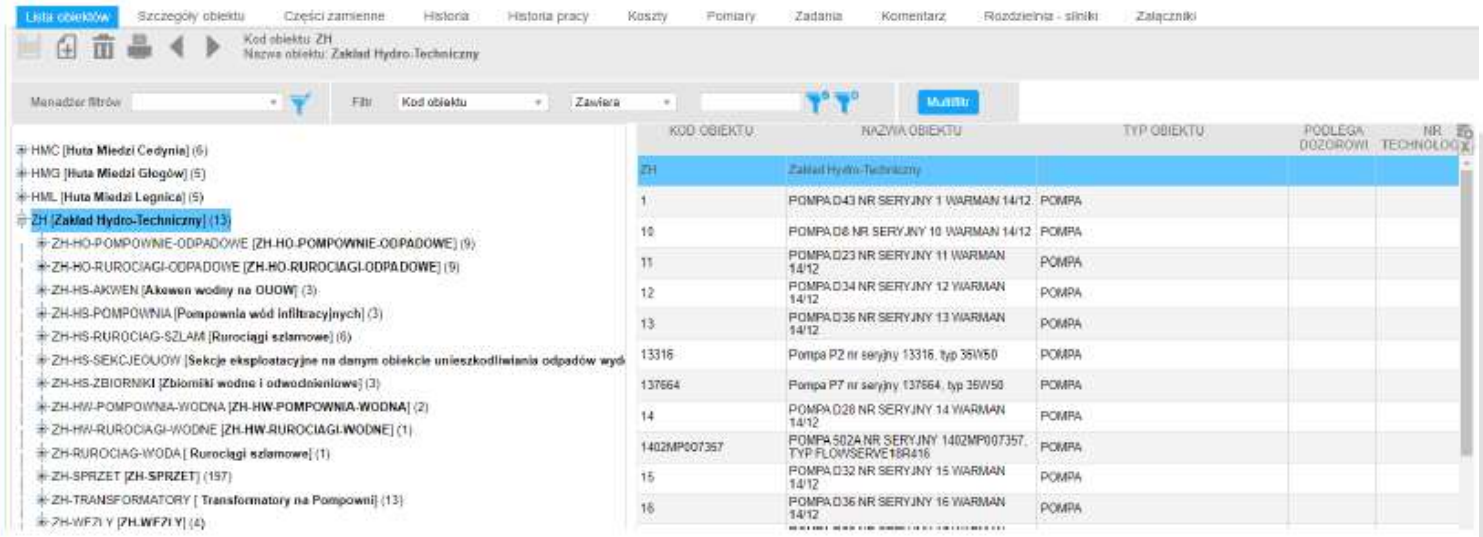


CMMS – Baza obiektów technicznych

Baza Obiektów Technicznych

Najważniejsze Funkcje

- Kartoteka w formie drzewa pozwala szybko pokazać miejsce zamontowania obiektu oraz całą historię użycia wraz z informacjami dotyczącymi wykonanych zleceń pracy
  - Możliwość wyświetlenia rozdzielni oraz jej elementów wraz z informacją, które obiekty używają danej rozdzielni
  - Możliwość wyświetlenia informacji dotyczących silników wraz z miejscem ich montażu
  - Możliwość dołączenia dokumentacji technicznej do każdego obiektu

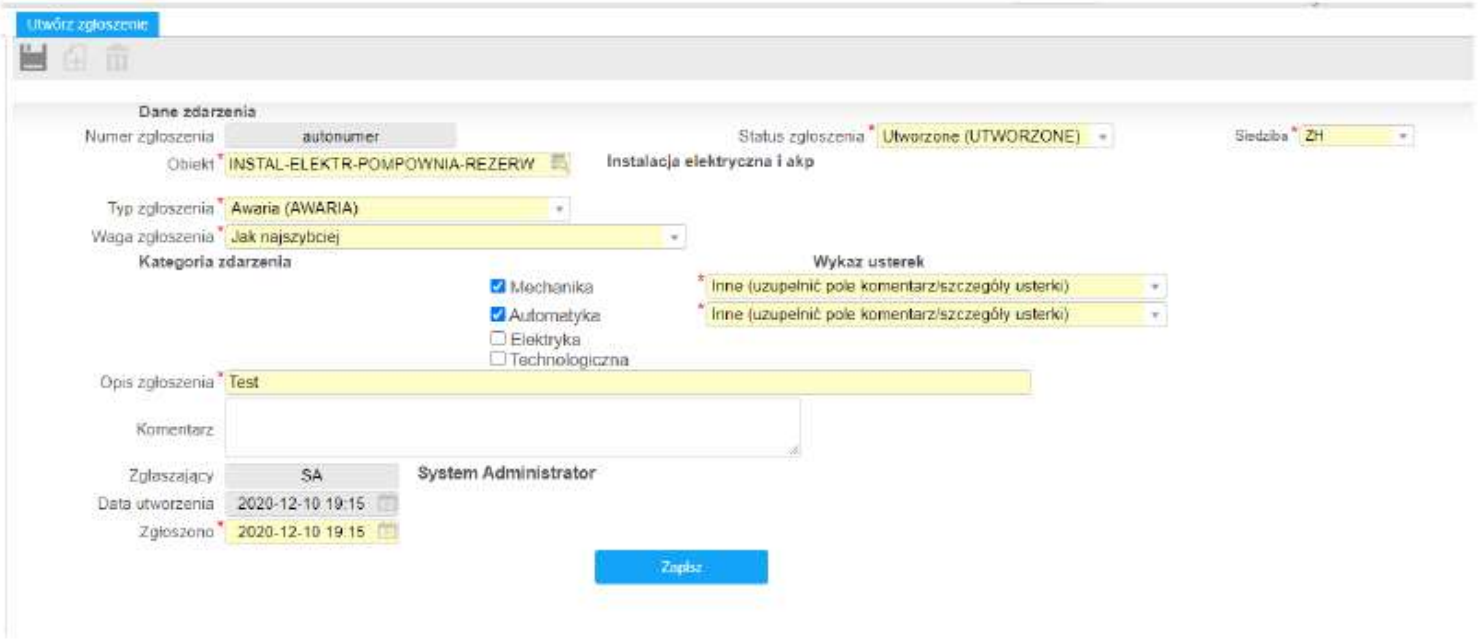


CMMS – Zgłoszenia

Zgłoszenia

Najważniejsze Funkcje

- Łatwy sposób generowania zgłoszeń uwzględniający typ, wagę i branżę
  - Możliwość definiowania wykazu usterek dla typu obiektu technicznego i branży
- Powiadomienie mailowe trafia do odpowiednich osób w zależności od branży i wydziału

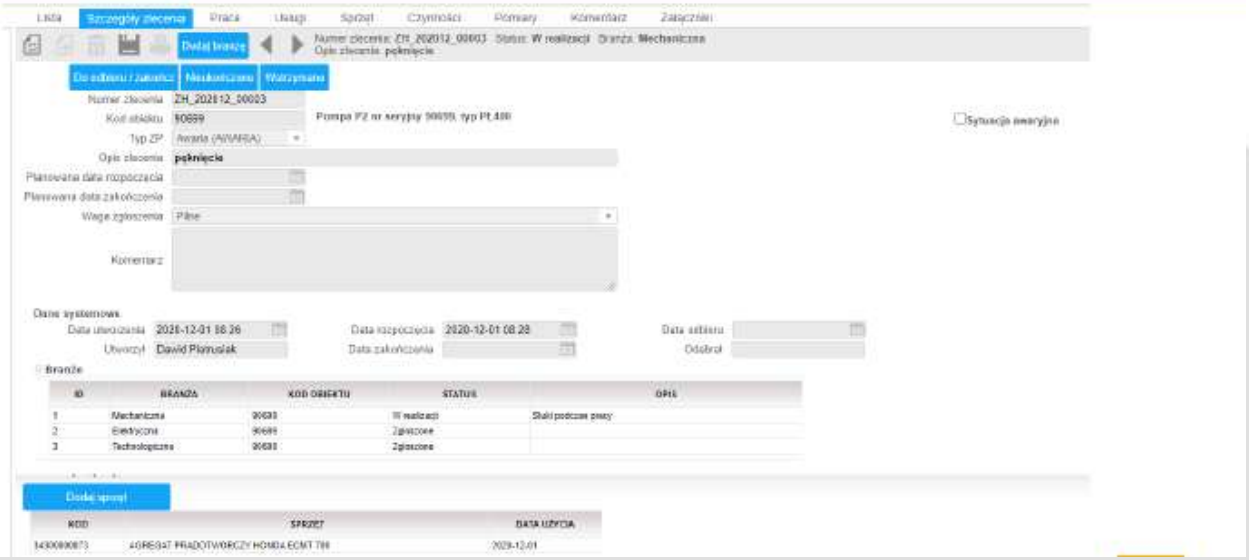


CMMS – Zlecenia pracy

Zlecenia Pracy

Najważniejsze Funkcje

- Możliwość łatwego filtrowania listy zleceń pracy
  - Predefiniowane filtry dla grup użytkowników, np. Prace bieżące do realizacji
- Możliwość realizacji czynności oraz rozpisywania godzin pracy oraz użytego sprzętu
- Możliwość zdefiniowania dodatkowej branży w celu pełnej realizacji zlecenia
- Dostęp do załączników zdefiniowanych na obiekcie, którego dotyczy Zlecenie Pracy

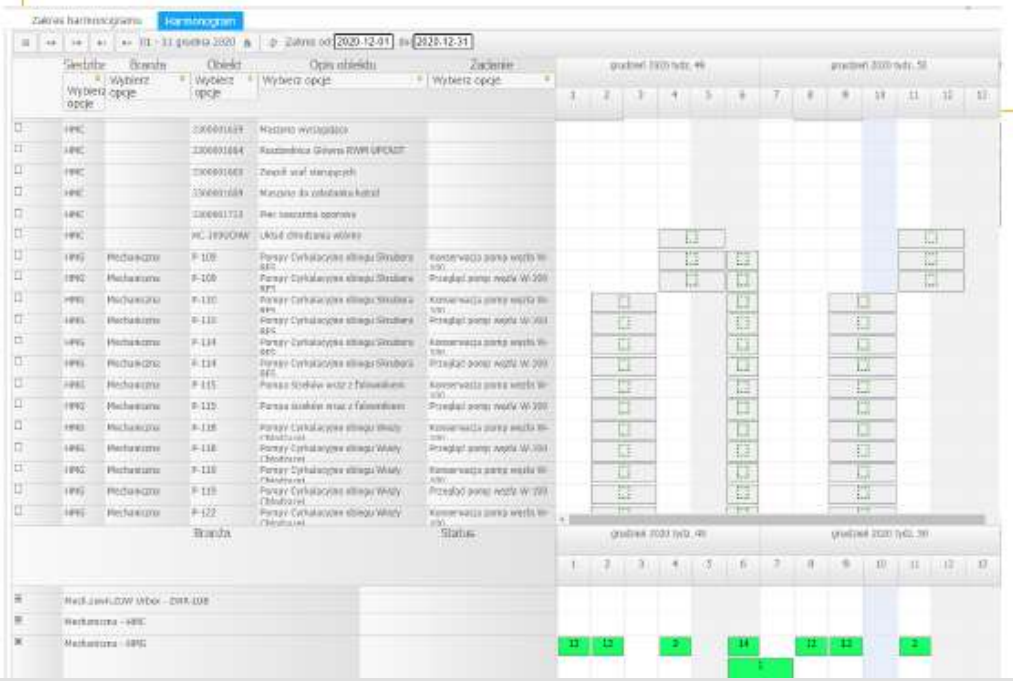


CMMS – Planowanie i harmonogramowanie

Planowanie

Najważniejsze Funkcje

- Definiowanie zadań według typów:
  - Przegląd okresowy, kalibracja, konserwacja z uwzględnieniem wydziału, siedziby i branży
- Dla zdefiniowanych zadań możliwość przypisania czynności wraz z pracochłonnością i potrzebnymi materiałami (Faza III wdrożenia)
- Prezentacja planu pracy na harmonogramie z możliwością generowania zleceń pracy

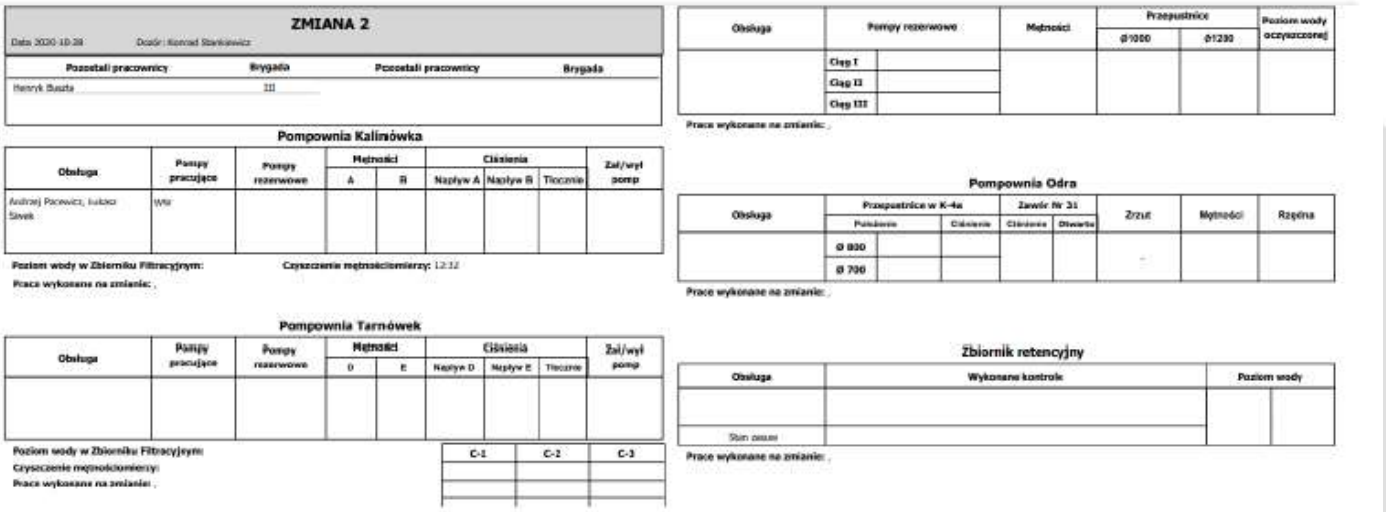


CMMS – Pracownicy

Pracownicy

Najważniejsze Funkcje

- Raport zmianowy
  - Podsumowanie wszystkich prac wykonanych w danym dniu dla wybranej branży
  - Dla branży technologicznej możliwość określenia stanu sieci



ZMIANA 2

Data 2020-10-28 Dodr: Konrad Stankiewicz

Pozostali pracownicy	Brygada	Pozostali pracownicy	Brygada
Henryk Buszta	III		

Pompownia Kalinówka

Obsługa	Pompy pracujące	Pompy rezerwowe	Mętności A	Mętności B	Ciśnienia Napływ A	Ciśnienia Napływ B	Ciśnienia Tłocznie	Zał/wył pomp
Andrzej Pacewicz, Łukasz Siwek	I/III							

Poziom wody w Zbiorniku Filtracyjnym:
Czyszczenia mętnościomierzy: 12:12
Praca wykonane na zmianie: ,

Pompownia Tarnówek

Obsługa	Pompy pracujące	Pompy rezerwowe	Mętności D	Mętności E	Ciśnienia Napływ D	Ciśnienia Napływ E	Ciśnienia Tłocznie	Zał/wył pomp

Poziom wody w Zbiorniku Filtracyjnym:
Czyszczenie mętnościomierzy:
Praca wykonane na zmianie: ,

C-1	C-2	C-3

Obsługa	Pompy rezerwowe		Mętności	Przepustnice Ø1000	Przepustnice Ø1200	Poziom wody oczyszczonej
	Ciąg I					
	Ciąg II					
	Ciąg III					

Prace wykonane na zmianie: ,

Pompownia Odra

Obsługa	Przepustnice w K-4a Położenie	Przepustnice w K-4a Ciśnienie	Zawór Nr 31 Ciśnienie	Zawór Nr 31 Otwarte	Zrzut	Mętności	Rzędna
	Ø 800						
	Ø 700						

Prace wykonane na zmianie: ,

Zbiornik retencyjny

Obsługa	Wykonane kontrole	Poziom wody	
Stan zasuw			

Prace wykonane na zmianie: ,

CMMS – Raporty (Analiza Danych)

Raporty

Najważniejsze Funkcje

- Funkcjonalność OLAP pozwalająca na tworzenie tabeli przestawnych na podstawie danych z systemu wraz z możliwością zapisywania szablonów ustawień



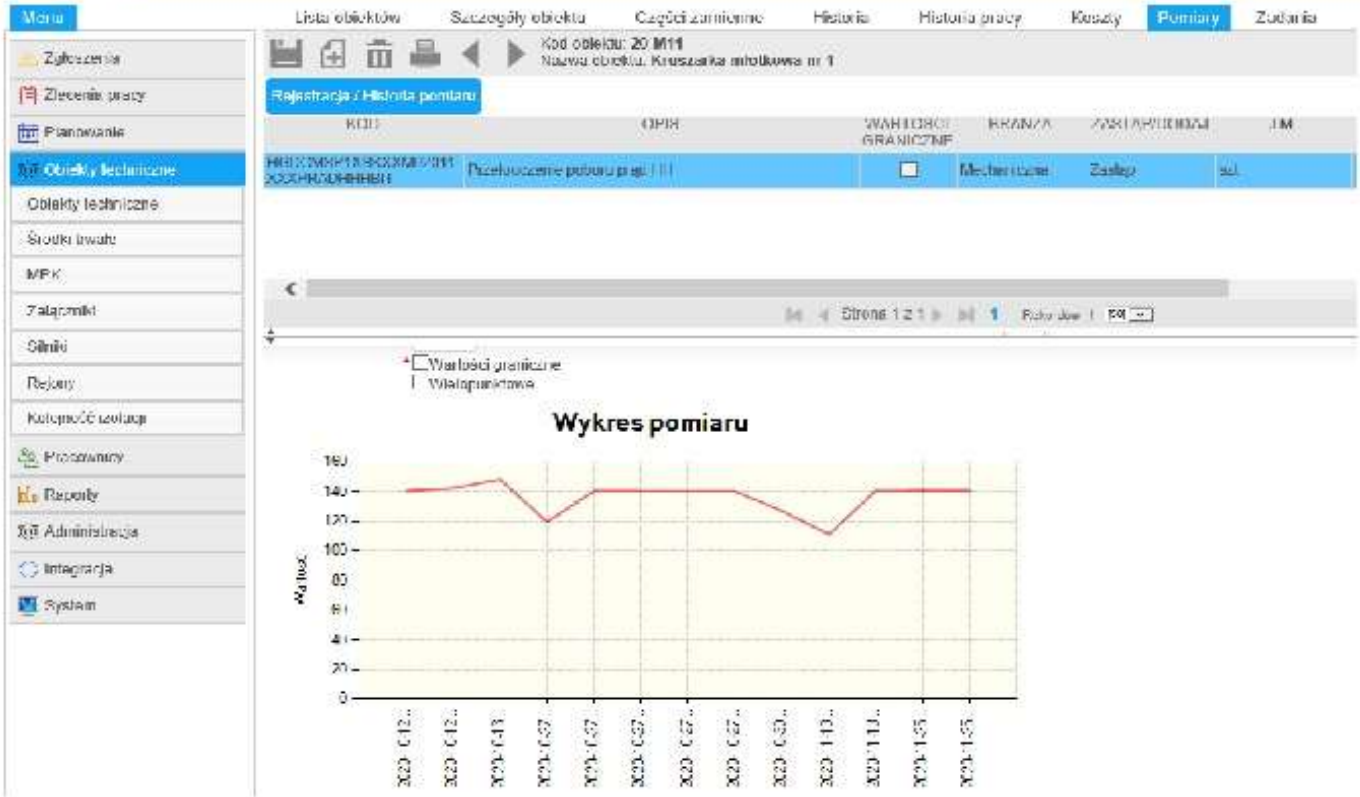


CMMS – Technologia 4.0

Technologia 4.0

Monitoring przekroczeń

- Monitoring parametrów pracy maszyny pozwala na automatyczne wygenerowanie zlecenia przeglądu w przypadku przekroczenia granicznych wartości.



CMMS - Korzyści wdrożenia

Główne cele wdrożenia CMMS

- Cyfryzacja porcesów zarządzania utrzymaniem ruchu
- Budowa historii maszyn, urzadzeń, odcinków produkcyjncyh, Oddziałów
- Zgromadzenie dokumentacji technicznej w jednym miejscu
- Ewidencja rotacji podzespołów (ponowna zabudowa)
- Wykorzystanie technologi przemysłu 4.0
- Zachowanie wiedzy ekploatacyjnej – zmiana pokoleniowa
- Planowanie i harmonogramowanie prac
- Narzędzie analityczne dla kierownictwa UR

KGHM
POLSKA MIEDŹ

Dziękuję

Kierownik Projektu CMMS
mgr inż. Piotr Kiec

Zastosowanie systemu CMMS (ang. Computer Maintenance Management System) do wsparcia służb utrzymania ruchu i zarządzania gospodarką materiałową w KGHM Polska Miedź S.A.

Piotr Kiec
KGHM Polska Miedź S.A.

STRESZCZENIE: Ciągłe zmiany otoczenia rynkowego oraz tempo zmian zachodzących w inżynierii materiałowej w znacznym stopniu wpływają na sposób funkcjonowania służb utrzymania ruchu w KGHM Polska Miedź S.A. Zapewnienie ciągłości produkcji wymaga analizy awarii, usterek i kosztów utrzymania poszczególnych etapów ciągu produkcyjnego. System CMMS wdrażany na Oddziałach powierzchniowych KGHM Polska Miedź S.A. nie tylko pozwala na bieżące prowadzenie i raportowanie prac, ale przede wszystkim buduje historię eksploatacji poszczególnych maszyn. Zastosowana technologia przemysłu 4.0 pozwala na automatyczne generowanie przeglądów będących podstawowym narzędziem prewencyjnego utrzymania ruchu.

SŁOWA KLUCZOWE: CMMS, Utrzymanie ruchu, Technologia 4.0

SUMMARY: Constant changes on the global market and the speed of changes taking place in materials engineering have a significant impact on functioning of the maintenance services at KGHM Polska Miedź S.A. Ensuring production continuity requires an analysis of failures, defects and maintenance costs of particular stages of the production chain. CMMS system implemented at the surface divisions of KGHM Polska Miedź S.A. not only allows for current keeping and reporting of the works, but above all builds the history of individual machines operation. Applying the industry 4.0 technology for the automatic generation of inspections is the basic preventive maintenance tool.

KEYWORDS: CMMS, Maintenance, 4.0 Technology

Służby utrzymania ruchu w zakładach przemysłowych są niezbędne do utrzymania w sprawności ciągów technologicznych. W dobie technologii 4.0 oraz cyfryzacji procesów produkcyjnych pojawiają się narzędzia wspomagające inżynierów w podejmowaniu właściwych decyzji związanych z bieżącą realizacją, planowaniem i budżetowaniem prac. CMMS (ang. Computerised Maintenance Managment Systems) to aplikacja komputerowa stworzona do zarządzania procesami związanymi z utrzymaniem ruchu. Wdrażany obecnie w KGHM Polska Miedź S.A. system CMMS dla Oddziałów powierzchniowych porządkuje procesy biznesowe i pozwala na gromadzenie historii poszczególnych urządzeń.

1. PLANOWANIE WDROŻENIA

Każdy projekt wdrożenia oprogramowania potrzebuje indywidualnego podejścia ze względu na specyfikę produkcyjną i kulturę organizacyjną danej firmy. Podstawowe pytania jakie należy sobie zadać podczas budowania wizji wdrożenia odnoszą się do celów jakie chcemy osiągnąć w naszej organizacji oraz jakich problemów komunikacyjnych, organizacyjnych czy kul-turowych chcemy uniknąć w naszej organizacji.

Najczęściej wskazywane cele podczas planowania projektu:

- budowanie historii maszyn i urządzeń,
- zmniejszenie awaryjności (prewencyjne utrzymanie ruchu),
- zgromadzenie dokumentacji technicznej w jednym miejscu,
- gromadzenie wiedzy eksploatacyjnej zanikającej przy rotacji pracowników i zmianie pokoleniowej,
- wykorzystanie technologii 4.0 do automatycznego zgłaszania przeglądów maszyn,
- możliwość raportowania i analizy w celu optymalizacji linii produkcyjnych,
- zarządzenie częściami zamiennymi,
- obsługa zleceń dla firm zewnętrznych,
- planowanie prac utrzymania ruchu na poszczególnych odcinkach ciągu produkcyjnego.

Przy definiowaniu celów nie należy koncentrować się na wszystkich problemach, a raczej kierować się możliwością usunięcia „wąskich gardeł" i usprawnienia komunikacji pomiędzy służbami technologicznymi a utrzymaniem ruchu.

1.1. *Infrastruktura IT*

Podstawowym kryterium decyzji o wdrożeniu CMMS jest zaplanowanie infrastruktury IT pod przyszłe stacje komputerowe. Bezpieczna sieć komputerowa, serwery baz danych oraz stacje robocze mają umożliwić pracę zarówno osobom zgłaszającym zdarzenia na ciągu technicznym jak i kadrze inżynierskiej. Lokalizacja komputerów nie jest bez znaczenia. Odpowiednia ilość komputerów na poszczególnych etapach produkcji zapewnia płynność przepływu informacji. Ergonomia pracy służb technicznych jest podstawą do akceptacji przez załogę nowego narzędzia i płynnego wdrożenia systemu.

1.2. *Oprogramowanie*

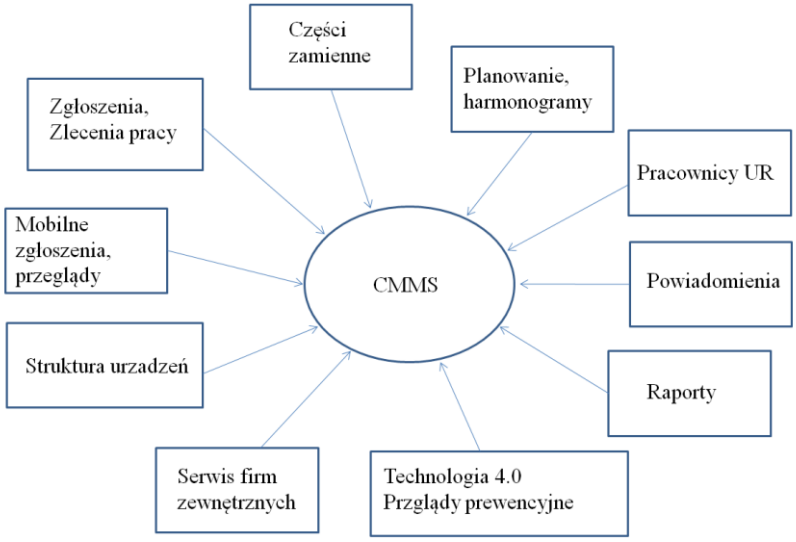
Równie istotnym elementem wdrożenia systemu CMMS jest dobór oprogramowania. W 80% sukces skutecznego wdrożenia opiera się na dobrze współpracującym zespole wdrożeniowym i wsparciu ze strony kadry zarządzającej. Pozostałe składowe to dobór partnera do zbudowania cyfrowego obrazu współzależności występujących w pracach utrzymania ruchu. Na rynku IT są

gotowe narzędzia CMMS, jak również firmy które dostosowują oprogramowanie w trakcie tworzenia systemu.

2. ORGANIZACJA PRACY PRZY WDROŻENIU

2.1. *Zespół projektowy*

W rozbudowanych technologicznie zakładach przemysłowych wdrożenie systemu CMMS nie jest łatwym zadaniem. Aby osiągnąć sukces, podstawą jest zbudowanie zespołu projektowego składającego się z osób doskonale znających specyfikę produkcji danych Oddziałów, jak również problemów występujących w codziennej pracy. Zadaniem kierownictwa projektu jest odpowiednia współpraca, motywowanie, ale również reagowanie w momencie zbyt dużych opóźnień w stosunku do przyjętego harmonogramu prac. Podstawą są regularne spotkania zespołu projektowego i zagwarantowanie załodze, że przygotowywany system jest wsparciem, a nie dodatkowym obowiązkiem dla pracowników. Dlatego szczególne znaczenie ma dobór oprogramowania, które będzie dawało możliwość załodze współtworzenia narzędzia do codziennej pracy.



Rys. 1. Schemat modułów systemu CMMS
Figure 1. Block diagram of the CMMS service

2.2. *Budowa struktury urządzeń*

Istotnym aspektem wdrożenia jest zbudowanie odpowiedniej struktury urządzeń. Pozornie proste zadanie w wielu przypadkach jest kamieniem milowym wymagającym dużego zaangażowania całego zespołu projektowego. Przy dużej złożoności ciągu technologicznego budowa drzewa składającego się z tysięcy urządzeń może przysporzyć wielu problemów. Aby uniknąć zbyt szczegółowego podejścia do części składowych maszyn stosuje się uproszenia w postaci ciągów technologicznych, grup urządzeń lub komponentów.

2.2. *Unifikacja i standaryzacja*

Podczas prac nad formularzami zgłoszeń, protokołów naprawczych czy raportów należy dążyć do standaryzacji, która obejmie wszystkich użytkowników systemu. Informacje które chcemy pozyskać do budowy bazy danych ostatecznie obsługiwane są przez ludzi. Dlatego też, formularze tworzone w CMMS powinny uwzględniać ergonomię i specyfikę pracy na danych odcinkach ciągu produkcyjnego. Wdrożeniowcy systemów IT często zapominają o tym aspekcie. Zbyt skomplikowane, rozbudowane formularze zniechęcają załogę do wykorzystywania narzę-dzia, a w konsekwencji może prowadzić do marginalizowania pracy z programem.

2.3. *Podział projektu na etapy*

Stworzenie struktury urządzeń i zbudowanie modułów w oprogramowaniu CMMS to nie wszystko. Najistotniejszym elementem jest stworzenie odpowiedniego zespołu wdrożeniowego obejmującego poszczególne branże techniczne. W przypadku KGHM na wszystkich Oddziałach występują służby: mechaniczne, elektryczne i automatyki . Każda z branż ma zróżnicowaną organizację i specyfikę pracy. Uzasadnionym jest, aby podzielić pracę na etapy pozwalając załodze na płynne wdrażanie poszczególnych funkcjonalności oprogramowania. Jednoczesne wprowadzanie wszystkich modułów doprowadziłoby do nadmiernego obciążenia pracowników utrzymania ruchu, co przełożyłoby się na negatywny odbiór zbyt szybkich zmian organizacji pracy. Podzielenie projektu na etapy pozwoli również na wyeliminowanie błędów technicznych po wdrożeniu do produkcji. Częste spotkania z zespołem projektowym zaowocuje szybkim korygowaniem niespójności danych. W efekcie konfiguracja oprogramowania będzie dopracowana w szczegółach i przetestowana przez wyznaczoną grupę użytkowników końcowych.

3. NARZĘDZIE DO CODZIENNEJ PRACY

3.1. *Wykorzystanie technologii 4.0*

Utrzymanie ciągłości produkcji wymaga nie tylko reagowania w przypadku wystąpienia awarii, ale przede wszystkim koncentracji na zapobieganiu występowania niepożądanych zdarzeń. Prewencyjne utrzymanie ruchu w ostatnich latach znacząco przyspieszyło skuteczność działań dzięki wykorzystaniu bezpośredniej komunikacji z urządzeniami. System CMMS korzysta z licznych czujników kontrolujących parametry pracy poszczególnych maszyn. W ten sposób uzyskane dane porównuje się z nominalnymi parametrami pracy. W przypadku przekroczenia zadanych wartości CMMS automatycznie generuje zlecenia przeglądu. Dzięki temu mechanizmowi krytyczne urządzenia są objęte prewencyjnym monitoringiem pracy. Podobnie jak w poprzednio wspominanych założeniach projektowych zalecany jest umiar w ilości przeglądów zlecanych automatycznie. Należy skupić się na strategicznych urządzeniach, bezpośrednio wpływających na przerwanie procesu produkcyjnego.

3.2. *Gospodarka magazynowa*

Realizacja zadań związanych z usuwaniem awarii na ciągu technologicznym składającym się z kilku tysięcy urządzeń to nie lada wyzwanie. Ciężkie warunki pracy występujące na Oddziałach KGHM i wyzwania związane z korozją, wysokimi temperaturami, ścieraniem czy zmęczeniem materiału to codzienna praca kadry inżynierskiej. Całość prac planowana jest pod

zdefiniowany budżet. Zastosowanie systemu klasy CMMS porządkuje i wspomaga kontrolę oraz zarządzanie środkami przeznaczonymi na dany odcinek ciągu produkcyjnego. Dzięki rozbudowanym raportom zebrane dane wspomagają kadrę inżynierską w podejmowaniu właściwych decyzji dotyczących zastosowania odpowiednich części zamiennych lub modernizacji awaryjnych komponentów. Analiza danych pozwala na porównywanie poszczególnych odcinków produkcyjnych, definiowanie komponentów wysoko kosztowych, części krytycznych czy też szybko rotujących. Całość działań umożliwia bieżącą kontrolę i podgląd wykorzystanych środków w przeciągu roku.

3.3. *Integracja istniejących systemów*

Przy wdrażaniu systemu klasy CMMS często napotyka się na temat integracji z istniejącymi systemami. W przypadku rozbudowanych systemów typu ERP (ang. Enterprise Resources Planning) lub systemów automatyki każdorazowo wdrażane oprogramowanie musi posiadać odpowiedni język komunikacji oraz zdefiniowany zakres danych. Z założenia prosta integracja może okazać się barierą blokują wcześniej założony rozwój projektu. Dlatego uzasadnionym działaniem jest dokładna analiza możliwości, harmonogram i potrzeba integracji dodatkowych systemów.

3.4. *Analiza danych*

Podstawowym zadaniem CMMS jest wsparcie codziennej pracy służb utrzymania ruchu. Systematycznie uzupełniana baza danych jest kopalnią wiedzy dla kadry kierowniczej. Wykorzystując dostępne w oprogramowaniu narzędzia analityczne można tworzyć zestawienia i raporty według indywidualnych potrzeb. Bazując na wynikach analiz i planowaniu działań prewencyjnych można wydłużyć dostępność ciągu technologicznego. Jest to kluczowy cel przy produkcji realizowanej przez całą dobę. Zastosowana cyfryzacja eliminuje żmudny proces tworzenia dokumentacji papierowej i związany z nią chaos informacyjny.

Analiza danych pozwala:

- planować przeglądy,
- efektywnie wykorzystywać zasoby osobowe,
- identyfikować etapy ciągu technologicznego z podwyższoną awaryjnością,
- kontrować budżet,
- porównywać awaryjność urządzeń,
- definiować wskaźniki awaryjności.

PODSUMOWANIE

Współczesna kadra zarządzająca utrzymaniem ruchu stoi przed szerokim wachlarzem wyzwań. Presja redukcji kosztów eksploatacji maszyn oraz dążenie do ciągłości produkcji przez całą dobę wymaga odpowiednich narzędzi. CMMS wraz z szerokim zakresem modułów wspierających procesy zarządcze i biznesowe wydaje się nieodzownym oprogramowaniem we współczesnym świecie. Technologia 4.0, wykorzystanie urządzeń mobilnych przy inspekcjach tech-nicznych, możliwość analizy danych w dowolnym zakresie dat, porównywanie i analizowanie poszczególnych odcinków ciągu produkcyjnego wpływa bezpośrednio na jakość wykonywanych prac oraz pozwala redukować koszty utrzymania ruchu. Zdecydowanie należy podkreślić potrzebę usprawnienia komunikacji pomiędzy służbami technologicznymi a utrzymaniem ru-

chu i raportowania wykonywanych przez nich prac. Nie bez znaczenia jest również aspekt środowiskowy, uwzględniajcy eliminację dotychczas drukowanych setek stron raportów lub wypełnianych ręcznie książek raportowych. Szybkość dostępu do danych i możliwość ich analizy jest kluczowa dla utrzymania ciągłości produkcji. System doskonale sprawdza się w aspekcie przekazywania informacji pomiędzy poszczególnymi zmianami. Pracując w systemie 3 lub 4 zmianowym łatwo jest o pomyłkę i pominięcie istotnych zadań wpływających na ciągłość pracy urządzeń. Dzięki systemowi CMMS dozór techniczny uzyska narzędzie archiwujące, podpowiadające i wspomagające zarządzanie utrzymaniem ruchu. W procesie podejmowania decyzji o wdrożeniu systemu powinni uczestniczyć przedstawiciele wszystkich szczebli struktury organizacyjnej związanych z produkcją. Żaden system nie jest w stanie zastąpić ludzi i to świadoma załoga oraz zespół projektowy są niezbędne, aby skutecznie wdrożyć CMMS w zakładzie przemysłowym.



„Wdrożeniowcy są wśród nas”

PhD students are among us

BOGDANKA

Bogdanka, Wrzesień 2021r.

Agenda

1. O programie Doktorat Wdrożeniowy
2. Korzyści płynące z udziału w programie Doktorat Wdrożeniowy
3. Dyskusja

AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica
w Krakowie

Źródło:



O programie Doktorat Wdrożeniowy

BOGDANKA

Doktorat wdrożeniowy jest sztandarowym programem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego - jego istotą jest połączenie świata nauki ze sferą biznesu dla osiągnięcia obopólnych korzyści.

Realizacja programu doktorat wdrożeniowy na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie uznawana za jedną z najlepszych uczelni technicznych w kraju.

Głównym założeniem jest przygotowanie rozpraw doktorskich, które umożliwią dalszy rozwój naszego przedsiębiorstwa.

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki WIMiR jest najlepszym wydziałem mechanicznym w Polsce.

Przygotowanie rozpraw potrwa maksymalnie 4 lata.


Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
AGH
Szkoła Doktorska AGH

WIEDZA PASJA WIĘŹ

ZASADY ODBYWANIA KSZTAŁCENIA W SZKOLE DOKTORSKIEJ AGH W POŁĄCZENIU Z REALIZACJĄ PRACY DOKTORSKIEJ W RAMACH PROGRAMU *DOKTORAT WDROŻENIOWY*

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie bierze udział w programie „Doktorat wdrożeniowy" od ogłoszenia przez MNiSW pierwszej edycji. W trzech dotychczasowych edycjach konkursu AGH uzyskała finansowanie dla ponad 200 tematów badawczych, co stawia uczelnię w ścisłej czołówce w Polsce. Akademia będzie brała udział w kolejnych edycjach konkursu, jeżeli tylko będą one ogłoszone przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Szkoła Doktorska AGH

Począwszy od 2019 roku III edycja doktoranci realizujący badania w ramach programu *Doktorat wdrożeniowy* kształcą się w Szkole Doktorskiej AGH (SD AGH). Szkoła przygotowuje do uzyskania stopnia naukowego doktora w następujących dziedzinach i dyscyplinach:

- w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
  - automatyka, elektronika i elektrotechnika,
  - informatyka techniczna i telekomunikacja,
  - inżynieria biomedyczna,
  - inżynieria chemiczna,
  - inżynieria lądowa i transport,
  - inżynieria materiałowa,
  - inżynieria mechaniczna,
  - inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka,
- w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych
  - informatyka,
  - matematyka,
  - nauki chemiczne,
  - nauki fizyczne,
  - nauki o Ziemi i środowisku,
- w dziedzinie nauk społecznych
  - nauki o zarządzaniu i jakości,
  - nauki socjologiczne,
- w dziedzinie nauk humanistycznych
  - nauki o kulturze i religii.

Kluczowe warunki udziału w programie *Doktorat wdrożeniowy*

Kluczowym warunkiem udziału w programie *Doktorat wdrożeniowy* jest **przyjęcie do szkoły doktorskiej** osoby, która jest albo zostanie zatrudniona na **podstawie umowy o pracę, w pełnym wymiarze czasu pracy, minimum na okres trwania kształcenia w szkole doktorskiej** przez podmiot, który wyrazi zgodę na jej kształcenie w szkole doktorskiej w ramach programu i zapewni jej opiekuna pomocniczego.

Oznacza to, że osoba realizująca pracę doktorską w ramach programu *Doktorat wdrożeniowy* **jest jednocześnie doktorantem w Szkole Doktorskiej AGH** w pełnym znaczeniu tego słowa, tzn. jest zobowiązana do uczestnictwa w zajęciach dydaktycznych zgodnie z jej **Indywidualnym Planem Kształcenia** (IPK) oraz realizacji **Indywidualnego Planu Badawczego** (IPB).

Pracodawca musi być więc świadomy, że udział pracownika w programie *Doktorat wdrożeniowy* oznacza, że obciążenie pracownika związane z pracą zawodową musi uwzględniać fakt jego kształcenia w Szkole Doktorskiej. Informujemy jednocześnie, że zgodnie z Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, nie jest możliwe kształcenie doktorantów w trybie niestacjonarnym, a co za tym idzie **Szkoła Doktorska AGH nie prowadzi zajęć w soboty i niedziele.**

Kontakt

Tel.: 12 617 56 10

Email: sdbiuro@agh.edu.pl

www: https://www.agh.edu.pl/szkola-doktorska-agh

Program kształcenia

Proces kształcenia w Szkole Doktorskiej AGH trwa **osiem semestrów.** Okres ten można skrócić pod warunkiem zrealizowania programu kształcenia i osiągnięcia wszystkich efektów uczenia się. Doktorant w SD AGH realizuje Indywidualny Plan Kształcenia oraz Indywidualny Plan Badawczy.
IPK realizowany przez Doktoranta obejmuje zajęcia w wymiarze **odpowiadającym co najmniej 26 punktom ECTS**, z czego co najmniej 6 punktów ECTS to zajęcia prowadzone w języku angielskim. IPK obejmuje **moduły obowiązkowe**: *Warsztat badacza, Myślenie krytyczne - fundamentalne dylematy współczesnej cywilizacji i Seminaria doktoranckie* oraz **moduły obieralne** wybierane przez Doktoranta. SD AGH oferuje pulę ponad 200 przedmiotów obieralnych, co umożliwia realizację modułów powiązanych z dyscypliną i tematyką prowadzonych badań naukowych.
Moduły obowiązkowe, z wyjątkiem Seminariów doktoranckich realizowane są **w pierwszym roku kształcenia**. Zajęcia są prowadzone blokowo i wymagają około 12 przyjazdów na AGH w trakcie pierwszego roku (większość w pierwszym semestrze). Obciążenie zajęciami w kolejnych semestrach jest zdecydowanie mniejsze i zależy w dużej mierze od tego ile i jakie moduły wybierze doktorant. Możliwa jest ponadto realizacja części zajęć zdalnie.

Rekrutacja 2020

Rekrutacja na rok akademicki 2020/2021 rozpocznie się **6 lipca 2020 r.** (rejestracja w systemie elektronicznym), a egzaminy wstępne odbędą się w pierwszej połowie września br. Wyniki rekrutacji zostaną przedstawione **do 20 września 2020 r.**

Kandydat zobowiązany są do przystąpienia do egzaminów z dyscypliny wiodącej i języka angielskiego. Informacje o zakresie tematycznym egzaminów z poszczególnych dyscyplin są dostępne na stronie internetowej SD AGH.

Możliwe jest uzyskanie zwolnienia z egzaminu z języka angielskiego na podstawie certyfikatu znajomości tego języka. Szczegółowe zasady rekrutacji do Szkoły Doktorskiej AGH na rok akademicki 2020/2021 określa uchwała Senatu AGH nr 24/2020, której treść dostępna jest na stronie internetowej SD AGH.

Współpraca w ramach programu *Doktorat wdrożeniowy*

Harmonogram prac nad przygotowaniem dokumentacji w ramach IV edycji uzależniony jest od terminów podanych w ogłoszeniu o uruchomieniu konkursu w 2020 r. Dołączenie tematu do wniosku AGH zależne jest od terminowego dostarczenia przez kandydata i jego przyszłego pracodawcę wszystkich niezbędnych dokumentów, wskazanych w ogłoszeniu konkursowym.
Zgodnie z zasadami programu *Doktorat wdrożeniowy* Akademia zobowiązana jest do zawarcia z każdym z przedsiębiorców, którzy zatrudnią doktoranta, umowy ustalającej m.in.:

- zasady podziału praw majątkowych do wyników badań przemysłowych lub prac rozwojowych wytworzonych w wyniku realizacji programu lub praw dostępu do rezultatów wynikających ze wspólnej realizacji programu,
- zasady przenoszenia pomiędzy Akademią, a przedsiębiorcą praw majątkowych do wyników badań przemysłowych lub prac rozwojowych będących rezultatem programu.

Na Państwa życzenie Szkoła Doktorska AGH może udostępnić wzorcową umowę, której szczegóły podlegają dalszym negocjacjom.



Korzyści płynące z udziału w programie Doktorat Wdrożeniowy

BOGDANKA

Korzyści płynące z udziału w programie Doktorat Wdrożeniowy

BOGDANKA



LW Bogdanka S.A.

- Nasze uczestnictwo w programie umożliwi kreowanie wizerunku firmy w świecie nauki (patenty, wzory użytkowe, publikacje w literaturze naukowej i czasopismach, wystąpienia na konferencjach itp.).
- Możliwość pozyskiwania grantów na pracę badawczo- naukowe, CBR, OBR.
- Posiadanie wysoko wykwalifikowanej kadry.

AGH

- Realizacja programu doktorat wdrożeniowy odbędzie się na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.
- Wykorzystanie zaplecza badawczo- naukowego uczelni.
- Możliwość realizacji i wdrożenia pomysłów powstałych na AGH.
- Możliwość kształtowania młodych studentów poprzez kontakt z przemysłem.

WYDZIAŁ GÓRNICTWA I GEOINŻYNIERII

Doktoranci

- Podnoszenie kwalifikacji, samorozwój, pogłębianie więzi z naszą kopalnią.
- Podjęcie się wyzwania możliwe było dzięki naszej determinacji i konsekwencji w dążeniu do postawionych celów.
- Uczestnictwo w procesie rekrutacji wymagało wielomiesięcznych przygotowań i wyrzeczeń, obejmowało między innymi specjalistyczne przygotowanie do egzaminu z przedmiotów technicznych, języka angielskiego jak również autoprezentację przed komisją rekrutacyjną w skład której wchodzili Profesorowie AGH





Dyskusja

BOGDANKA


BOGDANKA



Dziękuję za uwagę

Paweł Kochaj

BOGDANKA

PRZENOŚNIK ZGRZEBŁOWY DO PRAC RATOWNICZYCH TYPU PRJZR-400

JASTRZĘBSKIE ZAKŁADY REMONTOWE SP. Z O.O.



Cel główny

Opracowanie projektu i produkcja przenośnika zgrzebłowego dla potrzeb prowadzenia wszelkich akcji ratowniczych

Cele dodatkowe to m.in.:

- unifikacja napędów,
- zastosowanie innowacyjnych materiałów,
- modułowa i lekka konstrukcja,
- dedykowane kontenery dla szybkiego transportu,
- możliwość zastosowania przenośnika przy lekkich pracach przygotowawczych,
- możliwość transportu rannych,
- możliwość transportu na „czoło prac” kontenerów ze sprzętem ratowniczym

CEL PROJEKTU

W ramach realizowanego projektu, przeprowadzono szereg spotkań zarówno z użytkownikami jak i przedstawicielami producentów elementów handlowych, celem których była wymiana doświadczeń, a także wypracowanie wspólnej wizji urządzenia, które ma wspomóc ratowników podczas akcji.

Analizie poddano różne parametry, takie jak:

- długość całkowita przenośnika,
- długość i szerokość jednego segmentu trasy,
- wielkość i prędkość łańcucha,
- wydajność,
- układy napędowe,
- czas przygotowania urządzenia do pracy,
- wykorzystanie przenośnika do innych pomocniczych prac o niewielkiej wydajności i krótkim czasie eksploatacji.



CEL PROJEKTU

Przenośnik zgrzebłowy przeznaczony jest do stosowania w wszystkich miejscach, gdzie istnieje konieczność szybkiego dotarcia do osób poszkodowanych lub przygotowania miejsca zdarzenia pod właściwą akcję ratunkową tj. w kopalniach, placach budowy , w miejscach kataklizmów takich jak trzęsienia ziemi. Lekka i modułowa budowa urządzenia pozwala na szybki transport poszczególnych jego elementów do miejsca docelowej zabudowy, a wprowadzona uniwersalność konstrukcji umożliwia dowolną jego konfigurację, zależnie od wymaganej długości (max. 40m) , czy medium zasilania – napięcie elektryczne, sprężone powietrzne, emulsja wodna lub woda pod odpowiednim ciśnieniem. Urządzenie jest transportowane w specjalnych kontenerach, które dzięki swojej budowie można przewozić na platformach kołowych lub za pomocą transportu podwieszanego.
Dodatkowo przenośnik przystosowano do zabudowy noszy przeznaczonych do transportu rannych.

EFEKT

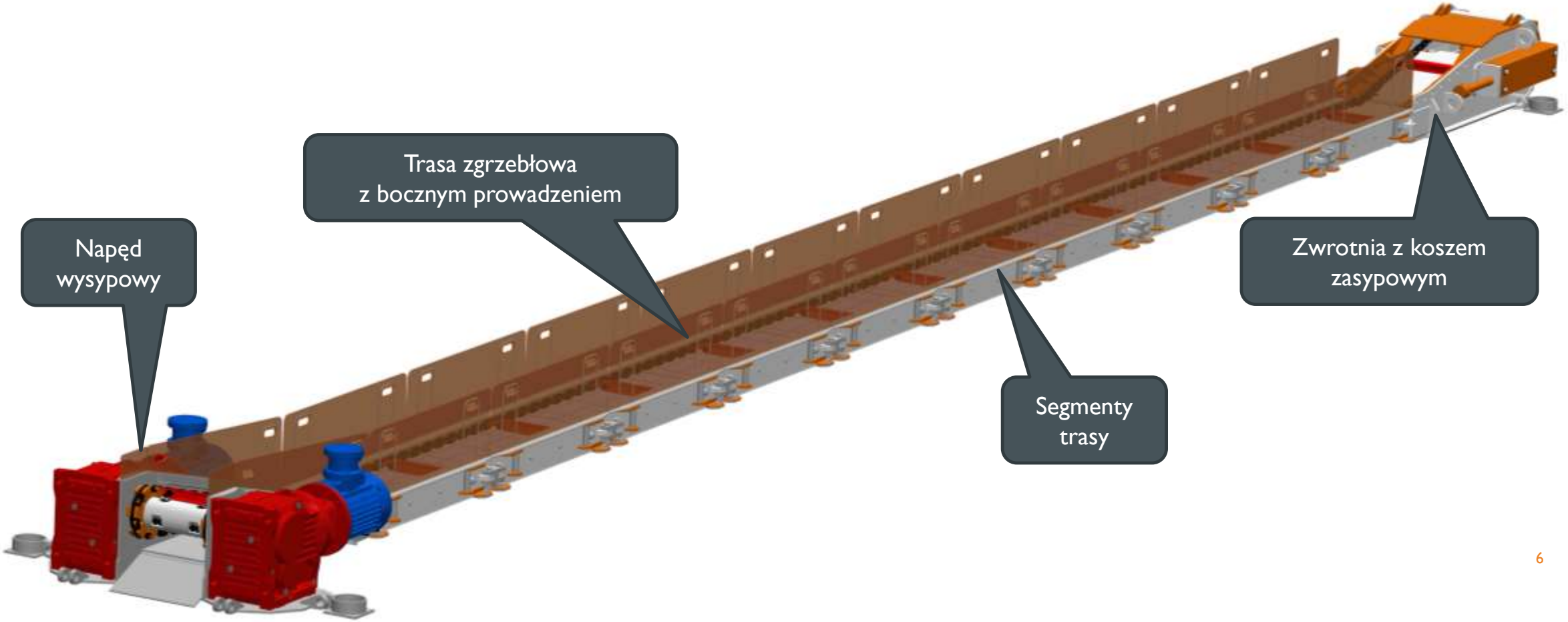
Przenośnik typu PRJZR-400

Dzięki szczegółowej analizie wcześniejszych zagadnień wypracowano następujące dane wejściowe

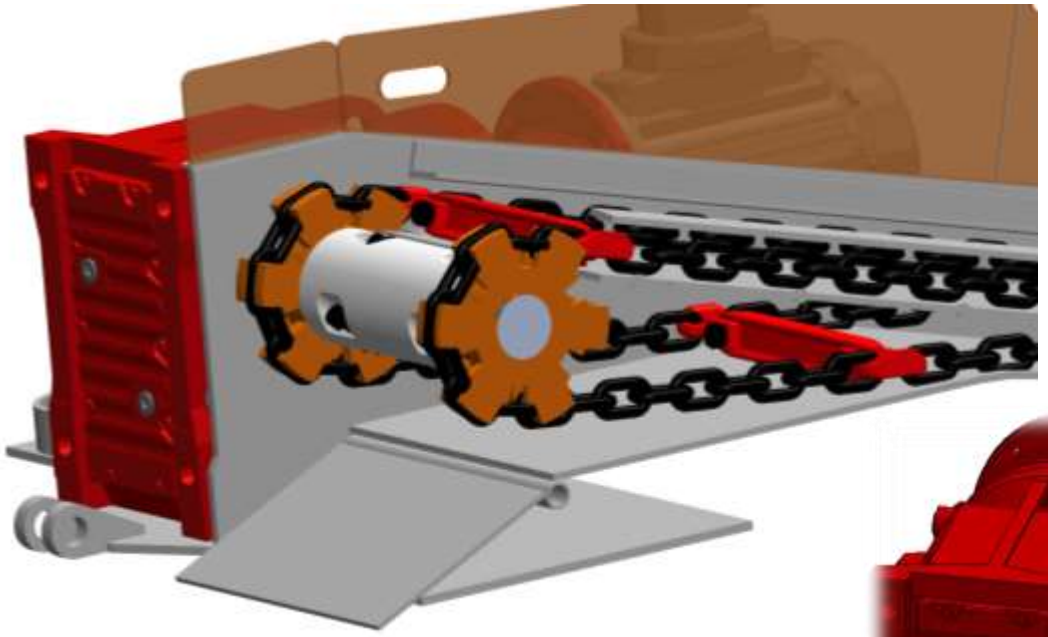
L.p.	Parametr	Wartość		
1	Nazwa i typ	PRJZR-400		
2	Ilość jednostek napędowych	1 lub 2		
3	Maksymalna długość przenośnika	40 *[m]*		
4	Typ jednostki napędowej	Silnik elektryczny	Silnik hydrauliczny	Silnik pneumatyczny
5	Maksymalny moment silnika	49,4 *[Nm]*	63 *[Nm]*	47,4 *[Nm]*
6	Ciśnienie / napięcie zasilania	500 / 1000 *[V]*	2,2 – 2,8 *[bar]*	*4 [bar]*
7	Układ napędu	Wysyp prosty		
8	Łańcuch (ilość pasm / wielkość)	2 / 14x50 *[mm] o podwyższonych parametrach*		
9	Prędkość łańcucha	0,6 *[m/s]*		
10	Rynnociąg: ▪ szerokość ▪ profil ▪ długość koryta ▪ grubość płyty ślizgowej ▪ wytrzymałość złączy między rynnami	 400 *[mm]* C 140E 1000 *[mm]* *8 [mm]* 2 x 50 *[kN]*		
11	Maksymalne nachylenie wzdłużne przenośnika	±18 *[°]*		
12	Maksymalny kąt przegięcia poziomego rynien	±2,0 *[°]*		
13	Maksymalny kąt przegięcia pionowego rynien	±2,5*[°]*		



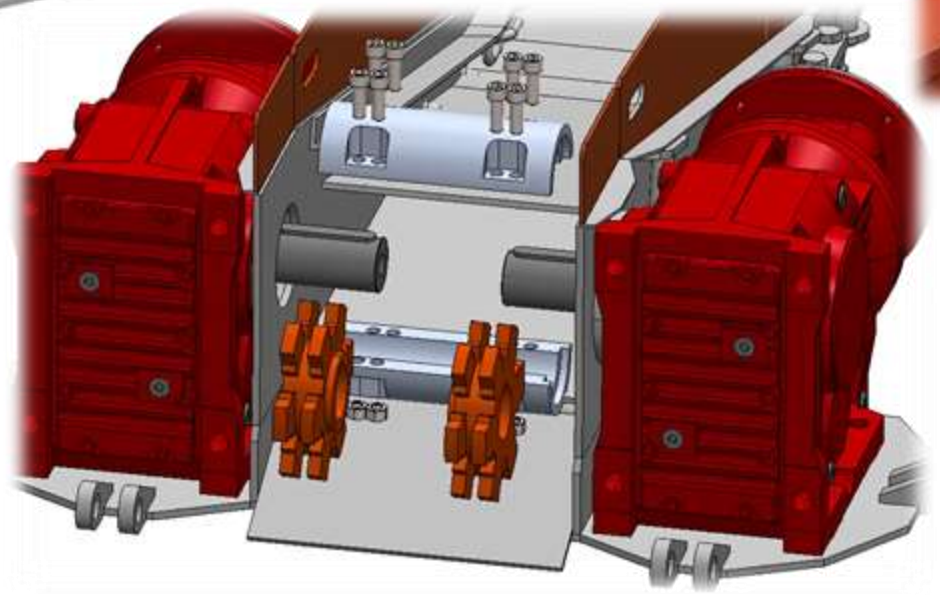
Budowa przenośnika PRJZR-400



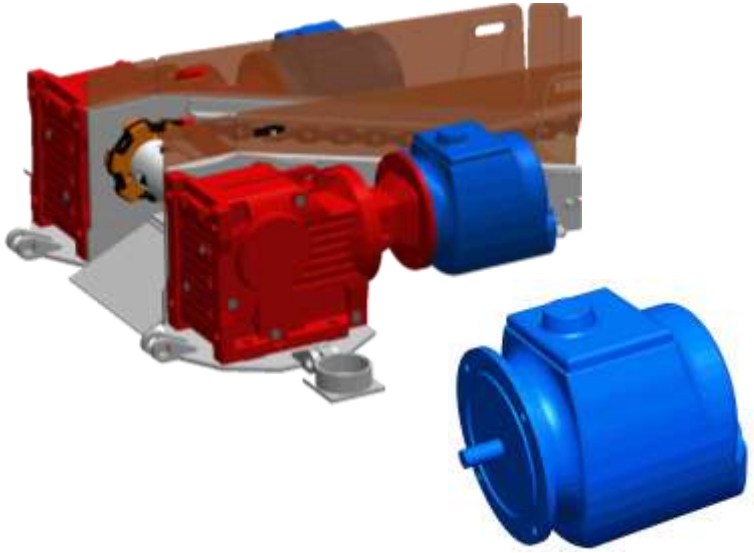
Napęd i zwrotnia





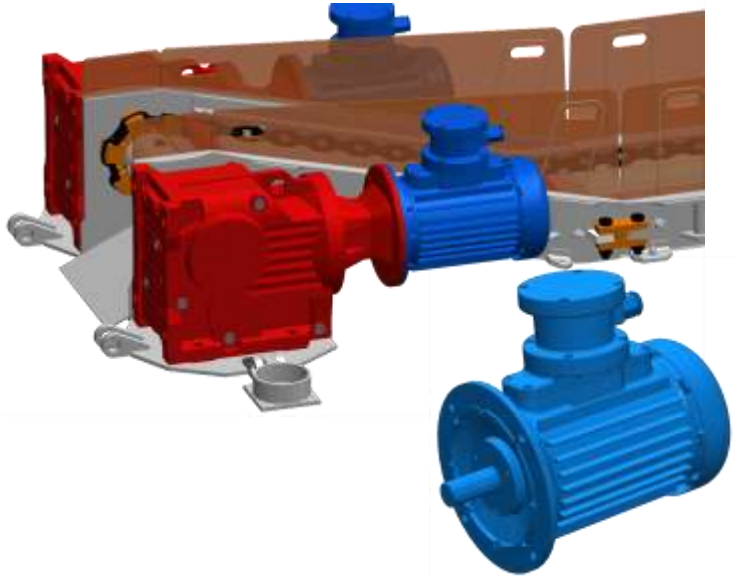


Budowa przenośnika PRJZR-400



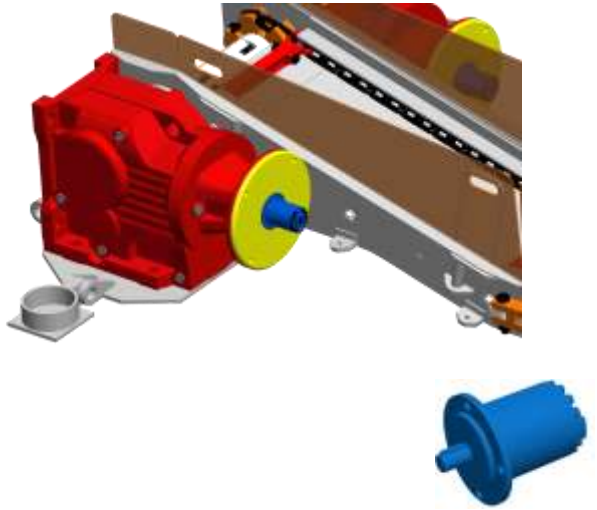
Silnik pneumatyczny

Moc	P	7,5 [kW]
Obroty pod obciążeniem	n	1500 [obr/min]
Obroty „luzem”	n	2850 [obr/min]
Moment obrotowy	M	47,4 [Nm]
Zużycie medium zasilającego	V	8,5 [m3/min]
Przyłącze		R 1 1/2”



Silnik elektryczny

Moc znamionowa	P	7,5 [kW]
Napięcie zasilania	Un	500 lub 1000 [V]
Częstotliwość	F	50 [Hz]
Prędkość obrotowa	n	1450 [obr/min]
Moment obrotowy	M	49,4 [Nm]

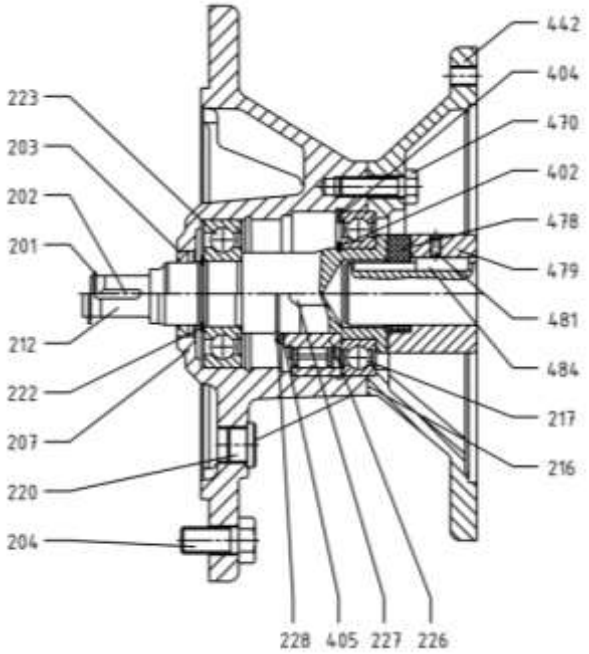


Silnik hydrauliczny

Moc nominalna	P	7,5kW
Moment obrotowy	M	63,0 [Nm]
Ciśnienie nominalne	Pm	22 ÷ 28 [Mpa]
Zakres obrotów	n	2 ÷ 2000 [obr/min]
Objętość geometryczna	V	20,9 [cm3/min]
medium zasilające		Niskoprocentowa emulsja wodno - olejowa

Jednostki napędowe przenośnika – elementy



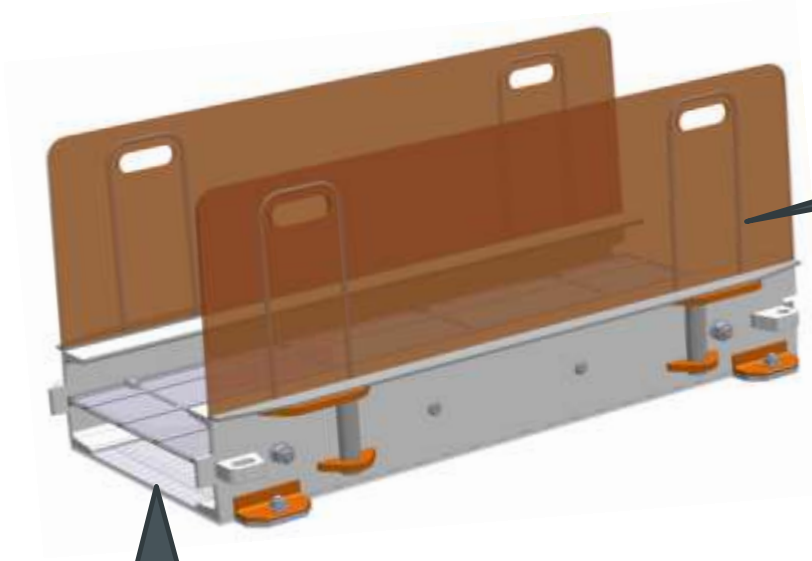


Przekładnia		
Moment obrotowy	M	2700 [Nm]
Obroty wejściowe / wyjściowe	n	1400 / 45 [obr/min]
Przełożenie	i	30,82
Wałek na wejściu	d1	Ø38 [mm]
Wałek wyjściowy	d2	Ø70 [mm]
Sprzęgło		Zabudowane w przystawce silnika
Wykonanie		Wersja na łapach



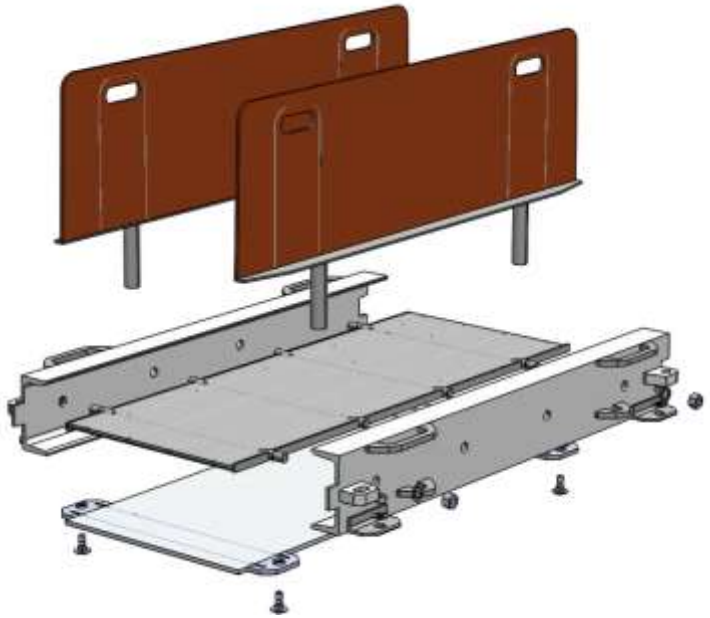


Trasa



Zastawki dwuwarstwowe:
- Stalowa podstawa
- Poliuretan zbrojony prętami





Płyty nośne dwuwarstwowe:
- Stalowa podstawa
- Poliuretan zbrojony prętami

Modułowy zestaw transportowy przenośnika PRJZR-400





Ideą zastosowania modułowego zestawu transportowego jest :

- możliwość składowania w jednym miejscu kompletnego przenośnika zabezpieczonego przed czynnikami atmosferycznymi,
- dedykowane kontenery do przechowywania poszczególnych elementów przenośnika z możliwością transportu kolejką spągową lub podwieszaną,
- założeniem jest składowanie przenośnika o długości 40 [m] w czterech kontenerach.

Transport rannych

Przenośnik jest przystosowany do szybkiej zabudowy konstrukcji nośnej, na którą mocuje się nosze do transportu rannych

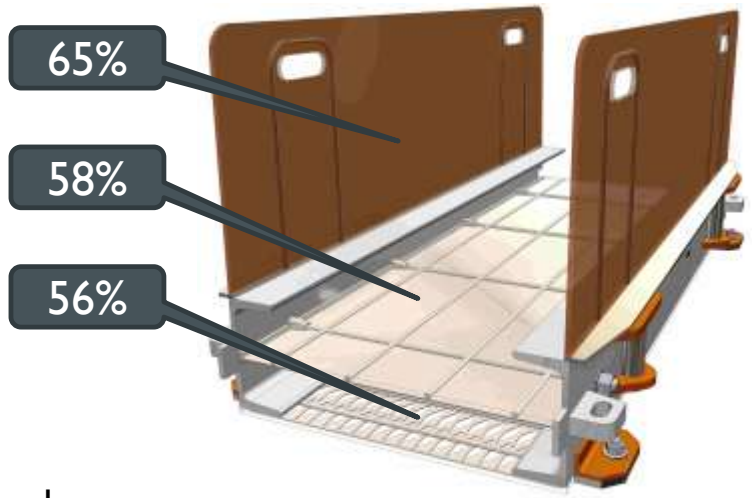






Zalety zastosowania poliuretanu

Element	Masa [kg]		Procentowe zmniejszenie masy elementu
	Wykonanie z poliuretanu	Wykonanie ze stali	
Płyta ślizgowa segmentu trasy	11,4	27,1	58%
Płyta zamykająca segmentu trasy	7,4	16,7	56%
Zastawka segmentu trasy	3,7	10,5	65%
Kompletny segment trasy	62,0	93,8	34%



Zrealizowane założenia:

- unifikacja napędów,
- zastosowanie innowacyjnych materiałów,
- modułowa i lekka konstrukcja,
- dedykowane kontenery dla szybkiego transportu,
- możliwość zastosowania przenośnika przy lekkich pracach przygotowawczych



15-16.06 2021 - XIV Międzynarodowe Targi Wynalazków i Innowacji INTARG® 2021 KATOWICE pod głównym honorowym patronatem Ministerstwa Rozwoju, Pracy i Technologii – nagroda platynowa – najlepszy wynalazek w branży

27.10.2020 - CONCOURS LÉPINE 2020 na Międzynarodowych Targach Wynalazczości w Francji – złoty medal





28.08.2021 – 6th ANNUAL INTERNATIONAL INVENTION INNOVATION COMPETITION iCAN TORONTO 2021 – Kanada – złoty medal











6-9.09.2021 – Międzynarodowy Konkurs Wynalazków „PRIX EIFFEL” organizowany w wyjazdowej misji gospodarczej na Międzynarodowych Targach GLOBAL INDUSTRIE LYON 2021 w Francji – złoty medal



16-21.11.2020 – Innovation WEEK IWA 2020 – Maroko - – srebrny medal



22-26.03.2021 - XX Jubileuszowe Targi Innowacji i Technologii MTE 2021 w Kuala Lumpur (Malezja) MALAYSIA TECHNOLGOY EXPO 2021 VIRTUAL – srebrny medal

Nagrody

PRZENOŚNIK RATOWNICZY PRJZR-400

Dziękujemy za uwagę

Jastrzębskie Zakłady Remontowe Sp. z o.o.
ul. Węglowa 4
44-268 Jastrzębie-Zdrój
tel.: 32 72 15 100
fax: 32 72 15 104
strona internetowa: www.jzr.pl
e-mail: jzr@jzr.pl

Dane kontaktowe:

Jarosław Konsek
Tel. mob.: +48 532 749 079
E-mail: jarkonsek@jzr.pl

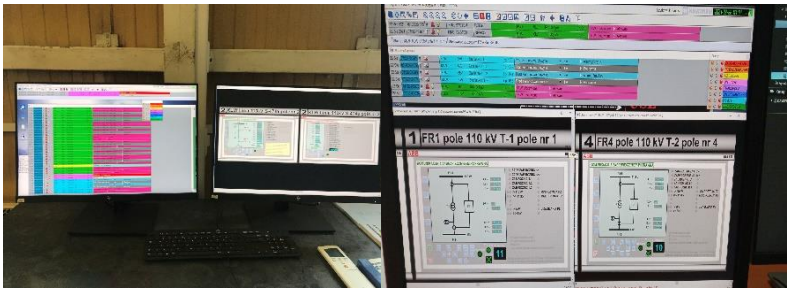
Wydobywamy to, co najlepsze

Wprowadzenie do zdalnej eksploatacji stacji elektroenergetycznej 110/6kV KLW, przy reorganizacji funkcjonowania służb utrzymania ruchu elektrycznego w zakresie nadzoru i prowadzenia prac

Tomasz Kostka
KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Lubin

Karol Nowicki
KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Lubin

Modernizowane rozdzielnie 110kV i 6kV wchodzą w skład stacji elektroenergetycznej 110/ /6kV KLW zlokalizowanej na terenie Szybów Wschodnich O/ZG Lubin.
Przeznaczeniem stacji 110/6kV KLW jest zasilanie odbiorów zainstalowanych w obrębie Rejonu LW O/ZG Lubin. Modernizacja i wprowadzone zmiany w rozdzielni 110kV i rozdziel-ni 6kV na stacji 110/6kV KLW O/ZG Lubin wynikały z konieczności przystosowania jej do pełnego zdalnego sterowania z systemu dyspozytorskiego nastawni w stacji KLG 110/6kV (Rejon LG O/ZG Lubin) i z systemu nadzoru.



Rys. 1. Stanowisko system dyspozytorskiego nastawni i systemu nadzoru
Figure 1. Position of the dispatching system of the control and supervision system

Zmiany polegały na: przystosowaniu aparatury rozdzielni 110kV i 6kV do sterowania zdalnego, wymianie obwodów wtórnych rozdzielnicy 110kV, wymianie obwodów wtórnych rozdzielnicy 6kV, modernizacji obwodów pierwotnych rozdzielnicy 6kV, wymianie baterii akumulatorów potrzeb własnych 220V DC, modernizacji rozdzielnicy potrzeb własnych 400/230V AC i rozdzielnicy potrzeb własnych 220V DC, modernizacji systemu oświetlenia terenu stacji, wyposażeniu stacji w sprzęt BHP i ppoż., wykonaniu przyłącza telekomunikacyjnego i optotelekomunikacyjnego, wykonaniu instalacji okablowania strukturalnego, wykonaniu instalacji systemu sygnalizacji pożaru, wykonaniu instalacji SOT: SSWiN, CCTV, KD, wykonaniu instalacji systemu sterowania i nadzoru SSIN.
Wprowadzenie do zdalnej eksploatacji stacji elektroenergetycznej 110/6kV KLW podczas jej normalnego funkcjonowania miało na celu reorganizację funkcjonowania służb utrzymania ruchu elektrycznego w zakresie nadzoru i prowadzenia prac.

Sprawna i zakończona sukcesem realizacja projektu modernizacji stacji elektroenergetycznej „pod klucz” wymaga wiedzy, umiejętności i doświadczenia. Pracownicy wykonujący i nadzorujący modernizację stacji i systemów elektroenergetycznych, czerpią z wieloletniego doświadczenia, własnego dorobku w zakresie działania i utrzymania ruchu urządzeń wysokiego, średniego i niskiego napięcia oraz ich automatyki. Posługują się najnowocześniejszymi narzędziami do projektowania i zarządzania, a dzięki wykształceniu, wielu szkoleniom z zarządzania projektami oraz doświadczeniu zdobytemu na dziesiątkach inwestycji tego typu, są przygotowani by nadzorować cały proces inwestycyjny – od pomysłu, przez projekt, kompletną dostawę aparatury, aż po wykonawstwo.

1. MODERNIZACJA ROZDZIELNI 110kV KLW.

Urządzenia rozdzielni 110kV stacji 110/6kV KLW wykonane są jako napowietrzne. Aparatura rozdzielcza, urządzenia sterujące, pomiarowe i ochronne stacji zainstalowane są na typowych konstrukcjach żelbetowych. Wyłączniki, odłączniki, przekładniki zespolone (prądowo-napięciowe), ograniczniki przepięć posadowione są na konstrukcjach wysokich, szafki kablowe na konstrukcjach niskich.



Rys. 2. Rozdzielni 110kV stacji 110/6kV KLW
Figure 2. 110kV switchgear of 110/6kV KLW substation

Dwa transformatory typu TORb 16000/110 o mocy 16MVA i przekładni 110 ± 10%/6,3kV posadowione są na fundamentach ze szczelnymi misami olejowymi, zabezpieczonymi przed przenikaniem wycieku oleju do gruntu.

Rozdzielnia 110kV stacji 110/6kV KLW wyposażona jest w awaryjny zbiornik oleju (łapacz oleju) o pojemności około 13,5 m^3. Giętkie oszynowanie rozdzielni wykonane jest przewodami AFL-6-240 mm^2. Dobrana izolacja urządzeń stacji spełnia wymagania określone dla II strefy zabrudzeniowej. Konstrukcje wsporcze oszynowania (bramki linii) wykonane są z typowych prefabrykowanych żerdzi strunobetonowych.

1.1. *Obwody* pierwotne i *wtórne wysokiego napięcia.*

Wyposażenie rozdzielni 110kV w zakresie obwodów pierwotnych pozostaje bez zmian.

Rozdzielnia 110kV pracuje w układzie H5 z pojedynczym systemem szyn zbiorczych, jest wykonana w technologii napowietrznej i składa się z następujących pól:

- pole 110kV nr 1. Transformator T1 110/6kV.
- pole 110kV nr 2. Linia S474a.
- pole 110kV nr 3. Łącznik szyn.
- pole 110kV nr 4. Transformator T2 110/6kV.
- pole 110kV nr 5. Linia S402c.

W ramach modernizacji rozdzielnia 110kV wyposażona została w nowe, cyfrowe zabezpieczenia, realizujące nowe funkcjonalności. W związku z tym obwody wtórne zostały przeprojektowane i wykonane na nowo.

Rozdzielnia 110kV wyposażona została w następujące zabezpieczenia cyfrowe:

a. zabezpieczenie różnicowe RET630 z funkcją regulatora napięcia, działa na:
   - wyłączenie wyłączników po stronie 110kV i 6kV transformatora,
   - pobudzenie sygnalizacji lokalnej (wskaźniki LED),
   - pobudzenie automatyki LRW,
   - pobudzenie centralnej sygnalizacji (Aw),
   - pobudzenie telesygnalizacji
   - pobudzenie rejestratora zakłóceń.

   Uszkodzenie przekaźnika cyfrowego typu RET630 sygnalizowane jest lokalnie na zabezpieczeniu REF630 wskaźnik LED, na elewacji szafy centralnej sygnalizacji P1 (Alarm) oraz zdalnie do telesygnalizacji poprzez REF630.
b. zabezpieczenie REF630, realizujące następujące funkcje:
   - zabezpieczenie rezerwowe nadprądowe zwłoczne strony 110kV,
   - zabezpieczenie ziemnozwarciowe – kierunkowe zwłoczne Io>T,
   - zabezpieczenie ziemnozwarciowe – kierunkowe zwłoczne Io>>T,
   - zabezpieczenie nadprądowe rozcinające,
   - sterownik polowy:
     za pomocą tego urządzenia można wykonać sterowania oraz telesterowania wyłącznikiem, odłącznikiem oraz uziemnikiem w polu, realizowana jest kontrola ciągłości obwodu pierwszej i drugiej cewki wyłączającej wyłącznik oraz cewki załączającej;
   - rejestrator zakłóceń i zdarzeń:
     uszkodzenie przekaźnika cyfrowego typu REF630 sygnalizowane jest lokalnie na zabezpieczeniu RET630 wskaźnik LED, na elewacji szafy centralnej sygnalizacji P1 (Alarm) oraz zdalnie do telesygnalizacji poprzez RET630.
c. zabezpieczenie odległościowe REL670 z funkcją SPZ, realizujące następujące funkcje:
   - zabezpieczenie odległościowe (reaguje na wszystkie rodzaje zwarć),
   - rezerwowe zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne,
   - zabezpieczenie od załączenia na zwarcie – ZAZW – (uruchamiane na czas sterowania na załącz). Powoduje wyłączenie w przypadku załączenia wyłącznika na zwarcie oraz ostrzega w przypadku np. pobudzenia przekaźnika w 1 strefie wydłużonej,
   - automatyka SPZ (3 fazowa automatyka SPZ jednokrotna),
   - lokalizator miejsca zwarcia. Funkcja pobudzana po zadziałaniu zabezpieczenia (urządzenie wylicza w km odległość do miejsca zwarcia),
   - rejestrator zakłóceń i zdarzeń.

uszkodzenie przekaźnika cyfrowego typu REL670 sygnalizowane jest lokalnie na zabezpieczeniu REF630 wskaźnik LED, na elewacji szafy centralnej sygnalizacji (Alarm) oraz zdalnie do telesygnalizacji poprzez REF630.

d. zabezpieczenie szyn zbiorczych i rezerwę lokalną wyłączników realizowaną przez zabezpieczenie REB670.
   Zapewnia szybkie i selektywne wyłączenia wszystkich pól danej sekcji rozdzielni, w przypadku zwarcia na szynach zbiorczych. Zabezpieczenie obejmuje swoją strefą działania szyny zbiorcze, odłączniki szynowe i wyłączniki. Granicą działania jest miejsce zainstalowania przekładników prądowych.
   Zabezpieczenie szyn zbiorczych REB670 wyposażone jest w dwa niezależne układy pomiarowe:
   - systemowy, działający na zasadzie porównania faz i amplitud prądów, obejmuje pola danej sekcji szyn zbiorczych,
   - układ sumy, działający na zasadzie różnicowo prądowej, obejmujący wszystkie pola rozdzielni, niezależnie od sekcji, do której są przyłączone.
e. zabezpieczenie autonomiczne nadprądowe strony 110kV typu RAZT-P z autonomicznym źródłem energii:
   zostało ono przyłączone do czwartego rdzenia przekładników prądowych, które są jego podstawowym źródłem zasilania. Energia wystarczająca dla wyłączenia wyłącznika zmagazynowana jest w zasobniku kondensatorowym. Zabezpieczenie impulsuje na wyłączenie wyłącznika poprzez drugą cewkę wyłączającą. Po nastawionym czasie RAZT-P powoduje wyłączenie wyłącznika strony 110kV transformatora.
   Kontrola stanu zasobnika sygnalizowana jest poprzez przekaźnik cyfrowy typu REF630 (wskaźnik LED) oraz w telesygnalizacji.
f. lokalna rezerwa wyłącznikowa.
   Pobudzenie LRW inicjowane jest zadziałaniem zabezpieczeń na wyłączenie w danym polu. W przypadku prawidłowego zadziałania wyłącznika (wyłączenie) następuje zanik pobudzenia LRW przed upływem zadanego czasu.
   W przypadku uszkodzenia wyłącznika, lub innych elementów obwodów wtórnych, układ LRW nie działa prawidłowo (na podstawie kryterium wyłącznikowego lub prądowego) i po upływie zadanego czasu generuje ponowny impuls wyłączający na obie cewki wyłącznika tego pola (tzw. RETRIP).
   Jeżeli wyłącznik się wyłączy, następuje odwzbudzenie zabezpieczeń pola, zanika kryterium wyłącznikowe (lub prądowe) i układ LRW się odwzbudza.
   Jeżeli jednak wyłącznik w dalszym ciągu pozostaje zamknięty, to po upływie kolejnego zadanego czasu układ generuje impulsy wyłączające we wszystkich polach biorących udział w przepływie prądu zwarcia.

Sterowanie wyłącznikami jest możliwe:
- zdalnie z telemechaniki poprzez sterownik polowy REF630 (wyłączenie/załączenie);
- ze sterownika polowego REF630 z poziomu stacji (wyłączenie/załączenie);
- sterownikiem w szafie sterowniczo-przekaźnikowej (wyłączenie/załączenie);
- przyciskami w szafie kablowej (wyłącznie);

Sterowanie odłącznikami jest możliwe:
- zdalnie z telemechaniki poprzez sterownik polowy REF630

(otwarcie/zamknięcie);
- ze sterownika polowego REF630 z poziomu stacji (otwarcie/zamknięcie);
- sterownikiem w szafie sterowniczo-przekaźnikowej (otwarcie/zamknięcie);
- przyciskami w szafie kablowej (otwarcie/zamknięcie);
- przyciskami w napędzie odłącznika (otwarcie/zamknięcie);
- ręcznie za pomocą korby w napędzie.

Sterowanie uziemnikami jest możliwe:
- zdalnie z telemechaniki poprzez sterownik polowy REF630 (otwarcie/zamknięcie);
- ze sterownika polowego REF630 z poziomu stacji (otwarcie/zamknięcie);
- sterownikiem w szafie sterowniczo-przekaźnikowej (otwarcie/zamknięcie);
- przyciskami w szafie kablowej (otwarcie/zamknięcie);
- przyciskami w napędzie odłącznika (otwarcie/zamknięcie);
- ręcznie za pomocą korby w napędzie.

Sterowanie uziemnikiem punktu gwiazdowego transformatora jest możliwe:
- ręcznie za pomocą korby w napędzie

2. MODERNIZACJA ROZDZIELNI 6kV KLW.

Rozdzielnia 6kV stacji 110/6kV KLW zainstalowana jest na powierzchni w budynku stacji na terenie szybu LW O/ZG „Lubin".



Rys. 3. Rozdzielni 6kV, sekcja A i B, stacji 110/6kV KLW
Figure 3. 6kV switchgear, section A and B, 110/6kV KLW substation

Rozdzielnica 6kV jest 25-cio polowa, dwusekcyjna (13 pól Sekcja A) i (12 pól Sekcja B), jednosystemowa, zamknięta, wolnostojąca. Zbudowana jest z trójczłonowych szaf typu RS-12 produkcji Elektromontaż Wrocław. Sekcje rozdzielnicy umieszczone są w dwóch osobnych pomieszczeniach ruchu elektrycznego zamkniętego na parterze budynku stacji i połączone ze sobą mostem szynowym osłoniętym.

Zastosowano we wszystkich polach wyłączniki VD4-E, 12kV (630A, 1250A, 1600A) oraz uziemniki kablowe typu E12. Pola zasilania podstawowego są na obciążenie 1600A, pola zasilania rezerwowego są na obciążenie 1250A i pola odpływowe na obciążenie 630A.

Rozdzielnia 6kV składa się z następujących pól:
- 2 pola dopływowe (pole nr 11 i 16) zasilania podstawowego z transformatorów (1600A) typu TORb 16000/110;

- 1 pole sprzęgłowe z odcinaczem (pole nr 13 i 14), (1600A)
- 2 pola dopływowe (pole nr 6 i 21) zasilania rezerwowego z pól rozdzielni 6kV stacji 110/6kV KLG zlokalizowanej na szybach głównych (1250A);
- 2 pola odpływowe (1250A)
- 15 pól odpływowych (630A)
- 2 pola pomiarowe

2.1. *Urządzenia średniego napięcia.*

Modernizacja rozdzielnicy 6kV w zakresie obwodów pierwotnych polegała na:

- wymianie przekładników napięciowych w polach pomiarowych;
- wymianie przekładników prądowych w polach zasilających;
- modernizacji układów sterowania członów wysuwnych;
- modernizacja układów sterowania uziemnikami.



Rys. 4. Układ sterowania członu wysuwnego wyłącznika VD4-E.
Figure 4. The control system of the sliding section of the VD4-E circuit breaker.

Dokonano modernizacji układów sterowania członów wysuwnych z wyłącznikami, odcinaczem oraz członami pomiarowymi w celu zaadoptowania ich do pracy w trybie posuwu silnikowego, bez zmiany istniejących połączeń szynowych. Doposażenie członów wysuwnych w napędy silnikowe posuwu, wiązało się z koniecznością wymiany istniejących podzespołów na nowe. W istniejących członach wysuwnych wymieniono:

- złącze 52-stykowe CAROL EMAG – w wyłącznikach,
- złącze 40-stykowe HAN 40D – w członach pomiarowych i odcinaczu,
- szufladę z napędem elektrycznym i z cewką RL2 – w odcinaczu,
- szufladę z napędem elektrycznym – w członach pomiarowych i wyłącznikach.

Dostosowano również nowe szuflady do istniejących blokad znajdujących się w polach. W zakresie modernizacji układów sterowania uziemnikami wyposażono je (we wszystkich polach) w napęd silnikowy typu PM11 oraz w przekładnię typu PM72LN produkcji PARVALUX. Wraz z napędem silnikowym i przekładnią wymieniono następujące elementy:

- dno przedziału wyłącznika,

- napęd elektryczny (doposażenie),
- łącznik pomocniczy uziemnika,
- zasłona napędu uziemnika,
- łącznik wsporczy przedni i środkowy,
- blokadę drzwi dolnych i górnych,
- wałek uziemnika.

Wprowadzone zmiany opracowano w uzgodnieniu z producentem rozdzielnicy (REVICO S.A. Odział Elektromontaż Wrocław), by zapewnić nie naruszoną konstrukcję rozdzielnicy i bezpieczeństwo jej eksploatacji.

W ramach modernizacji wszystkie pola rozdzielni 6kV wyposażone zostały w cyfrowe zabezpieczenia serii REF(M) 630 firmy ABB, realizujące nowe funkcjonalności. W związku z tym obwody wtórne zostały przeprojektowane i wykonane na nowo.



Rys. 5. Drzwi przedziałów niskonapięciowych z zabezpieczeniami serii REF(M) 630
Figure 5. Low-voltage compartment doors with protection of REF(M) 630 series

Zabezpieczenia zlokalizowane są na drzwiach przedziałów niskonapięciowych poszczególnych pól rozdzielni 6kV.

Rozdzielnia 6kV wyposażona jest w rozproszony układ zabezpieczenia szyn zbiorczych i lokalnej rezerwy wyłącznikowej realizowany w zespołach zabezpieczeń serii RE_ 630 firmy ABB.

Przekaźniki polowe typu RE_ 630 firmy ABB, zawierający następujące zabezpieczenia i funkcje:

- zabezpieczenie nadprądowe I> blokujące wyłącznik obejściowy dławika,
- zabezpieczenie nadprądowe I>>,
- zabezpieczenie składowej zerowej prądu I_0>,
- zabezpieczenie nadnapięciowe U>,
- zabezpieczenie podnapięciowe U<,
- zabezpieczenie załączenia na zwarcie (ZAZW),
- zabezpieczenie od zablokowanego wirnika i przedłużonego startu,
- zabezpieczenie od nierównomiernego obciążenia,
- zabezpieczenie od przekroczonej mocy biernej Q>,
- zabezpieczenie od przekroczonej liczby rozruchu,
- zabezpieczenie przeciążeniowe cieplne,
- współpracy z automatyką ZS i LRW rozdzielni 6kV,
- kontroli cewek wyłączających,

- sterownika polowego wraz z synoptyką,
- pomiarów zdalnych i lokalnych,
- rejestracji zakłóceń i zdarzeń,
- komunikacji.

Rozdzielnia 6kV wyposażona została w zabezpieczenie szyn zbiorczych, w którym biorą udział wszystkie zespoły zabezpieczeń pól wyposażonych w wyłączniki.

W każdym polu zastosowanej rozdzielnicy 6kV znajdują się wydzielone trzy przedziały SN:

- przedział szyn zbiorczych;
- przedział wyłącznikowy,
- przedział kablowy (przyłączeniowy).

Każdy z przedziałów, w celu ochrony przed zwarciami łukowymi, wyposażony jest w klapę bezpieczeństwa.

2.2. *Sterowanie aparaturą łączeniową i sygnalizacja.*

W rozdzielni 6kV przewidziano sterowanie elektryczne i ręczne łącznikami SN. Sterowanie elektryczne dostępne jest dla wszystkich łączników (wyłączników, wózków wyłączników, uziemników, zwiernika oraz wózków członów pomiarowych w polach pomiaru napięcia).

Sterowanie ręczne (za pomocą dedykowanej korby) jest dostępne dla wszystkich elementów łączeniowych rozdzielni 6kV.

Podstawowe sterowanie łącznikami odbywa się za pomocą systemu nadzoru.

Sterowania można również dokonać za pomocą:

- panelu lokalnego sterownika pola znajdującego się w na drzwiczkach przedziału niskonapięciowego każdego pola,
- przyciskami zlokalizowanymi na drzwiczkach przedziału niskonapięciowego.

W sytuacjach awaryjnych sterowanie:

- wyłącznikiem można wykonać bezpośrednio z napędu za pomocą przycisków zlokalizowanych na wyłączniku (Awaryjne wyłączenie),
- wózkiem wyłącznika (zwiernika lub członu pomiarowego) oraz uziemnikami można wykonać za pomocą korby znajdującej się w przedziale technicznym rozdzielni 6kV.

Wyłączniki 6kV typu VD4 wyposażone są w napęd zasobnikowo-sprężynowy z napinaniem sprężyny za pomocą silnika 220V prądu stałego.

Sygnalizacja awaryjna:

– awaryjne wyłączenie wyłączników sygnalizowane jest sygnałem akustycznym dzwonka zlokalizowanego w szafie przekaźnikowej centralnej sygnalizacji.

Sygnalizacja ostrzegawcza:

– pozostałe zakłócenia lub nienormalne stany pracy urządzeń są sygnalizowane sygnałem dzwonka prądu stałego zlokalizowanego w szafie przekaźnikowej centralnej sygnalizacji, a zakłócenia w obwodach prądu stałego centralnej sygnalizacji, rozdzielnicy potrzeb własnych prądu stałego są sygnalizowane sygnałem dzwonka prądu przemiennego. Rodzaj zakłócenia jest sygnalizowany na przekaźnikach sygnałowych umieszczonych w szafie centralnej sygnalizacji.

3. MODERNIZACJA POTRZEB WŁASNYCH.

Dla zapewnienia prawidłowej pracy, stacja 110/6kV KLW wyposażona jest w instalacje pomocnicze 220V prądu stałego i 400/230V prądu przemiennego, zasilane z niezależnych źródeł zasilania, uzupełnianych źródłami napięcia gwarantowanego 230V prądu przemiennego.

Źródłem napięcia 220V prądu stałego, którym zasilane są obwody sterowania, sygnalizacji i oświetlenia awaryjnego jest rozdzielnia 220V prądu stałego zainstalowana w pomieszczeniu nastawni stacji 110/6kV KLW.



Rys. 6. Rozdzielnie: 400/230V prądu przemiennego i 220V prądu stałego
Figure 6. Switchgear: 400/230V AC and 220V DC

Rozdzielnia zasilana jest z zasilaczy 230V AC oraz z baterii akumulatorów 220V współpracujących z urządzeniami ładującymi.



Rys. 7. Bateria akumulatorów 220V prądu stałego
Figure 7. 220V DC battery bank

Obecność napięcia, stan izolacji obwodów prądu stałego 220V oraz ciągłość obwodu głównego kontrolowana jest urządzeniami kontrolno-pomiarowymi a stan awaryjny tych instalacji sygnalizowany jest w systemie nadzoru.

4. SYSTEM STEROWANIA I NADZORU (SSIN).

W stacji 110/6kV KLW przewidziano telemechanikę w systemie rozproszonym współpracującą z urządzeniami firmy ABB poprzez koncentrator, służący do komunikacji za pomocą magistrali światłowodowej z zabezpieczeniami mikroprocesorowymi typu REF, REL, REB oraz z modułami telemechaniki rozproszonej obsługującymi centralną sygnalizację.

Standardowe funkcjonalności SSiN obejmują takie obszary jak: SCADA/HMI, sygnalizacja i pomiary, sterowania i blokady, automatyki, łącze inżynierskie, synchronizacja czasu, redundancja i diagnostyka. SCADA (ang. Supervisory Control and Data Acquisition) ogólnie stanowi system wspomagający zarządzanie procesami technologicznymi przebiegającymi na obiekcie, którym w analizowanym przypadku jest stacja elektroenergetyczna 110/6kV KLW. SCADA jest centralnym elementem systemu sterowania i nadzoru odpowiedzialnym za zbieranie i archiwizację danych oraz umożliwiającym wykonywanie zdalnych sterowań.

5. SIEĆ TELEKOMUNIKACYJNA ROZDZIELCZA I INSTALACJE TELETECHNICZNE.

5.1. *Sieci przemysłowe*

Rozbudowano istniejącą sieć przemysłową Ethernet i SDH o kolejny, węzeł SDH oraz węzeł sieci szkieletowej WSLWp1 wraz z wymaganymi połączeniami telekomunikacyjnymi. Dzięki takiemu rozwiązaniu zostały zmodernizowane.

5.1.1. Instalacja telewizji przemysłowej.

Zabudowano 34 kamery kolorowe telewizji przemysłowej firmy AXIS wyposażone w automatyczną regulację ostrości, z obiektywami szerokokątnymi umieszczonymi w obudowie o klasie szczelności IP65.



Rys. 8. Kamery telewizji przemysłowej
Figure 8. CCTV cameras

Zastosowano kamery typu P-1445-LE, P-1447-LE (na słupach oświetleniowych do monitorowania odłączników) oraz kamery obrotowe typu P5635-E.

Jako medium transmisyjne sygnałów wizyjnych i zasilania napięciem +48VDC wykorzystano jeden kabel wspólny dla obu sygnałów typu F/UTP 4x2x0,5 wewnątrz, a F/UTPz 4x2x23AWG do słupów .

Sygnał wizyjny i zasilania z kamer doprowadzono do szafy monitoringu. Kamery zamocowano do konstrukcji wsporczej, tak by wysokość montażu była nie niższa niż 2,5m od poziomu ziemi. Zasilanie kamer odbywa się w standardzie POE wg standardu IEEE.802.3af.

5.1.2. Istniejący system wizyjny.

W ramach zadania modernizacji stacji KLW rozbudowano istniejący serwer CCTV o dodatkowy switch Hirschmann typu GRS1042-6T6ZSHH10Z9HHSE3AMR HW 0203. Przy współudziale pracownika oddziału E-5 dokonano rekonfiguracji przełączników Ethernet Rozbudowano szafę serwerową w pomieszczeniu systemu E-5 o 1 serwer w konfiguracji: Dell PowerEdge R440 Server.



Rys. 9. Szafa serwerowa
Figure 9. Server section

Istniejący serwer monitoringu rozbudowano o 34 licencje kamerowe XProtect Corporate 2018 R3 o nr M01-C01-123-01-6C42FA.

Rozbudowano istniejącą macierz dyskową Qnap TS-1885U o moduł rozszerzający EXP-1620U-RP z zainstalowanym kompletem dysków twardych WD Gold WD4002FYYZ.

5.1.3. Połączenie z siecią O/COPI

Punkt styku sieci korporacyjnej O/COPI z siecią systemu monitoringu wizyjnego został zrealizowany poprzez Firewall zabudowywany w serwerowni centralnej dyspozytorni transportu poziomego. Urządzenia niezbędne do realizacji połączenia sieci zostały dostarczone przez O/COPI.

5.2. *System pomiaru i rozliczeń energii.*

Instalacja włączenia sygnałów z liczników energii elektrycznej w modernizowanych rozdzielniach 110 i 6kV KLW do systemu rozliczeń energii elektrycznej CSBiREE w O/ZG Lubin i Tauron.

W KGHM Polska Miedź S.A. do bilansowania energii elektrycznej jest wykorzystywany Centralny System Bilansowania i Rozliczania Energii Elektrycznej CSBiREE bazujący na

oprogramowaniu eSPIM firmy Sygnity. Pozyskuje on dane o zużyciu energii elektrycznej ze stacji 110/6kV KLW.

5.3. *System sygnalizacji pożaru*

Założono, że obiekt będzie chroniony częściowo. Urządzenia ochrony pożarowej obejmują swoim zasięgiem:

- pomieszczenia stacji 6kV, sekcja A i B,
- pomieszczenia SZRW,
- pomieszczenia socjalne,
- korytarze,
- pomieszczenia techniczne,
- część przestrzeni międzysufitowej,
- część przestrzeni podłogi technicznej,
- pomieszczenia elektryczne.

Wszystkie objęte ochroną pomieszczenia i przestrzenie są nadzorowane przez czujki pożarowe oraz ręczne ostrzegacze pożarowe. Ze względu na charakter zagrożenia pożarowego oraz uzyskanie maksymalnie skutecznej ochrony, przewidziano zastosowanie jako podstawowych wielosensorowych czujek dymu i ciepła, charakteryzujących się wysoką skutecznością w wykrywaniu pożarów, w których pojawić się może widzialny dym i otwarty płomień. Czujki te powinny wykrywać pożary testowe od TF1 do TF5. Wszystkie użyte urządzenia są wyposażone w dwustronne izolatory zwarć.

Funkcje realizowane przez urządzenie SAP

- sygnalizacja akustyczno-optyczna stanów na centrali,
- uruchomienie sygnalizacji pożarowej na obiekcie,
- wyjścia sterujące do wentylacji bytowej,
- wyjście sterujące do centrali klimatyzacyjnej.

Instalacja sygnalizacji pożarowej została zaprojektowana w oparciu o centralę mikroprocesorową współpracującą z adresowalnymi elementami liniowymi. Mikroprocesorowy, w pełni automatyczny system sygnalizacji pożaru powinien umożliwiać osiągnięcie bardzo wysokiej czułości i niezawodnej pracy instalacji. Centrala SAP powinna posiadać następujące cechy funkcjonalne:

- redundantny układ mikroprocesorowy wraz z pamięcią oraz pracować w systemie adresowalnym tzn. umożliwiać identyfikację numeru i rodzaju elementu zainstalowanego w pętli dozorowej,
- mieć wbudowaną pamięć zdarzeń i alarmów,
- mieć duży, czytelny, dotykowy wyświetlacz LCD umożliwiający uzyskanie pełnej informacji, dotyczącej stanu systemu oraz ułatwiający konfiguracją i obsługę centrali,
- mieć wbudowaną drukarkę umożliwiającą wydruk pamięci zdarzeń,
- umożliwić podłączenie adresowalnych elementów liniowych, służących do sterowania i kontroli urządzeń dodatkowych, współpracujących z systemem p.poż,

- umożliwić podłączenie adresowalnych elementów liniowych z odgałęzieniami bocznymi dla czujek konwencjonalnych,



Rys. 10. Czujka płomienia wielopasmowa PPW-40REX
Figure 10. Multi-band flame detector PPW-40REX

- umożliwić blokowanie alarmów pochodzących od elementów liniowych na określony czas lub na stałe,
- współpracować z urządzeniami monitoringu pożarowego,
- posiadać modułową architekturę, by dobrze dostosować możliwości centrali do potrzeb obiektu,
- umożliwić sterowanie urządzeniami przeciwpożarowymi za pomocą wyjść przekaźnikowych fail-safe,
- umożliwić kontrolowanie stanu urządzeń przeciwpożarowych z użyciem wejść kontrolnych trójstanowych,
- umożliwić pracę w trybie rozproszonym, w którym centrala komunikuje się z węzłami, posiadającymi moduły funkcjonalne, z lub bez dodatkowych paneli operatorskich, co umożliwi obniżenie kosztów instalacji i zwiększy elastyczność systemu,
- umożliwić grupowanie sterowań urządzeniami przeciwpożarowymi,
- umożliwić synchroniczne wysterowanie do kilkudziesięciu wyjść sterujących jednocześnie,
- umożliwić synchroniczne wysterowanie do kilkudziesięciu adresowalnych sygnalizatorów tonowych lub głosowych,
- umożliwić przeprowadzenie konfiguracji za pomocą klawiatury i myszki komputerowej łączących się z centralą przez port USB,
- umożliwiać przesłanie konfiguracji do centrali z pamięci flash typu pendrive,
- umożliwić podłączenie do 250 elementów adresowalnych na jednej linii dozorowej,
- umożliwić podłączenie do 398 linii dozorowych typu A lub B,
- umożliwić wykonanie testowania lub blokowania elementów oraz przygotowanie odpowiedniego raportu,
- umożliwić podłączenia systemu komputerowego w celu przedstawienia stanu systemu w formie graficznej na ekranie monitora,

- umożliwić wysterowanie i zasilanie sygnalizatorów alarmowych konwencjonalnych bezpośrednio z centrali przez odpowiednie wyjścia potencjałowe, by zmniejszyć koszt związany z zakupem dodatkowych, certyfikowanych zasilaczy sygnalizacji i automatyki pożarowej,
- umożliwić podłączenie centrali sterującej oddymianiem bezpośrednio przez linię dozorową, jako element adresowalny, dając możliwość kontrolowania stanu urządzeń przeciwpożarowych oraz wysterowania tych urządzeń na sygnały z CSP,
- możliwość weryfikacji, czy elementy pętlowe znajdują się w przeznaczonych dla nich miejscach oraz czy nie została zamieniona ich kolejność zainstalowania, umożliwiać podłączenie czujek liniowych dymu bezpośrednio na liniach dozorowych centrali.
-

W obiekcie przyjęto organizację ogólną jednostopniową alarmowania. Centralę zamontowano w pomieszczeniu teletechnicznym.



Rys. 11. Centrala sygnalizacji pożarowej systemu POLON 6000
Figure 11. POLON 6000 system fire alarm control panel

Bezpieczeństwo centrali zapewnia objęcie pomieszczenia ochroną czujkami dymu i przyciskiem ROP. Centrala i zasilacze zasilane są z rozdzielnicy napięcia gwarantowanego W10 400/230V.

Przy założeniu, że obiekt będzie serwisowany ze stałą obsługą o czasie reakcji do 24 godzin można przyjąć, że minimalny czas pracy systemu bez zasilania podstawowego powinien wynosić 72 godzin w czasie dozorowania oraz 0,5 godziny w czasie alarmu.

W projekcie zastosowano czujki:

DOT-4046 – wielosensorowa czujka dymu i ciepła, adresowalna, przeznaczona do wykrywania początkowego stadium rozwoju pożaru, podczas którego pojawia się dym i/lub następuje wzrost temperatury. Charakteryzuje się znaczną odpornością na ruch powietrza i na zmiany ciśnienia. Może pracować w adresowalnych pętlowych liniach dozorowych central sygnalizacji pożarowej systemu POLON 4000. Czujka wyposażona jest w wewnętrzny izolator

zwarć. Instalowana jest w gnieździe G-40. Wykrywa pożary testowe od TF1 do TF6 oraz TF8. Czujka ma możliwość czyszczenia lub wymiany labiryntu.

Transmisja sygnału o pożarze będzie rozsyłana poprzez centralę Master-LVI-AS do stacji KSRG.

5.4. *System Kontroli Dostępu*

Dla realizacji projektu przyjęto modułowy systemu kontroli dostępu Honeywell PRO3200 działający w oparciu o magistrale RS485. Jeden kontroler centralny wraz z modułami rozszerzeń obsługuje maksymalnie 32 czytniki oraz 100000 kart użytkowników. Kontrolery wyposażone są w interfejsy RS232 oraz TCP/IP umożliwiające podłączenie do sieci i zarządzanie z poziomu oprogramowania. System wspiera wiele wariantów autoryzacji użytkownika (karta, pin, pin+karta, pin lub karta). Pełna obsługa z poziomu oprogramowania Win-Pak umożliwia na budowanie systemów rozproszonych działających w oparciu o wiele kontrolerów centralnych. System posiada funkcję antipassback uniemożlwiającą posłużenie się kartą na wejściu bez uprzedniej autoryzacji na czytniku wyjściowym. System posiada możliwość ustalania harmonogramu zarówno dla użytkownika jak i poszczególnych czytników. Dzięki wykorzystaniu standardu Wiegand do podłączenia czytnika oraz możliwości konfiguracji sposobu odczytu system może współpracować z szeroką gamą głowic i standardów kart.

5.5. *System ochrony obwodowej*

Do monitoringu obwodowej ochrony stacji KLW 110/6kV zastosowano cyfrowe bariery mikrofalowe ERMO482X3PRO 120 produkcji Cias. W skład każdej bariery wchodzi nadajnik i odbiornik, który zamontowano na słupkach wbetonowanych w ziemię.



Rys. 12. Nadajnik bariery mikrofalowej ERMO482X3PRO 120
Figure 12. Microwave Barrier Transmitter ERMO482X3PRO 120

W zależności od odległości między nadajnikami, a odbiornikami zastosowano bariery o zasięgu od 50m do 120m. Bariery wyposażone są w obwody sabotażowe, dzięki czemu nawet próba uszkodzenia bariery z bezpiecznej odległości np. rzut kamieniem wywoła natychmiastowy alarm. Centrum systemu ochrony obiektu będzie centrala alarmowa Galaxy Dimension GD96 prod. Honeywell wyposażona w 16 programowalnych wejść i wyjść.

WNIOSKI

Proces prowadzenia ruchu w stacji 110/6 kV KLW realizowany przez dyspozytora energetycznego kopalni O/ZG Lubin, jest skomplikowany i złożony. Z jednej strony stale zwiększa się liczba i rodzaj zainstalowanych urządzeń i aparatów w stacji, złożoność układów pracy, a z drugiej - następuje ciągły wzrost wymagań stawianych dyspozytorowi w zakresie sterowania i nadzoru oraz jest kładziony bardzo silny nacisk na niezawodność pracy stacji, pewność i bezpieczeństwo dostawy energii dla odbiorców z niej zasilanych.
Istotną pomoc dla dyspozytora stanowi obecnie system sterowania i nadzoru (SSiN) stacji, który umożliwia m.in. ciągłe nadzorowanie pracy stacji i współdziałanie z układami automatyki zabezpieczeniowej, układami sterowania, blokad i sygnalizacji.

Standardowe funkcjonalności SSiN obejmują takie obszary jak: SCADA/HMI, sygnalizacja i pomiary, sterowania i blokady, automatyki, łącze inżynierskie, synchronizacja czasu, redundancja i diagnostyka. SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*) ogólnie stanowi system wspomagający zarządzanie procesami technologicznymi przebiegającymi na obiekcie, którym w analizowanym przypadku jest stacja elektroenergetyczna 110/6 kV. SCADA jest centralnym elementem systemu sterowania i nadzoru odpowiedzialnym za zbieranie i archiwizację danych oraz umożliwiającym wykonywanie zdalnych sterowań.

Dzięki rozwiązaniom i zmianom wprowadzonym podczas modernizacji stacji, która przebiegała podczas normalnej jej pracy i funkcjonowania, mogliśmy stworzyć system SSiN uwzględniający specyfikę stacji 110/6kV KLW i tym samym dokonać reorganizacji funkcjonowania służb utrzymania ruchu elektrycznego w zakresie nadzoru i prowadzenia prac.

Obecnie dyspozytorzy energetyczni, którzy pracują w systemie trzy zmianowym przez 24h zastąpili sześciu dyżurnych stacji elektroenergetycznej 110/6kV KLW. Nadzór nad eksploatacją stacji sprawuje również dyspozytor, zwalniając z tego obowiązku dozór elektryczny oddziału eksploatującego stację.

Introducing remote operation of the 110/6kV KLW substation while reorganizing the operation of electrical maintenance services in terms of supervision and conduct of work

ABSTRACT: The study covers the complex process of modernization of the 110/6kV KLW substation, which is the so-called basic facility of the mining plant - Lubin Mine belonging to KGHM Concern. The substation supplies electricity to other basic facilities of the mine, such as the three-ventilator station of the main ventilation fans, mine shaft hoists and all facilities of the technological line at the bottom of the mine in the eastern region - LW, as well as on the surface.The modernization of the mine's electrical power engineering was dictated by the need to put the station into the remote control, visualization and telemetry mode from the level of the facility - the Power Dispatching Room located at the KLG power substation in the LG area of the Lubin Mine. For that purpose, all the devices of electric power protection automatics were replaced, and switchgear fields in the medium voltage switchgear were rebuilt, implementing electric drive of movable segments of power circuit breakers. All systems belonging to the substation were also modernized, such as the SYNDIS operation supervision system, disturbance recording systems, safety systems and fire supervision systems. The presented investment task was carried out with a view to increasing the level of the mine's energy safety and the safety of operating personnel while optimally maintaining the economic layer of the task.

Wyniki badań lokalizacji osoby poszkodowanej w zadymionej komorze ćwiczeń przez zastępy ratownicze z osprzętem podstawowym oraz z kamerą termowizyjną

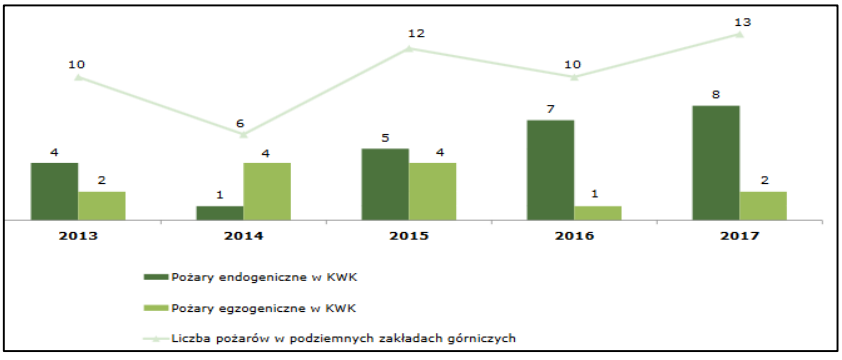
Mariusz Koszyk
Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego S.A. Bytom

STRESZCZENIE: W referacie przedstawiono wyniki badań dotyczące lokalizacji osoby poszkodowanej znajdującej się w zadymionym wyrobisku komory ćwiczeń OSRG Bytom. Celem badań było określenie czasu przejścia poszczególnych etapów wyznaczonych w komorze ćwiczeń z wyposażeniem podstawowym, w jaki zastęp ratowniczy jest wyposażony każdego dnia na dole kopalni, oraz dodatkowo wyposażonego w kamerę termowizyjną firmy Dräger UCF 1600.

SŁOWA KLUCZOWE: Ratownictwo górnicze, aparaty regeneracyjne , ćwiczenia ratownicze, kamera termowizyjna

1. WSTĘP

W przeciągu ostatnich lat w zakładach górniczych najczęściej z zagrożeń górniczych występuje zagrożenie pożarowe. Profilaktyka, stała obserwacja górotworu i stosowane normy bezpieczeństwa w zakładach górniczych, nie zawsze zapewnią całkowite bezpieczeństwo zakładów górniczych. Liczba pożarów w przeciągu ostatnich lat wzrasta, co przedstawia (rys. 1), w którym ujęto liczbę tego zagrożenia w przedziale lat 2013 – 2017 [9].



Rys. 1. Pożary zaistniałe w podziemnych zakładach górniczych w latach 2013 – 2017

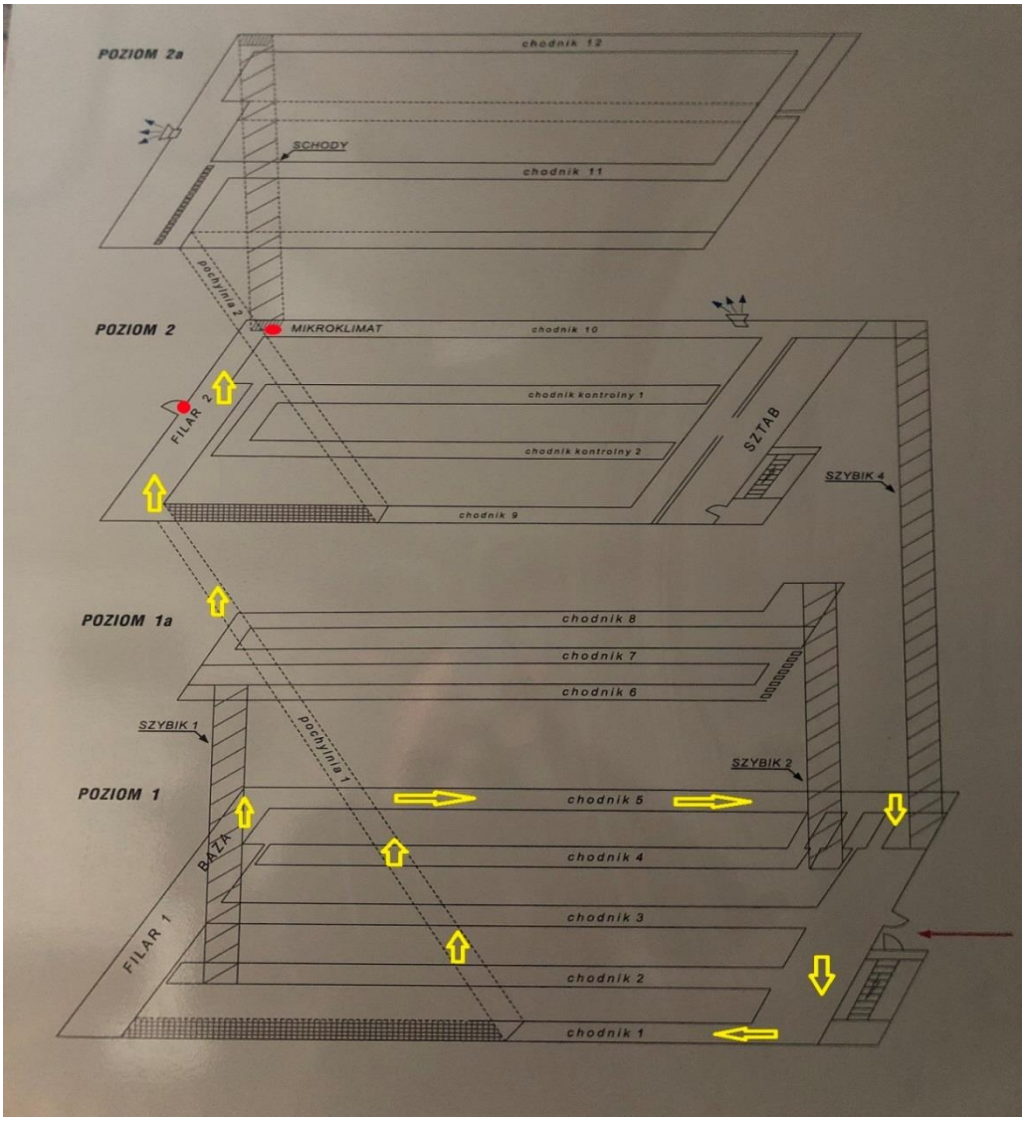
Praca w takich warunkach jest niezwykle ciężka i niebezpieczna i może być wykonywana tylko przez zastępy ratownicze w aparatach roboczych regeneracyjnych i linki ratowniczej, aby nie nastąpiło rozdzielenie zastępu w zadymieniu wyrobiska. W przypadku nagłego wystąpienia pożaru i zadymienia wyrobiska, celem zastępów ratowniczych jest jak najszybsze dotarcie do rejonu zagrożenia i pomoc załodze, która nie zdołała wycofać się z rejonu. Doświadczenie zdobyte podczas takich ćwiczeń pozwala ratownikom górniczym na:

- doskonalenie technik jak najszybszego dotarcia do poszkodowanego;
- szybkie i prawidłowe zakładanie linki ratowniczej;
- prawidłowe założenie poszkodowanemu aparatu ewakuacyjnego AU-9E lub CareVent DRA;
- bezpieczne i szybkie wytransportowanie poszkodowanego do bazy ratowniczej;
- posługiwanie się kamerą termowizyjną np. firmy Dräger UCF 1600.

2. OPIS METODOLOGII BADAŃ

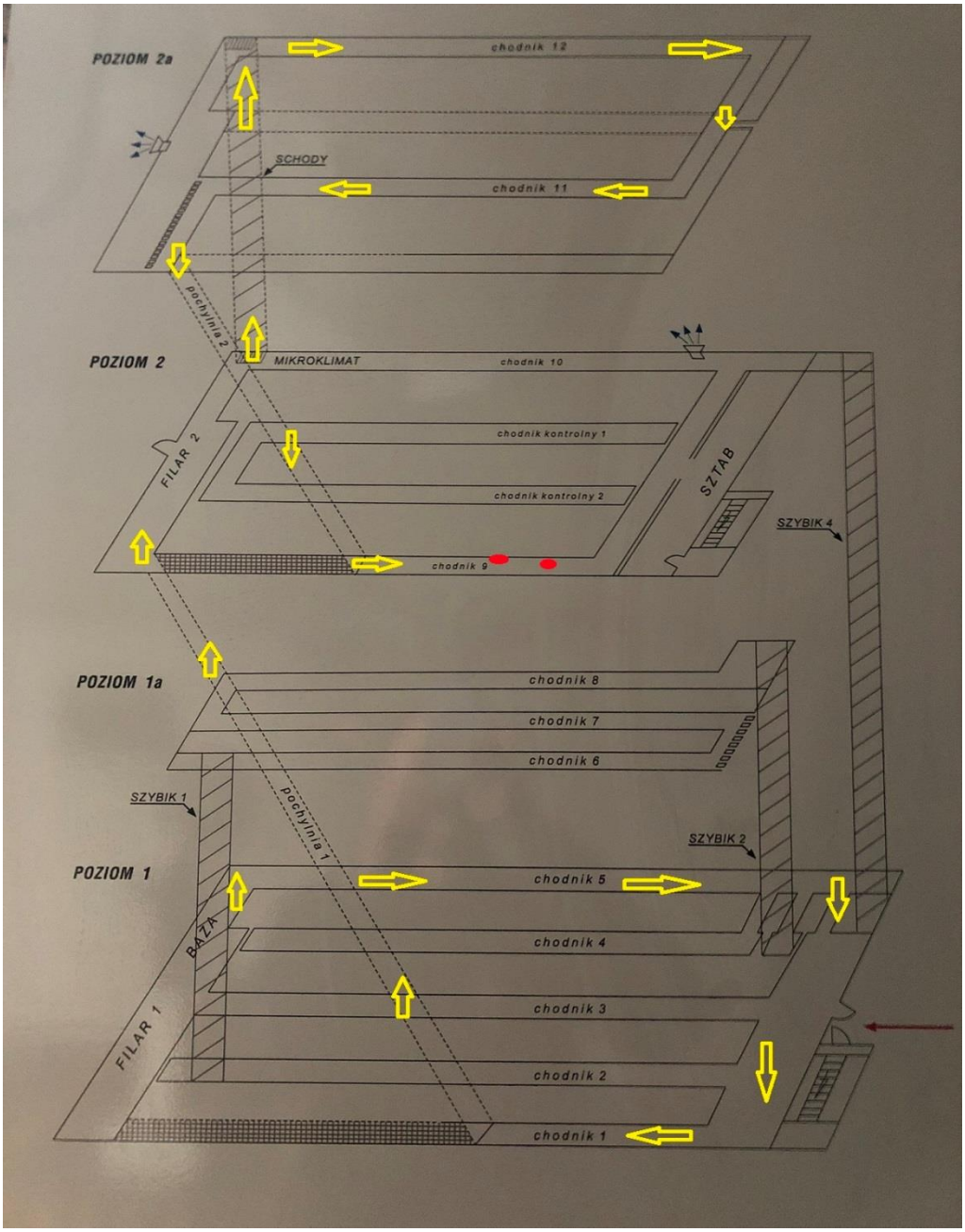
Badania przeprowadzono w komorze ćwiczeń Okręgowej Stacji Ratownictwa Górniczego Bytom. Badania zostały wykonane w aparatach regeneracyjnych roboczych typu W–70. Po wykonaniu kontroli aparatów w bazie ratowniczej i założeniu maski, ratownikom wydano polecenie odszukania poszkodowanego w komorze ćwiczeń. Zastęp w każdym z etapów nie posiadał informacji gdzie znajduje się poszkodowany.

Celem etapu I i II była lokalizacja poszkodowanego, z wyposażeniem podstawowym zastępu ratowniczego tzn. taki jaki codziennie zastęp zabiera na dół kopalni. Etap III i IV wykonano z sprzętem uzupełniającym, w którego skład wchodziła dodatkowo kamera termowizyjna firmy Dräger UCF 1600. Poszkodowany w Etapie I i III został umieszczony w Filarze 2 w dwóch innych, lecz pobliskich miejscach (rys. 2).



Rys. 2. Trasa przejścia zastępu ratowniczego wraz z zaznaczonymi czerwonymi punktami miejsc odnalezienia osoby poszkodowanej w filarze 2

Etap II i IV polegał na przejściu dużo dłuższego odcinka komory, ponieważ poszkodowany został umieszczony w Chodniku 10, w środku przeszkody i poza przeszkodą (rys.3). Warunki panujące w komorze ćwiczeń w pełni odzwierciedlały warunki panujące podczas akcji ratowniczej na dole kopalni.



Rys. 3. Trasa przejścia zastępu ratowniczego, wraz z zaznaczonymi czerwonymi punktami miejsc odnalezienia osoby poszkodowanej w chodniku 9

2.1. *Wyposażenie zastępów ratowniczych podczas prowadzonych ćwiczeń ratowniczych*

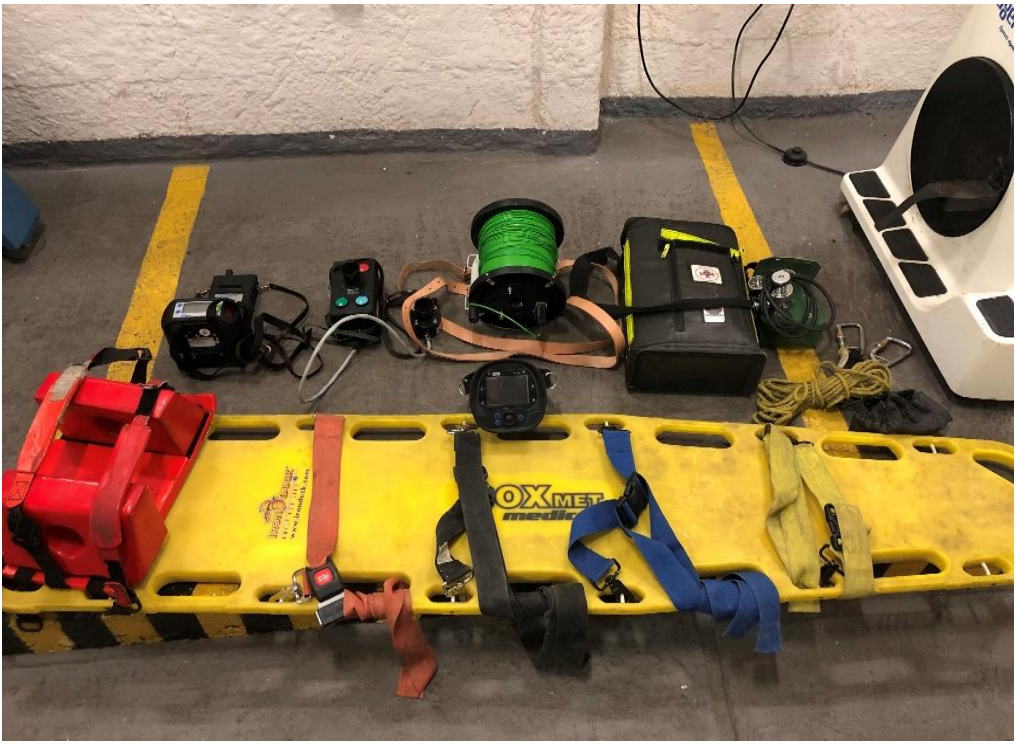
2.1.1. *Sprzęt podstawowy zastępów ratowniczych*

Zastęp ratowniczy w podziemnym zakładzie górniczym wyposaża się w odpowiedni sprzęt określony w planie ratownictwa a w szczególności:

- tlenomierz o pomiarze ciągłym i sygnalizacji zadanego progu zawartości tlenu;
- przyrządy do ciągłego pomiaru zawartości gazów, a w szczególności CO, CO_2, CH_4;
- przyrządy do pomiaru wilgotności i temperatury [8].

Ratowników górniczych wyposaża się także w sprzęt górniczy podstawowy (piła, siekiera, kilof) służący przykładowo do budowy tam izolacyjnych. W przypadku stosowania aparatu regeneracyjnego typu W-70 należy pamiętać o wyposażeniu zastępu w sygnalizatory optyczne i akustyczne – czujniki bezruchu. Aparaty BG–4 plus i PSS 7000P posiadają system czujników bezruchu w elektronicznej jednostce monitorującej typu Bodyguard.

Nosze deskowe, służące do transportu osób poszkodowanych znajdują się zawsze na podziałach prac załogi blisko rejonów prac eksploatacyjnych. Całość sprzętu podstawowego przedstawia (rys. 4).



Rys. 4. Sprzęt podstawowy dyżurujących zastępów ratowniczych

- *Aparat regeneracyjny typu W-70*

Aparat regeneracyjny typu W–70 jest aparatem o obiegu zamkniętym, wielogodzinnym, tzn. zapewniają możliwość zaopatrzenia użytkownika w komfort oddychania przez około 4 godziny

(rys. 5). Mamy także możliwość użytkowania 2 godzinnego, wtenczas w miejsce pochłaniacza CO_2 28 o wymiarach (9x18x28) i 2 litrowej butli tlenowej napełnionej do 20MPa zastosować pochłaniacz CO_2 24 (9x18x24) i butlę 2 litrową napełnioną do 15MPa [1].



Rys. 5. Aparat regeneracyjny roboczy typu W-70

- *Aparat ewakuacyjny CareVent DRA i AU-9E*

Aparaty ewakuacyjne CareVent DRA i AU-9E (rys.6) są przeznaczone do ochrony dróg oddechowych, osób ewakuowanych przez zastępy ratownicze, a w szczególności osób będących w stanie nieprzytomnym z miejsc, gdzie koncentracja gazów przekracza dopuszczalną zdolność chłonną dla pochłaniaczy gazów oraz tam, gdzie stężenie tlenu jest niewystarczające do oddychania [2]. Dodatkową zaletą aparatu ewakuacyjnego CareVent DRA jest resuscytacja oddechowa podczas zatrzymania oddechu i akcji serca [3].



Rys. 6. Aparat ewakuacyjny CareVent DRA i AU–9E

- *Linka ratownicza*

Linka ratownicza o długości 10 metrów posiada elementy odblaskowe, które są niezwykle istotne w warunkach niskiej widoczności w zadymionych i ciemnych wyrobiskach kopalń. Linka ratownicza (rys.7), posiada dwa karabińczyki, które są zabezpieczone specjalnym zapięciem. Zabezpieczenie to ma za zadanie uniemożliwienie przypadkowego wypięcia się któregoś z ratowników [5].



Rys. 7. Linka ratownicza odblaskowa 10 metrowa

- *Urządzenie do podawania tlenu UPT–1*

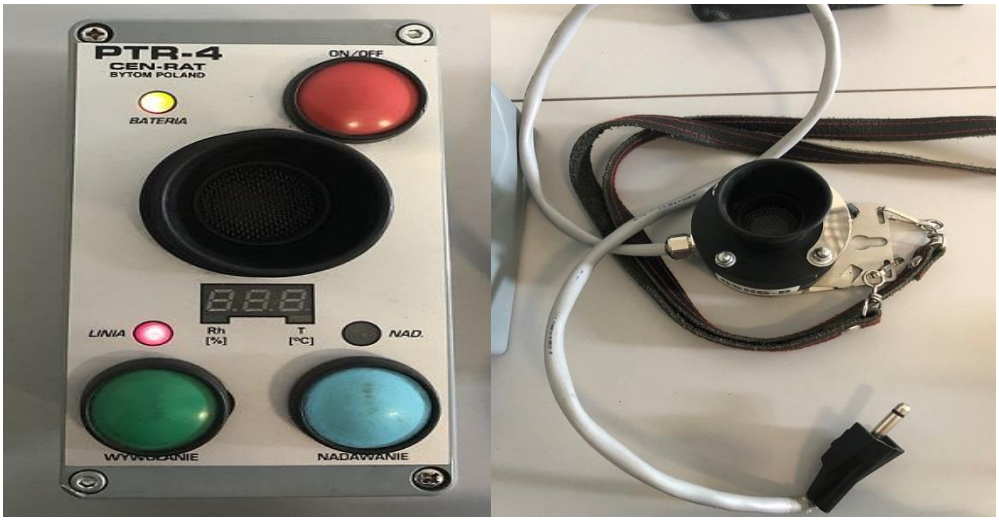
Urządzenie do podawania tlenu UPT–1 jest przeznaczone do dostarczania tlenu ratownikom, którzy pracując w aparatach regeneracyjnych zasłabli lub mają trudności w oddychaniu (rys.8). Urządzenie można stosować w atmosferze nie nadającej się do oddychania. Urządzenie UPT–1 stanowi wyposażenie każdego zastępu ratowniczego udającego się do akcji prowadzonej a atmosferze niezdatnej do oddychania [7].



Rys. 8. Urządzenie do podawania tlenu UPT–1

- *Przenośny telefon ratowniczy PTR – 4*

Przenośny telefon ratowniczy służy do szybkiego zorganizowania łączności przewodowej pomiędzy bazą ratowniczą, a zastępem ratowników biorących udział w akcji (rys. 9). Posiada możliwość pomiaru temperatury i wilgotności [6].



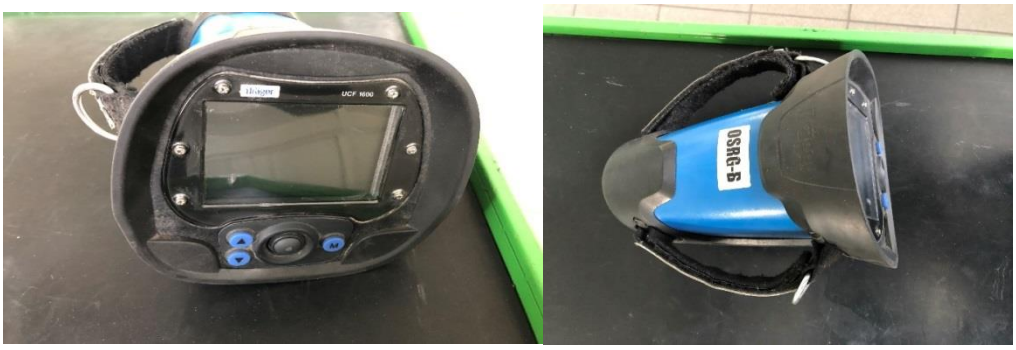
Rys. 9. Przenośny telefon ratowniczy PTR – 4 i aparat ratownika

2.1.2. *Sprzęt uzupełniający zastępów ratowniczych*

Poprzez sprzęt uzupełniający rozumie się sprzęt specjalistyczny dostępny m.in. na stacjach ratowniczych, który za zgodą kierownika akcji ratowniczej, jest dodatkowo dostarczony dla potrzeb akcji ratowniczej. Takim sprzętem jest między innymi kamera termowizyjna (rys. 10).

- *Kamera termowizyjna Dräger UCF 1600*

Kamera termowizyjna to urządzenie pomocnicze, ułatwiające orientację podczas akcji ratowniczych i poszukiwania zaginionych osób. Wykorzystywana szczególnie podczas pożaru, w warunkach mocnego ograniczenia widoczności, spowodowanego brakiem światła lub zadymienia. Jest przystosowana do eksploatacji w wysokich temperaturach, w dymie i w atmosferze nasyconej wodą. Posiada zabezpieczenie typu IP67, a jej obudowa jest wykonana z tworzywa sztucznego wyjątkowo odpornego na uderzenia [4].



Rys. 10. Kamera termowizyjna Dräger UCF 1600

2.2. *Opis poszczególnych etapów wykonanych przez zastępy ratownicze z trzech zakładów górniczych*

- *Etap I: baza ratownicza – filar 2 – baza ratownicza*

Celem tego etapu była lokalizacja osoby poszkodowanej, która znajdowała się na odcinku baza ratownicza – pomieszczenie urządzeń wysiłkowych, a następnie wytransportowanie na bazę ratowniczą przez zastępy ratownicze z wyposażeniem podstawowym. Po wykonaniu kontroli aparatów, zastępy ratownicze wykonały przejście z bazy ratowniczej do pochylni 1, gdzie napotkano tamę (rys. 11).



Rys. 11. Zastęp ratowniczy po kontroli aparatów ze sprzętem podstawowym (a);
zastęp ratowniczy w pochylni 1 przed tamą (b)

Otwierając tamę, zastęp doszedł do Filaru 2, gdzie napotkał zadymienie. Nastąpiło spięcie zastępu linką ratowniczą, odszukanie poszkodowanego, założenie aparatu ewakuacyjnego typu AU–9E lub CareVent DRA, poszkodowanemu oraz ułożenie poszkodowanego na nosze, a następnie wytransportowanie na bazę ratowniczą (rys. 12).



Rys. 12. Zastęp ratowniczy lokalizuje poszkodowanego i udziela pomocy (a);
zastęp ratowniczy transportuje poszkodowanego na noszach (b)

- *Etap II: baza ratownicza – chodnik 9 – baza ratownicza*

Zastęp ratowniczy po chwilowym odpoczynku przystąpił do etapu II, który polegał na przejściu trasy etapu I i dodatkowo pokonaniu wyrobisk niskich chodnik 11 i 12. W tym etapie również użyto wyposażenie podstawowe. Zadymienie wyrobiska występowało od Filaru 2 aż do chodnika 9 (Rys.13). Po dotarciu zastępu do poszkodowanego, w pierwszej kolejności założono AU – 9E lub CareVent DRA i wytransportowano poszkodowanego na noszach chodnikiem 10, kolejno filar 2, aż poprzez chodnik 1 i 5 do bazy ratowniczej.



Rys. 13. Zastęp ratowniczy w chodniku 11 i 12 (a); poszkodowany – przed zadymieniem wyrobiska (b)

- *Etap III: baza ratownicza – Filar 2 – baza ratownicza z kamerą termowizyjną*

Etap III polegał na odnalezieniu poszkodowanego, znajdującego się w Filarze 2 za pomocą kamery termowizyjnej, co znacznie ułatwiło pracę ratowników w zadymionych wyrobiskach komory ćwiczeń (rys. 14).



Rys. 14. Obserwacja wyrobiska zadymionego przez kamerę UCF 1600 (a); zastęp ratowniczy transportuje poszkodowanego na noszach z założonym CAREvent DRA (b)

Po założeniu CAREvent DRA i ułożeniu poszkodowanego na noszach został on bezpiecznie wytransportowany na bazę ratowniczą.

- *Etap IV: baza ratownicza – chodnik 9 – baza ratownicza z kamerą termowizyjną*

Etap IV polegał na odnalezieniu poszkodowanego, znajdującego się w chodniku 9 za pomocą kamery termowizyjnej, co dzięki pomocy pomocniczego sprzętu, w tak długim dystansie penetracji wyrobisk pozwoliło na sprawną i szybką pracę ratowników w zadymionych wyrobiskach komory ćwiczeń (rys. 15).



Rys. 15. Zastęp ratowniczy po przejściu chodnika 11 i 12 lokalizuje poszkodowanego za pomocą kamery termowizyjnej (a); zastęp ratowniczy przygotowany do transportu poszkodowanego na noszach do bazy ratowniczej – całkowite zadymienie wyrobiska (b)

Etap zakończył się bezpiecznym wytransportowaniem poszkodowanego do bazy, przy użyciu kamery termowizyjnej, omijając wszelkie przeszkody w zadymieniu wyrobisk.

2.3. *Wyniki badań trzech zakładów górniczych wykonujących poszczególne etapy*

Ratownicy z trzech zakładów górniczych wykonali etapy I – IV bezbłędnie. Różnica czasowa w etapie I i II pomiędzy zastępami wynikała z trudnością odszukania osoby poszkodowanej w zadymionym wyrobisku, a także w współpracy zastępu podczas ułożenia poszkodowanego na noszach i transportu do bazy ratowniczej. Etap II i III pozwolił na uzyskanie lepszego czasu ze względu na wyposażenie zastępu w kamerę termowizyjną, która w zadymionym wyrobisku pozwoliła na błyskawiczną lokalizację osoby poszkodowanej. Uzyskane wyniki czasu zaprezentowane zostały w tabeli 1.

Tabela 1. Czas lokalizacji i wytransportowania poszkodowanego do bazy ratowniczej wykonany przez zastępy ratownicze z trzech zakładów górniczych

	Zakład górniczy „A''		*Zakład górniczy „B''*		*Zakład górniczy „C''*	
	Zastęp I	*Zastęp II*	*Zastęp I*	*Zastęp II*	*Zastęp I*	*Zastęp II*
Etap I	8,05	9,10	12,03	13,01	10,12	11,01
Etap II	16,55	16,53	17,58	17,13	15,58	16,43
Suma Σ	*25,00*	*26,13*	*30,01*	*30,14*	*26,10*	*28,44*
Suma Σ zakładów górniczych	*51,13*		*60,15*		*54,54*	
Etap III	7,01	6,30	10,31	10,44	7,31	6,44
Etap IV	14,04	14,17	15,44	14,51	15,16	13,52
Suma Σ	*21,05*	*20,47*	*26,15*	*25,35*	*22,47*	*20,36*
Suma Σ zakładów górniczych	*41,52*		*51,50*		*43,23*	

PODSUMOWANIE

W referacie zaprezentowano wyniki badań lokalizacji poszkodowanego w komorze ćwiczeń przez zastępy ratownicze z osprzętem podstawowym i z kamerą termowizyjną firmy Dräger UCF 1600. Różnice czasu w jakim zastępy ratownicze wytransportowały poszkodowanego na bazę ratowniczą wynikały przede wszystkim z użycia kamery termowizyjnej, która ułatwiła widoczność w całkowicie zadymionych wyrobiskach ćwiczeń. Kolejnym ważnym czynnikiem, który skrócił czas jest doświadczenie wynikającego z przebytych akcji ratowniczych, oraz współpraca zastępu podczas wykonywania poszczególnych etapów, a także odpowiednie kierowanie zastępem ratowniczym przez zastępowego. Zastępy ratownicze pracujące na co dzień w zakładach górniczych, nie posiadają na wyposażeniu podstawowym kamer termowizyjnych, przez co ich praca znacznie się wydłuża, a także prowadzi do dłuższego narażenia na niebezpieczeństwo zastępu. Osoby poszkodowane oczekujące na pomoc w aparatach ucieczkowych, w razie stresu i paniki zużywają tlen dużo szybciej, co powoduje że zastęp nie może sobie pozwolić na jakiekolwiek opóźnienia. Badania wykazały że efektywność pracy zastępów z trzech zakładów górniczych, których wyposażono w kamerę termowizyjną była od 9 aż do 11 minut krótsza, w porównaniu z wyposażeniem podstawowym. Niewielka waga kamery termowizyjnej, dołożona do wyposażenia podstawowego może okazać się

bezcenna w ratowaniu osób poszkodowanych, lecz także pozwoli na bezpieczeństwo i pewność wykonywania pracy ratowników górniczych, którzy zostaną zaalarmowani w pierwszej fazie akcji ratowniczej.

Badania zostały wykonane w wyrobiskach ćwiczebnych OSRG Bytom, warto podkreślić że Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego S.A. posiada bardziej wyspecjalizowane wyrobiska ćwiczebne, które również mogą być tematem wielu ciekawych zagadnień.

LITERATURA

1. Instrukcja obsługi aparatu regeneracyjnego typu W-70, Fabryka sprzętu ratunkowego i lamp górniczych FASER S.A., Tarnowskie Góry 1995 r.
2. Instrukcja obsługi aparatu tlenowego ewakuacyjnego AU-9E, Fabryka sprzętu ratunkowego i lamp górniczych FASER S.A., Tarnowskie Góry 1993 r.
3. Instrukcja obsługi aparatu tlenowego ewakuacyjnego CareVent DRA, Dräger Safety Polska Sp. z o.o., Bytom 2012 r.
4. Instrukcja obsługi kamery termowizyjnej typ UCF 1600, Dräger Safety Polska Sp. z o.o., Bytom 2009 r.
5. Instrukcja obsługi linki ratowniczej odblaskowej 10 metrów – udostępniona przez OSRG Bytom – Zabrze.
6. Instrukcja obsługi PTR – 4, CEN-RAT, Bytom 2010 r.
7. Instrukcja obsługi UPT – 1, Fabryka sprzętu ratunkowego i lamp górniczych FASER S.A., Tarnowskie Góry 1994 r.
8. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 16 marca 2017 r. w sprawie ratownictwa górniczego (Dz. U. z 2017 r. poz. 2087).
9. Wyższy urząd górniczy – http://www.wug.gov.pl/bhp/stan_bhp_w_gornictwie.

Innowacyjne rozwiązania techniczne wdrażane przez MWM Elektro w zakresie wyposażania górniczych wyciągów szybowych (maszyna wyciągowa do zabudowy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, mobilna platforma kontenerowa, smarowanie hydrostatyczne łożysk, system nadzoru technicznego)

Leszek Kowal
MWM Elektro Sp. z o.o., Trzebinia

Michał Kobylecki
MWM Elektro Sp. z o.o., Trzebinia

Piotr Ryndak
MWM Elektro Sp. z o.o., Trzebinia

STRESZCZENIE: W artykule przedstawiono innowacyjne rozwiązania techniczne wdrażane przez firmę MWM Elektro w elementach górniczych wyciągów szybowych. Wychodząc naprzeciw potrzebom rynku zaproponowano rozwiązania, które mają na celu zastąpić dotychczas stosowane i obecnie mocno wyeksploatowane urządzenia. Opracowano mobilną platformę kontenerową do głębienia szybów, maszynę wyciągową przeznaczoną do zabudowy w strefach zagrożonych wybuchem i dedykowaną do pogłębiania szybów. Rozszerzono też ofertę w zakresie wyposażenia maszyn wyciągowych wdrażając łożyska ślizgowe wraz z nowoczesnym systemem do diagnostyki poprawności jej działania.

SŁOWA KLUCZOWE: górnicze wyciągi szybowe, maszyny wyciągowe

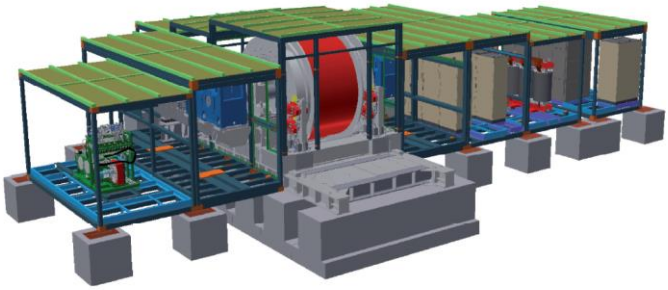
1. WSTĘP

W artykule przedstawiono nowe rozwiązania techniczne wdrażane przez firmę MWM Elektro Sp. z o.o. w górniczych wyciągach szybowych. Dwa z nich, to urządzenia dedykowane do prowadzenia prac związanych z głębieniem i pogłębianiem szybów. Mobilna platforma kontenerowa to rozwiązanie, które upraszcza i skraca czas w znacznym stopniu przygotowania wyciągu szybowego do głębienia szybu. Konstrukcja platformy umożliwia wielokrotne jej zastosowanie do tego typu prac w różnych miejscach. Maszyna wyciągowa B- 1500/Ex/AC- 2m/s w wykonaniu przeciwwybuchowym to maszyna o zminimalizowanych gabarytach, dedykowana do zabudowy w podziemnych wyrobiskach i przeznaczona do pogłębiania

szybów. Ponadto przedstawiono dwa rozwiązania techniczne dotyczące bezpośrednio budowy maszyny wyciągowej oraz jej diagnostyki. Po wielu latach stosowania do osadzania wałów głównych maszyn wyciągowych łożysk tocznych, w ostatnich rozwiązaniach powrócono do zastosowania łożysk ślizgowych ze smarowaniem hybrydowym tj.: hydrostatycznym i hydrodynamicznym. Rozwiązanie to powiązano z nowoczesnym systemem diagnostycznym umożliwiającym ocenę stanu technicznego maszyny na podstawie kontroli parametrów łożyska i ruchów wału głównego w łożyskach.

2. MOBILNA PLATFORMA KONTENEROWA

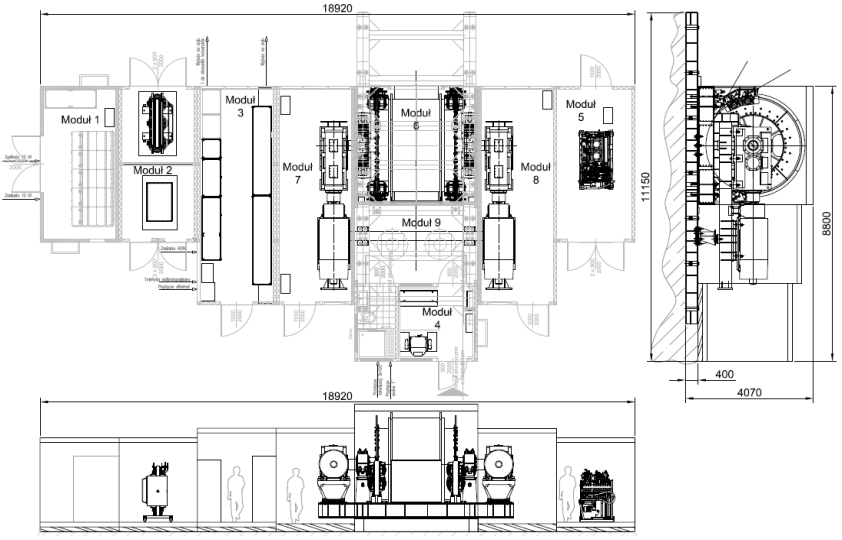
Mobilna platforma kontenerowa (rys. 1) przeznaczona jest do stosowania do głębienia szybów. Mobilną platformę kontenerową stanowią dwie maszyny wyciągowe, których poszczególne podzespoły zabudowano w modułach kontenerowych, co umożliwia ich łatwy transport oraz montaż na obiekcie. Orientacyjny czas montażu, uruchomienia i demontażu platformy wynosi około 6 tygodni. Ponadto, na całość platformy składają się przynależne urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej i prefabrykowane fundamenty. Zdolność wydobywcza platformy wynosi 200 t/h.



Rys. 1. Model mobilnej platformy kontenerowej. [9, 10]
Figure 1. Model of a mobile container platform.

Mobilna platforma kontenerowa wyposażona jest w jednobębnową maszynę wyciągową B-3000/AC-6m/s o następujących parametrach:

– średnica nawojowa liny w pierwszej warstwie na bębnie ø3000 mm,
– maksymalna prędkość jazdy naczynia 6 m/s,
– maksymalne przyspieszenie przy rozruchu 0,8 m/s^2,
– moc napędu (dwa silniki) 2×780 kW.
– maksymalna siła statyczna w linie 200 kN,
– maksymalna siła zrywająca linę 1600 kN,
– głębokość ciągnienia zależna od średnicy zastosowanej liny
dla liny ø36 mm nawiniętej w 3 warstwach 1100 m,
– dopuszczalny kąt nabiegu liny na bęben w płaszczyźnie pionowej od 30° do 60°,
– odległość maszyny od koła linowego min. 35 m, max. 80 m.



Rys. 2. Schemat platformy kontenerowej z rozmieszczeniem urządzeń. [10]
Figure 2. Scheme of container platform with arrangement of devices. [10]

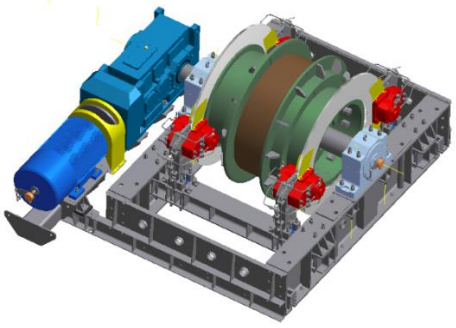
W poszczególnych modułach platformy kontenerowej (rys. 2) zainstalowane są:
– moduł 1 – rozdzielnia średniego i niskiego napięcia,
– moduł 2 – transformatory,
– moduł 3 – zespół zasilająco-sterujący,
– moduł 4 – stanowisko sterownicze,
– moduł 5 – hydrauliczny zespół zasilająco-sterujący hamulca,
– moduł 6 – rama z łożyskowanym wałem głównym i bębnem nawojowym oraz stojakami hamulcowymi,
– moduł 7 i 8 – zespół napędowy składający się z silnika prądu zmiennego, sprzęgła i przekładni,
– moduł 9 – moduł komunikacyjny.

Mobilną platformę kontenerową realizowano w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014 – 2020 finansowanego z funduszy europejskich. W efekcie realizacji projektu platformy kontenerowej:
- skrócono łączny czas i obniżono koszty potrzebne na przygotowanie maszyn wyciągowych do eksploatacji oraz ich demontażu po zakończeniu robót,
- zminimalizowano całkowitą powierzchnię zabudowy urządzeń w tym maszyn wyciągowych wchodzących w skład platformy,
- poprawiono wydajność pracy szybu przez optymalizację udźwigu i prędkości jazdy,
- obniżono zużycie energii elektrycznej oraz zmniejszono negatywne oddziaływania na sieć.

Osiągnięte zaplanowane rezultaty, uczyniły mobilną platformę kontenerową konkurencyjną w stosunku do konwencjonalnych rozwiązań stosowanych do głębienia szybów. Projekt zrealizowany został w okresie od 01.12.2015 r. do 30.11.2017 r.
Mobilna platforma kontenerowa nagrodzona została przez Kapitułę Konkursu „Górniczy Sukces Roku" w 2020 r. w kategorii „Innowacyjność".

3. MASZYNA WYCIĄGOWA W WYKONANIU PRZECIWWYBUCHOWYM

Kolejnym innowacyjnym urządzeniem zaproponowanym przez firmę MWM Elektro jest maszyna wyciągowa przeznaczona do stosowania w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem. Maszyna B-1500/Ex/AC-2m/s (rys. 3) jest budowy przeciwwybuchowej grupy I kategorii M2, co umożliwia stosowanie jej w podziemnych zakładach górniczych w wyrobiskach ze stopniem „a", „b" i „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz w wyrobiskach klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Maszyna przewidziana jest do prac związanych z głębieniem i pogłębianiem szybów, zbrojenia i przezbrajania szybów, a także może być stosowana do innych celów w górniczych wyciągach szybowych i szybikowych. Przy zastosowaniu tej maszyny w wyciągach można prowadzić jazdę ludzi, ciągnienie urobku, transport materiałów, rewizje szybu i prace szybowe.



Rys. 3. Model maszyny wyciągowej B-1500/Ex/AC-2m/s [9]
Figure 3. Model of mining hoisting machine B-1500/Ex/AC-2m/s [9]

Maszyna wyciągowa jednobębnowa cechuje się następującymi parametrami:

– średnica nawojowa liny w pierwszej warstwie na bębnie	ø1500 mm,
– maksymalna prędkość jazdy naczynia	2 m/s,
– maksymalne przyspieszenie przy rozruchu	0,4 m/s^2,
– moc napędu (silnika)	132 kW,
– maksymalna siła statyczna w linie	50 kN,
– maksymalna siła zrywająca linę	440 kN,
– głębokość ciągnienia zależna od średnicy zastosowanej liny	
• dla liny ø25 mm nawiniętej w 5 warstwach	400 m,
• dla liny ø20 mm nawiniętej w 7 warstwach	700 m,
• dla liny ø16 mm nawiniętej w 9 warstwach	1200 m,
– dopuszczalny kąt nabiegu liny na bęben w płaszczyźnie pionowej	od 0° do 90°,
– odległość maszyny od koła linowego	min. 10 m, max. 38 m,
– masa maszyny	15500 kg.

W celu spełnienia wymagań dotyczących eksploatacji maszyny w przestrzeniach zagrożonych wybuchem koniecznym było dobranie, w zakresie zasilania i sterowania maszyny, elementów spełniających te wymagania lub innych, które należało umieścić w specjalnych obudowach. Agregat sterująco-zasilający hamulca wyposażono w elementy budowy przeciwwybuchowej tj.: silniki napędowe pomp agregatu hydraulicznego (podstawowy i rezerwowy), silniki pompy

i wentylatora układu chłodzenia agregatu hydraulicznego, rozdzielacze elektrohydrauliczne i elektrozawory, oraz czujniki i przetworniki budowy iskrobezpiecznej. Do realizacji sterowania, regulacji oraz zabezpieczenia maszyny zaprojektowano ognioszczelny zespół sterowników programowalnych (OZSP) wyposażony w następujące bloki funkcjonalne: blok zasilania 500VAC/230VAC z wyłącznikiem głównym, blok zasilania, sterowania i zabezpieczeń odpływów 230VAC, blok zasilania napięciem 24VDC dla zasilania wewnętrznych obwodów sterowania, blok zasilania, sterowania i zabezpieczeń odpływów 24 VDC, blok separacji zewnętrznych obwodów iskrobezpiecznych, blok sterowników wyposażony w 2 sterowniki programowalne PLC serii S7-300, blok obwodu bezpieczeństwa. Całość urządzenia zamknięto w obudowie ognioszczelnej składającej się z następujących komór: komora przyłączeniowa dopływowa, komora układów zasilania, komora przyłączeniowa odpływowa, komora główna. OZSP realizuje funkcje sterownicze, zabezpieczeniowe i diagnostyczne maszyny wyciągowej. Jako pulpit sterowniczy pionowy maszyny wyciągowej zastosowano stację lokalną iskrobezpiecznego systemu MDJ315-2DPEx. Stację wyposażono w dwuadresowy zespół wejść/wyjść, wyświetlacz i klawiaturę dla konfiguracji i diagnostyki uszkodzeń stacji oraz tablicę synoptyczną diodową realizującą funkcje lampek sygnalizacyjnych i wskaźnika głębokości. Jako pulpity poziome zastosowano uniwersalne pulpity sterownicze typu OBIU, wyposażone w przyciski i przełączniki związane ze sterowaniem maszyny wyciągowej oraz w nastawnik prędkości oraz hamulca. Jako komputer systemu sterowania i wizualizacji zastosowano ognioszczelny komputer górniczy MDJ7001 z zainstalowanym pakietem oprogramowania wizualizacyjnego. Oprogramowanie to umożliwia: wizualizację stanu działania maszyny, szczegółową diagnostykę zabezpieczeń, rejestrację wszystkich obrazowanych zmiennych, obsługę aparatu rejestrującego oraz przeprowadzanie testów funkcjonalnych: agregatu hydraulicznego hamulca, regulatora jazdy, zabezpieczeń i blokad. Do potrzeb realizacji zadania zaprojektowano aparat rejestrujący typu RG-3/Ex w wykonaniu przeciwwybuchowym w osłonie ognioszczelnej. Aparat ten jest niezależnym urządzeniem i stanowi nową jakość w budowie aparatów rejestrujących dla przemysłu wydobywczego. Aparat rejestrujący RG-3/Ex przystosowany jest do przesyłania danych do stanowiska komputerowego zlokalizowanego poza obrębem maszyny wyciągowej w celu uzyskania szczegółowych obrazów graficznych zarejestrowanych sygnałów oraz wykonania ewentualnego wydruku. Aparat rejestrujący RG-3/Ex stanowi zintegrowany system mikrokomputerowy, który przeznaczony jest do rejestracji sygnałów wymaganych i określonych przepisami oraz dodatkowych sygnałów wyznaczonych przez użytkownika górniczego wyciągu szybowego. Może być stosowany na powierzchni oraz w podziemiach zakładów górniczych, w polach niemetanowych i metanowych, w wyrobiskach zaliczonych do stopnia „a", „b" lub „c" niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz w wyrobiskach zaliczonych do klasy „A" lub „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC cechuje się zwartą budową umożliwiającą jej zabudowę w niewielkich wnękach (komorach) w pobliżu szybu. Modułowa konstrukcja maszyny umożliwia transport jej podstawowych podzespołów podziemnymi wyrobiskami i szybki montaż i demontaż w docelowym miejscu eksploatacji. Przeznaczenie maszyny do zastosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem wymagało przetestowania szeregu innowacyjnych rozwiązań technicznych i zastosowania nowych elementów w zakresie zasilania i sterowania maszyny. Maszyna przed uzyskaniem dopuszczenia do stosowania w podziemnych zakładach górniczych w strefach zagrożonych wybuchem przeszła szereg badań na stanowisku badawczym w ITG KOMAG (rys. 4).



Rys. 4. Maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC-2m/s na stanowisku badawczym [9]
Figure 4. Mining hoisting machine B-1500/Ex/AC-2m/s on the test stand [9]

4. ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE DO MASZYN WYCIĄGOWYCH ZE SMAROWANIEM HYBRYDOWYM

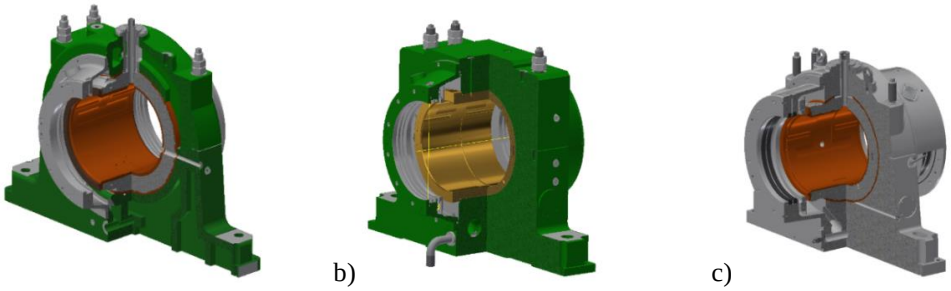
W ślad za zapotrzebowaniem rynku MWM Elektro wdrożyła maszyny wyciągowe w których wały główne osadzono w łożyskach ślizgowych. Jest to powrót, po wielu latach dominacji łożysk tocznych, do stosowanego do lat 70-tych XX w. rozwiązania łożyskowania wałów głównych maszyn wyciągowych. Do tego czasu łożyska ślizgowe były bardzo popularnym rozwiązaniem. W maszynach wyciągowych stosowano łożyska ślizgowe promieniowe ze smarowaniem olejowym hydrodynamicznym. W łożyskach słabo obciążonych stosowano smarowanie wewnętrzne z rozprowadzeniem oleju za pomocą „luźnego" pierścienia smarującego, a w przypadku łożysk mocniej obciążonych stosowano smarowanie z wymuszonym zewnętrznym obiegiem oleju. W odniesieniu do łożysk mocno obciążonych pojawiło się też w polskim górnictwie kilka maszyn wyciągowych produkcji ZUT ZGODA ze smarowaniem hybrydowym tj. smarowaniem obiegowym hydrodynamicznym i hydrostatycznym. Poziom obciążenia łożyska można oszacować za pomocą liczby Sommerfelda, która spełnia rolę kryterium podobieństwa hydrodynamicznego łożysk ślizgowych poprzecznych. Jedną z postaci liczby Sommerfelda jest wzór [0, 0]:

$$S_o = \frac{p_{śr} \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega} \tag{1}$$

gdzie: S_o – liczba Sommerfelda; $p_{śr}$ – średni nacisk na panew; ψ – luz względny w skojarzeniu czop – panew; η – nominalna wartość współczynnika lepkości dynamicznej oleju smarującego; ω – nominalna prędkość kątowa wału.

W praktycznych przypadkach dla łożysk:
– słabo obciążonych $S_o < 1$,
– średnio obciążonych $1 \leq S_o \leq 3$,
– mocno obciążonych $3 < S_o \leq 10$.

W odniesieniu do określonych przez zamawiających wymagań technicznych odnoszących się do rodzaju maszyn oraz parametrów ich obciążenia opracowano projekty trzech wielkości łożysk ślizgowych (rys. 5).



a) b) c)

Rys. 5. Modele łożysk ślizgowych [9]
Figure 5. Models of sliding bearings [9]

Ich charakterystyczne wymiary oraz parametry w miejscu eksploatacji to:
– średnica wewnętrzna panwi ø800 mm, szerokość panwi 760 mm (rys. 5a), dla obiektu 1: średni nacisk powierzchniowy wału na panew 2,8 MPa, prędkość liniowa wału na średnicy czopa 2,9 m/s, oraz dla obiektu: 2 średni nacisk powierzchniowy wału na panew 2,5 MPa, prędkość liniowa wału na średnicy czopa 1,6 m/s;
– średnica wewnętrzna panwi ø650 mm, szerokość panwi 600 mm (rys. 5b), średni nacisk powierzchniowy wału na panew 1,1 MPa, prędkość liniowa wału na średnicy czopa 1,9 m/s;
– średnica wewnętrzna panwi ø400 mm, szerokość panwi 440 mm (rys. 5c), średni nacisk powierzchniowy wału na panew 2,1 MPa, prędkość liniowa wału na średnicy czopa 0,6 m/s.

Każde z wyżej wymienionych łożysk przystosowane jest do realizowania smarowania hydrodynamicznego i hydrostatycznego. W związku z powyższym opracowane został agregaty smarne umożliwiające zasilanie łożyska olejem o wysokim ciśnieniu (max. 25 MPa) do realizowania smarowania hydrostatycznego i zasilanie łożyska olejem o niskim ciśnieniu (max. 1,5 MPa) do smarowania hydrodynamicznego. Łożysko w czasie eksploatacji, w sposób ciągły jest zasilane z obu gałęzi ciśnieniowych co zapewnia:
– zminimalizowanie tarcia podczas rozruchu i zwalniania, kiedy wraz z mniejszą prędkością obrotową wału zanika klin smarny i pogarsza się smarowanie wału w łożysku,
– ograniczenie liczby załączeń i wyłączeń pomp wysokociśnieniowych w trakcie ruchu maszyny z nominalnymi parametrami, kiedy tworzy się klin smarny,
– dodatkowe zabezpieczenie przed utratą smarowania w przypadku uszkodzenia i braku zasilania z gałęzi niskociśnieniowej przy pełnych parametrach ruchu maszyny.

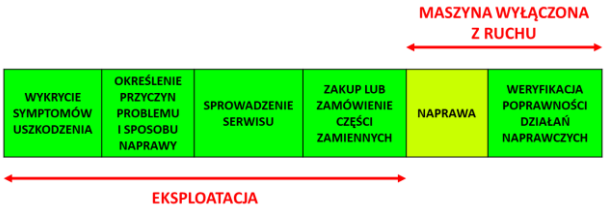
Agregaty hydrauliczne systemu smarowania, wyposażone są w układy filtrujące olej, które wykorzystywane są w diagnostyce eksploatacji łożysk. Ponadto, agregat wyposażony może być w akumulator ciśnienia, które w sytuacji uszkodzenia pomp po stronie wysokociśnieniowej jak i niskociśnieniowej zagwarantuje smarowanie wału w panewce w czasie awaryjnego zatrzymania maszyny.

5. SYSTEM NADZORU TECHNICZNEGO MASZYNY WYCIĄGOWEJ OPARTY NA MONITORINGU WSPÓŁPRACY WAŁU Z ŁOŻYSKAMI ŚLIZGOWYMI

Wdrażane w ostatnim czasie maszyny wyciągowe z łożyskami ślizgowymi dały nowe możliwości prowadzenia nadzoru technicznego stanu maszyn. System nadzoru wykorzystujący monitorowanie współpracy wału z łożyskami ślizgowymi sprzyja prowadzeniu predykcyjnego utrzymania ruchu maszyny wyciągowej (rys. 6).



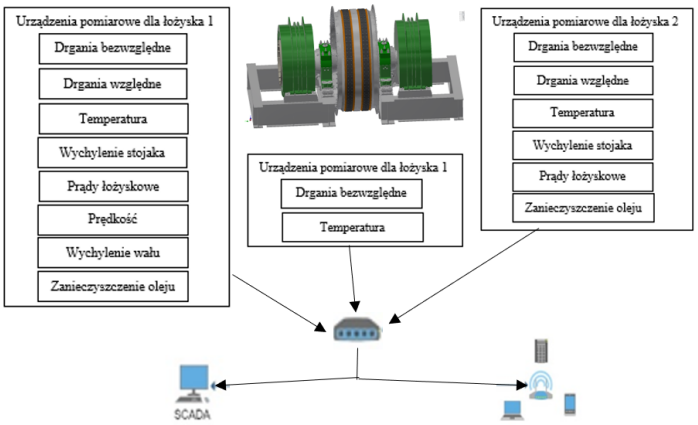
a) prewencyjne utrzymanie ruchu



b) predykcyjne utrzymanie ruchu

Rys. 6. Sposoby prowadzenia polityki utrzymania ruchu maszyny [10]
Figure 6. Ways of conducting a machine maintenance policy [10]

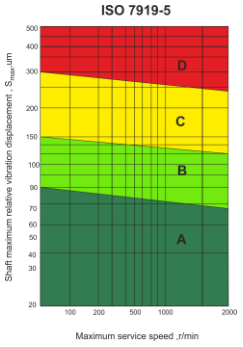
Wdrożony system nadzoru technicznego umożliwia:
– wykrywanie anomalii w pracy maszyny przed wystąpieniem uszkodzenia;
– minimalizację ryzyka wystąpienia niespodziewanych awarii;
– planowanie terminu przeprowadzenia remontów i napraw oraz ich zakresu;
– weryfikację poprawności zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych oraz jakości wykonania podzespołów i przeprowadzonych prac;
– optymalizację parametrów ruchowych co wpływa na przedłużenie czasu eksploatacji maszyny;
– wydłużenie okresów międzyremontowych i minimalizację magazynu części zamiennych.
Wdrożony system nadzoru (rys. 7) dla maszyny zainstalowanej w wieży górniczego wyciągu szybowego umożliwia monitorowanie:
– poprawności łożyskowania;
– stabilności dynamicznej maszyny w czasie pracy;
– odchylenia kadłubów łożyskowych i konstrukcji wieży od pionu;
– stanu zanieczyszczenia oleju i temperatury oleju;
– temperatury łożysk;
–poprawności działania systemu uziemienia wału eliminującego prądy łożyskowe oraz monitorowanie wartości prądów łożyskowych.
Do akwizycji i analizy danych zastosowano specjalistyczne oprogramowanie VIDIA, które umożliwia:
– wykonanie podstawowych i zaawansowanych analiz sygnału drgań;
– dodawanie analiz dla pomiarów historycznych;
– ocenę stanu technicznego maszyny na podstawie wibracji zgodnie z większością norm w tym zakresie;
– bezpośrednią i pośrednią komunikację z urządzeniami pomiarowymi systemów stacjonarnych oraz z przenośnymi rejestratorami sygnału;
– instalację na serwerze jak i komputerze klasy PC.



Rys. 7. Parametry diagnostyczne na obiekcie [10]
Figure 7. Diagnostic parameters used on the target object [10]

Zgodnie z normami stan techniczny maszyn wirnikowych można ocenić na podstawie pomiaru drgań [6, 7, 8]. Normy rozróżniają cztery typowe strefy klasyfikacyjne maszyn ze względu na poziom drgań względnych (rys. 8):
– strefa A – drgania maszyny nowej lub po kapitalnym remoncie bezpośrednio po odbiorze eksploatacyjnym;
– strefa B – maszynę dopuszcza się do długotrwałego ruchu bez ograniczeń eksploatacyjnych;
– strefa C – maszyna nie nadaje się do długotrwałej pracy ciągłej (maszyna może być eksploatowana tylko do chwili, gdy możliwe jest podjęcie kroków zaradczych);
– strefa D – drgania mogą spowodować uszkodzenie maszyny (maszyna powinna być wyłączona z eksploatacji).
Maszyny wyciągowe można zaliczyć do III klasy tj. do maszyn o mocy poniżej 50 MW. Zarejestrowane wyniki pomiarów drgań bezwzględnych wału w łożyskach z czujników w trzech kierunkach zestawiono w tabeli 1.

a)



b)

ISO 10816

Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
in/s	mm/s				
0.01	0.28				
0.02	0.45				
0.03	0.71		good		
0.04	1.12				
0.07	1.80				
0.11	2.80		satisfactory		
0.18	4.50				
0.28	7.10		unsatisfactory		
0.44	11.2				
0.70	18.0				
0.71	28.0		unacceptable		
1.10	45.0				

Vibration Velocity Vrms

Rys. 8. Klasyfikacja stanu dynamicznego maszyn wirnikowych ze względu na: a) prędkość drgań bezwzględnych korpusów łożysk [7], b) przemieszczenia drgań względnych wału [8]
Figure 8. Classification of the dynamic state of rotating machinery due to: a) speed of absolute vibrations of bearing bodies [7], b) displacements of relative shaft vibrations [8]

Tabela 1. Zestawienie wyników pomiarów drgań korpusów łożysk [10]
Table 1. Summary of the results of vibration measurements of bearing bodies [10]

Łożysko	Strona wschodnia			Strona zachodnia			Data pomiaru
Czujnik	VIB 4	VIB 5	VIB 6	VIB 1	VIB 2	VIB 3	
V_{BMS} [mm/s]	0,25	0,51	0,50	0,38	0,57	0,43	20-25 VI
V_{BMS} [mm/s]	0,28	0,66	0,33	0,39	0,29	0,45	13 IX

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że stan maszyny jest bardzo dobry. W układzie diagnostycznym przyjęto następujące poziomy ostrzeżeń (rys. 8b):
– 1,8 mm/s (wartość pomiędzy stanem A i B) – eksploatacja bez ograniczeń,
– 4,5 mm/s (wartość pomiędzy stanem B i C) – stan ostrzeżenia,
– 11,2 mm/s (wartość pomiędzy stanem C i D) – stan alarmu.

PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule zagadnienia pokazują nowe rozwiązania jakie firma MWM Elektro proponuje na rynku krajowym jak i rynkach zagranicznych. Współpraca z instytucjami naukowymi takimi jak ITG KOMAG, AGH oraz partnerami przemysłowymi jak np. firma Alitec oraz ZENT-JT owocuje wdrażaniem nowych maszyn wyciągowych o specyficznych cechach takich jak mobilność lub możliwość ich stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wdrożone rozwiązania maszyn: mobilnej i w wykonaniu specjalnym (Ex), stanowią bazę do opracowania tego typu maszyn o innych parametrach zgodnie z potrzebami potencjalnych użytkowników. Przedstawione rozwiązania diagnostyczne oparte o stosowanie łożysk ślizgowych mogą zagwarantować użytkownikowi wyższy poziom eksploatacji maszyn poprzez lepsze kontrolowanie ich stanu technicznego a tym samym planowanie potencjalnych napraw lub remontów.

LITERATURA

[1] Kiciński J.: Dynamika wirników i łożysk ślizgowych. Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk 2005.
[2] Kiciński J., Miąskowski W.: Własności kinetostatyczne i dynamiczne typowego łożyska turbinowego. Diagnostyka vol. 32. Wyd. Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej, Warszawa 2004.
[3] Lawrowski Z.: Technika smarowania. PWN, Warszawa 1987.
[4] Skoć A.: Przykłady obliczeń zadania do rozwiązania z podstaw konstrukcji maszyn. Tom 2: Elementy podatne osie i wały maszynowe łożyska ślizgowe i toczne – część 1. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 2009.
[5] Tomaszewski J.: Sprawozdanie z pomiarów ciągłych maszyny wyciągowej. Dokumentacja ZENT JT dla MWM Elektro, Kęty 2018 r.
[6] Norma: PN-ISO 7919-1:2001. Drgania mechaniczne maszyn z wyłączeniem maszyn tłokowych. Pomiary drgań wałów wirujących i kryteria oceny. Część 1: Wytyczne ogólne.
[7] Norma: PN-ISO 10816-1:1998: Drgania mechaniczne. Ocena drgań maszyny na podstawie pomiarów na częściach niewirujących. Część 1. Wytyczne ogólne.

[8] Norma: ISO 7919-5:2005: Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts, Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants.
[9] Dokumentacja techniczna ITG KOMAG.
[10] Materiały własne MWM Elektro.

System monitoringu podporności ściany – diagnostyka pracy hydrauliki siłowej oraz stateczności stropu wyrobiska ścianowego na przykładzie KWK Piast-Ziemowit, Ruch Ziemowit

mgr inż. Krzysztof Krasucki
Dyrektor Kopalni KWK Piast-Ziemowit

mgr inż. Tomasz Kudłacik
Naczelny Inżynier, Ruch Ziemowit

mgr inż. Krzysztof Augustyniak
Kierownik Działu Energetyczno-Maszynowego, Ruch Ziemowit

W ruchu Ziemowit kopalni Piast-Ziemowit zastosowany jest aktywny system podporności sekcji obudowy zmechanizowanej, który pozwala na automatyczną diagnostykę, dobór podporności wstępnej, jak i kontrolę oddziaływania stropu na obudowę ścianową.

Nowatorski sposób diagnozy pracy sekcji obudowy zmechanizowanej poprzez systemy informatyczne skraca czas naprawy lub samego wyszukania usterki oraz dobór profilaktyki w przypadku zagrożenia przerwania ciągłości stropu. W warunkach dołowych zdiagnozowanie awarii związanych z pracą obudowy zmechanizowanej jest utrudnione jednakże kopalnia poprzez wykwalifikowanych dyspozytorów energomechanicznych jest wstanie wykryć nieprawidłowość w zarodku. Konieczność zapewnienia kontaktu obudowa – górotwór na etapie eksploatacji jest podstawowym kryterium poprawności wykonywanych robót. Kontrolowanie w ścianie sytuacji związanej z ograniczoną ilością powstających opadów skał stropowych jest zasługą prawidłowego wykorzystywania przez pracowników monitoringu rozkładu ciśnień.

WSTĘP

W Ruchu Ziemowit kopalni Piast-Ziemowit w ścianie 922 zastosowany był aktywny system podporności sekcji obudowy zmechanizowanej, który pozwalał na automatyczne dobudowywanie sekcji obudowy zmechanizowanej oraz dobór podporności wstępnej, jak i kontrolę oddziaływania stropu na obudowę ścianową.

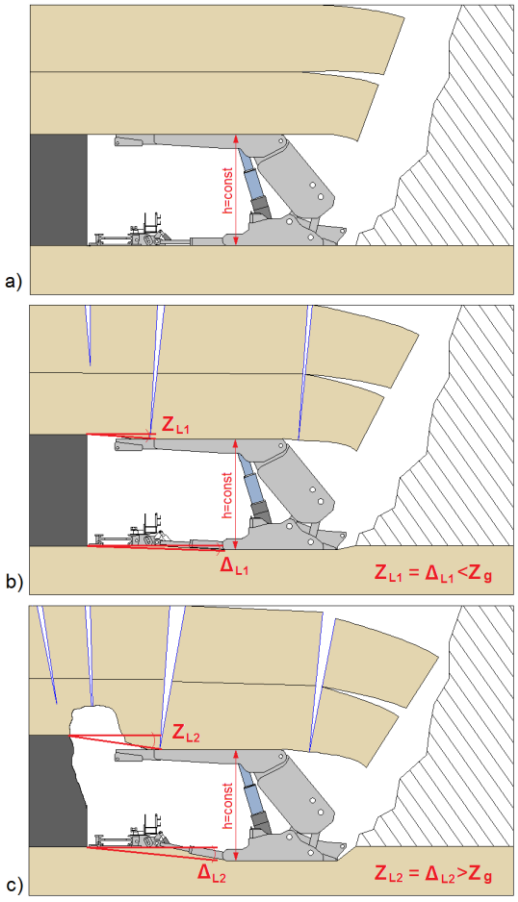
System, który zmodernizował podejście do diagnostyki ścian wydobywczych w KWK Piast-Ziemowit, został opracowany i wdrożony przez zespół osób Kierownictwa Kopalni.

Nowatorski sposób diagnozy pracy sekcji obudowy zmechanizowanej poprzez systemy informatyczne skraca czas naprawy lub samego wyszukania usterki oraz dobór profilaktyki w przypadku zagrożenia przerwania ciągłości stropu. W warunkach dołowych zdiagnozowanie

awarii związanych z pracą obudowy zmechanizowanej jest utrudnione. Kopalnia poprzez wykwalifikowanych dyspozytorów energomechanicznych jest w stanie wykryć nieprawidłowość w zarodku.

1. PROBLEM POLEGAJĄCY NA OPADZIE SKAŁ STROPOWYCH

Kontakt stropnicy sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem podczas eksploatacji to podstawowe kryterium wykonywania robót. Odspajanie się części stropu bezpośredniego w postaci odłamków skał, łat skalnych czy brył skalnych powodujące powstanie wolnych przestrzeni prowadzi do niekorzystnych przestoi w eksploatacji oraz niebezpiecznych prac związanych z zabezpieczeniem stropu wyrobiska ścianowego. Dlatego kluczowe jest kontrolowanie w ścianie sytuacji związanej z ograniczoną ilością powstających opadów skał poprzez monitorowanie przez system monitoringu podporności oraz stanu prawidłowej zabudowy sekcji obudowy zmechanizowanej. Ze względu na prawidłowo prowadzoną kontrolę podporności w ścianie 922 nie zaistniał żaden opad skał stropowych, który spowodował przestój ściany.



Rys. 1. Utrzymanie stropu w ścianie [Prusek, S. (2016)].
Fig. 1. Maintaining the roof in the longwall [Prusek, S. (2016)].

2. SPOSÓB DZIAŁANIA SYSTEMÓW MONITORINGU SEKCJI

System wspomagania pracy sekcji obudowy zmechanizowanej w zakresie prawidłowego podparcia stropu wyrobiska ścianowego oraz diagnozę prawidłowego działania stojaków hydraulicznych pozwala na kontrolę bezpośrednią przez pracowników pracujących w ścianie.

Dyspozytorzy energomechaniczni przeprowadzają kontrole z powierzchni kopalni i sprawdzają na bieżąco prawidłowość pracy stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej. Są w stanie wychwycić usterkę na wczesnym etapie jej rozwoju.

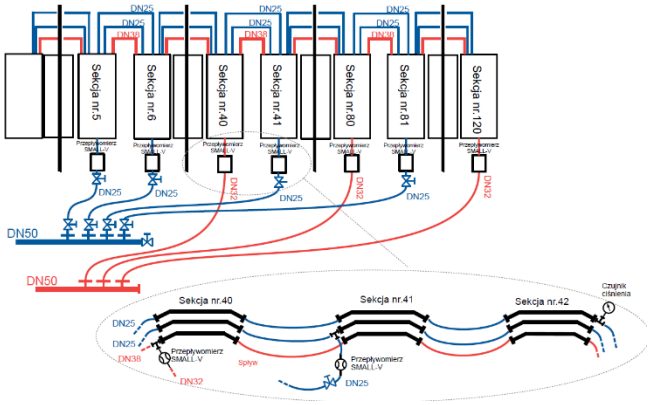
Dyspozytor energomechaniczny posiada podgląd na stan rozkładu ciśnienia w ścianie poprzez zabudowane w sekcjach obudowy zmechanizowanej czujniki, które gromadzą dane o rozkładzie ciśnień i tworzą wizualizacje. System informuje dyspozytora o zbyt niskim lub zbyt wysokim ciśnieniu medium w stojakach hydraulicznych oraz pozwala określić przebieg ciśnienia w stojakach.

Aktywny system podporności sekcji obudowy zmechanizowanej, automatycznie diagnozuje i w razie potrzeby dozuje ciśnienie w stojakach sekcji. Kluczowymi elementami zastosowanego na kopalni układu aktywnego monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej są czujniki podtrzymywania ciśnienia uRUFUS, które składają się między innymi z:

- urządzeń wyposażenia elektronicznego i elektrycznego,
- hydraulicznego bloku sterowanego elektrozaworem,
- zaworów hydraulicznych,
- przewodów transmisyjnych.

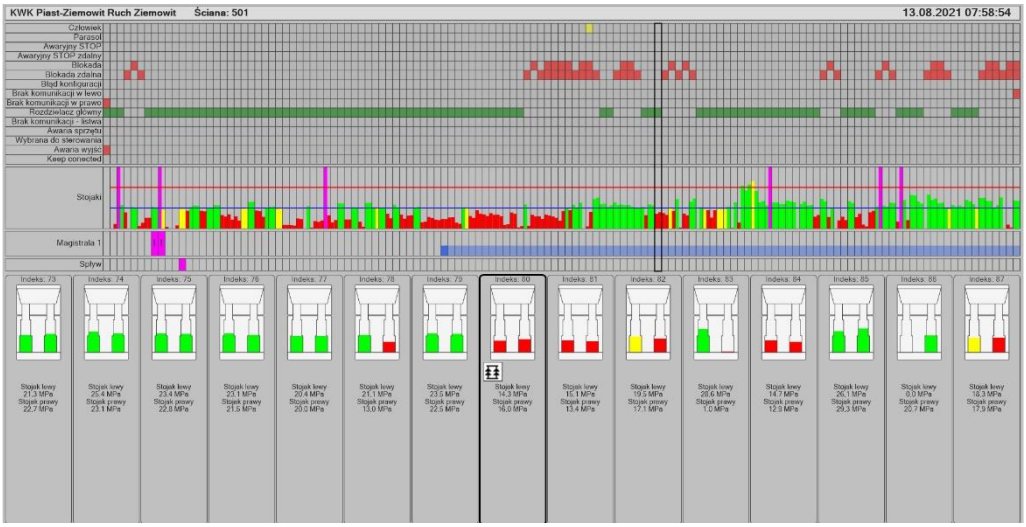
Zabudowany elektrozawór (rys. 2) kontroluje ciśnienie stojaka i w razie zadania przez operatora zbyt niskiego ciśnienia na stojak hydrauliczny automatycznie włącza się system wspomagania i koryguje stan podporności sekcji obudowy zmechanizowanej.

System jest bardzo intuicyjny i pracownicy pracujący w ścianie są w stanie sami rozpoznać problem i go rozwiązać. Na każdej z sekcji zabudowane są czujniki „RUFUS'', które sygnalizują o prawidłowym lub nieprawidłowym rozparciu sekcji. Obserwacja prawidłowej pracy sekcji obudowy zmechanizowanej w ścianie jest bardzo prosta, czujnik wyświetla kolor zielony sygnalizujący odpowiednie zabudowanie stojaka lub czerwony, który jest sygnałem o złym rozparciu sekcji obudowy zmechanizowanej. Dodatkowo sterownik DPS-200 jest wyposażony w system sterowania wizualnego, który sygnalizuje na bieżąco stan podporności w stojakach, aktualnie połączonych z czujnikiem.



Rys. 2. Schemat blokowy pomiarów ciśnień i przepływów.
Fig. 2. Block diagram of pressure and flow measurements.

Aktualnie eksploatowana w pokładzie 215 (rys. nr 3) na poziomie 500m ściana 501 jest wyposażona w system pasywnej kontroli podporności sekcji obudowy zmechanizowanej. Pasywny system podporności sprawia więcej trudności dla operatora, musi on poświęcić więcej swojego czasu pracy podczas przekładki sekcji obudowy zmechanizowanej, po to aby prawidłowo rozeprzeć stropnicę.



Rys. 3. Stan podporności w ścianie 501 bez zastosowanego aktywnego systemu.
Fig. 3. Bearing level in the longwall 501 without active system applied.

Czujnik (rys. 4) zabudowany w sekcji obudowy zmechanizowanej obrazuje sytuację podporn ościową lewego i prawego stojaka. Sygnał z czujników wysyłany jest na panel wizyjny statusu urządzenia, który wyświetla sygnałem świetlnym sytuacje w stojakach. System wysyła sygnały do systemów informatycznych, które pozwalają wyświetlać stan w ścianie w programach komputerowych, dodatkowo w pociągu aparaturowym ściany na chodniku podścianowym zabudowany jest komputer, który również posiada podgląd na czujniki zabudowane w ścianie.



Rys. 4. Widok płyty czołowej sterownika na sekcji obudowy zmechanizowanej (ELSTA, 2019).
Fig. 4. View of the controller's front plate on the powered support section (ELSTA, 2019).

Oznaczenia sygnałów wizualnych RUFUS 3G czujników stojaków (rys. 4).

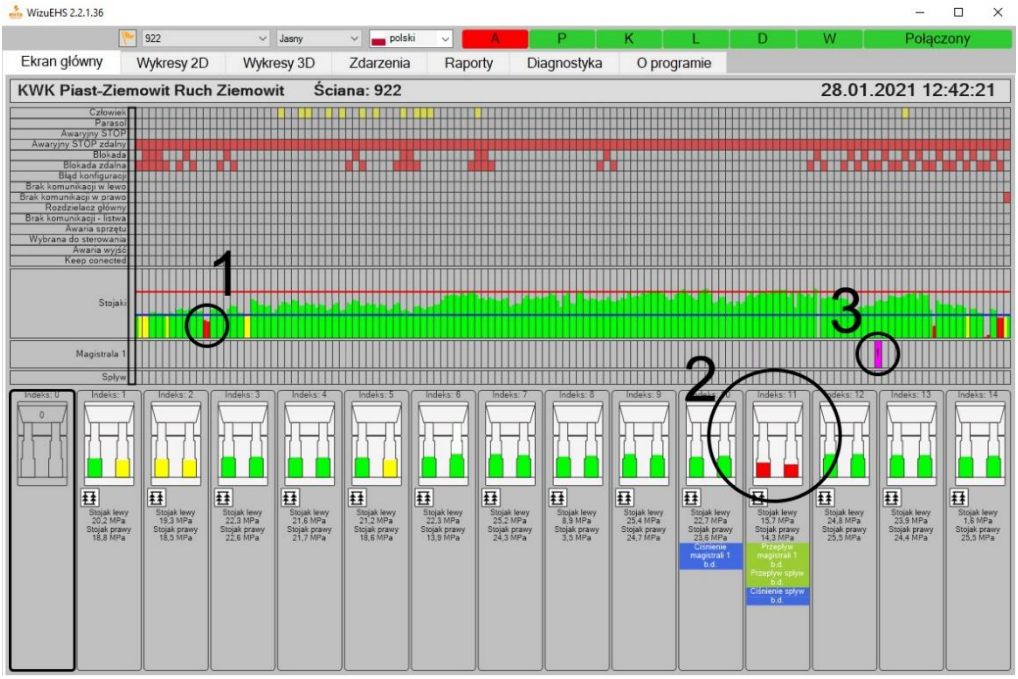
- **Sygnał zielony stały** – prawidłowe ciśnienie w zakresie od 20 MPa do 35 MPa.
- **Sygnał żółty stały** – nie uzyskano podporności wstępnej, zbyt niskie ciśnienie w zakresie od 0 MPa do 20 MPa.
- **Sygnał czerwony stały** – zbyt wysoki zakres ciśnienia przekraczający 35 MPa.
- **Sygnał czerwony z pojedynczym mruganiem** – niepodłączony elektrozawór lub zwarcie w kablu lub uszkodzenie elektrozaworu.
- **Sygnał czerwony z podwójnym mrugnięciem** – uszkodzenie czujnika, niepodłączony czujnik lub zwarcie w przewodzie czujnika.

Oznaczenia sygnałów wizualnych RUFUS 3G statusu sygnalizatora (rys. 4).

- **Sygnał żółty** – prawidłowe działanie czujnika, funkcja doładowania ciśnienia wyłączona.
- **Sygnał żółty mruga na żółto z sygnałem dźwiękowym** – elektrozawory mogą spowodować ruch sekcji.
- **Sygnał zielony** – prawidłowe działanie czujnika, funkcja doładowania ciśnienia jest załączona.
- **Sygnał czerwony ciągły** – włączony przycisk awaryjny w centrali.
- **Sygnał czerwony z pojedynczym mrugnięciem** – awaria systemu lub sprzętu, zalecane włączenie lub wyłączenie czujnika.
- **Sygnał czerwony z podwójnym mrugnięciem** – awaria w oprogramowaniu, zalecany kontakt z producentem.
- **Sygnał czerwony z potrójnym mrugnięciem** – osiągnięto maksymalną ilość doładowań stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej, ale ciśnienie nie zostało osiągnięte i sterownik nie będzie ponawiał kolejnej próby.
- **Sygnał różowy mrugający** – aktualizacja systemu.

3. ODCZYT DANYCH Z SYSTEMÓW – DIAGNOZOWANIE USTEREK

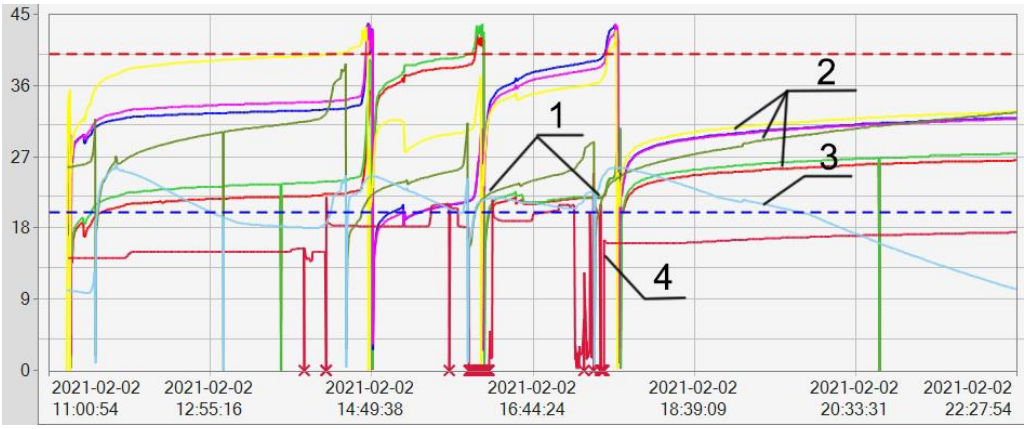
Bieżący stan sytuacji w ścianie wydobywczej obrazuje pomiar ciśnień (rys. 5). Użytkownik jest w stanie bezproblemowo analizować dane, gdyż można wygenerować dokładny wykres przebiegu ciśnienia (Rys. 6).



Rys. 5. Widok ekranu głównego oprogramowania.
Fig. 5. View of the main screen of the software.

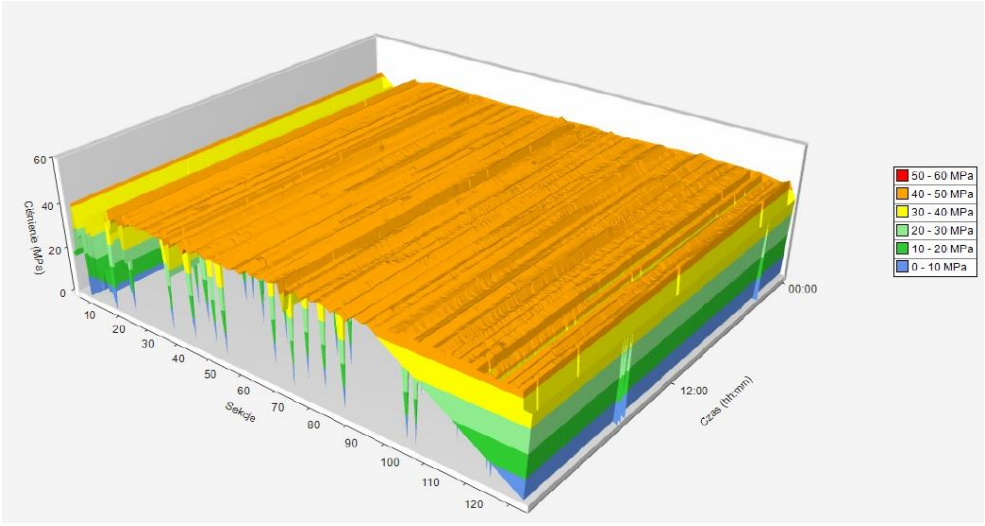
1. Nieprawidłowo rozparta sekcja obudowy zmechanizowanej.
2. Stan wizualny sekcji obudowy zmechanizowanej.
3. Awaria czujnika w jednym ze stojaków sekcji.

Z wykresów wygenerowanych w oprogramowaniu monitorującym prace sekcji obudowy zmechanizowanej możemy wyczytać wiele informacji i są to nie tylko dane z aktualnego stanu ściany, ale również dane historyczne, które pozwalają wyświetlić stan ściany z przed kilku tygodni czy też miesięcy. Wykres pracy (rys. 6) czterech wybranych sekcji obudowy zmechanizowanej, obrazuje schemat ośmiu przebiegów rozkładu ciśnień stojaków sekcji. Łatwo można z niego wyczytać, że w punkcie 1 nastąpił cykl produkcyjny w ścianie, a po nim zabudowa sekcji obudowy zmechanizowanej (cięcie kombajnu i podjazd sekcjami), zaś punkt 2 obrazuje prawidłowy przyrost ciśnień po zabudowie sekcji obudowy zmechanizowanej. Punkt 3 i 4 obrazuje zdiagnozowane usterki. Usterka z punktu 3 dotyczy uszkodzonego jednego ze stojaków sekcji obudowy zmechanizowanej, a usterka z punktu 4 uszkodzenie czujnika stojaka. Tak zobrazowany wykres pozwala wykryć awarie z poziomu dyspozytorni energomechanicznej.



Rys. 6. Diagnostyka stojaków hydraulicznych poprzez wykresy 2D.
Fig. 6. Diagnostics of hydraulic props through 2D charts.

Oprogramowanie pozwala również na generowanie wykresów 3D (rys. 7), z których można zauważyć rozkład naprężeń stropowych na ścianę wydobywczą. Niżej przedstawiony wykres obrazuje ścianę podczas trzeciego dnia postoju. Ciśnienia nie zwiększają się do zakresów powyżej 50MPa ze względu na dobrze działające zawory upustowe w ścianie.



Rys. 7. Wykres 3D rozkładu ciśnień w ścianie wydobywczej podczas postoju.
Fig. 7. 3D diagram of the pressure distribution in the longwall during standstill.

Raport trójwymiarowy jest obrazem, w którym można przeanalizować jak następował cykl produkcyjny w ścianie i w których momentach znajdował się kombajn ścianowy podczas eksploatacji. Wyżej przedstawiony raport jest obrazem wykresów o współrzędnych X, Y, Z.

Współrzędna X jest przypisana do sekcji obudowy zmechanizowanej, współrzędna Y to występujące ciśnienia w stojakach sekcji obudowy zmechanizowanej obrazowane w MPa, zaś współrzędna Z jest odpowiedzialna za okres czasu. Ściana zawałowa podczas normalnego swego cyklu produkcyjnego charakteryzuje się ciągłą zmiennością rozkładu ciśnień w ścianie, wszystko spowodowane jest ciągłymi podjazdami sekcji obudowy zmechanizowanej jak i samą eksploatacją w rejonie monitorowanej sekcji. System monitoringu pozwala dokładnie określić miejsce, w którym znajduje się kombajn ścianowy, jak również możliwy jest odczyt oddziaływania ciśnienia rabowanej sekcji obudowy zmechanizowanej, które przenosi się na sekcję sąsiadującą.

4. ALGORYTM ROZPOZNANIA PROBLEMU

Diagnoza usterki stojaka na powierzchni kopalni powoduje początkowe rozpoznanie powstającego problemu, który w dalszym etapie musi zostać dogłębnie rozpoznany w samej ścianie wydobywczej.

Wypracowany schemat działania podczas rozpoznania przyczyny powstania usterki lub uszkodzenia wygląda następująco:

1. Zauważenie w systemach monitoringu sytuacji, w której nastąpił zanik połączenia, ciągłe utrzymujące się na niskim poziomie ciśnienia lub spadki ciśnień zauważalne w dłuższym czasookresie.
2. Skierowanie pracownika działu mechanicznego znajdującego się w ścianie do sprawdzenia przyczyny i stanu wizualnego czujnika oraz stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej.
3. W przypadku braku usterek, skierowanie pracownika działu teletechnicznego w celu sprawdzenia prawidłowości działania czujnika.

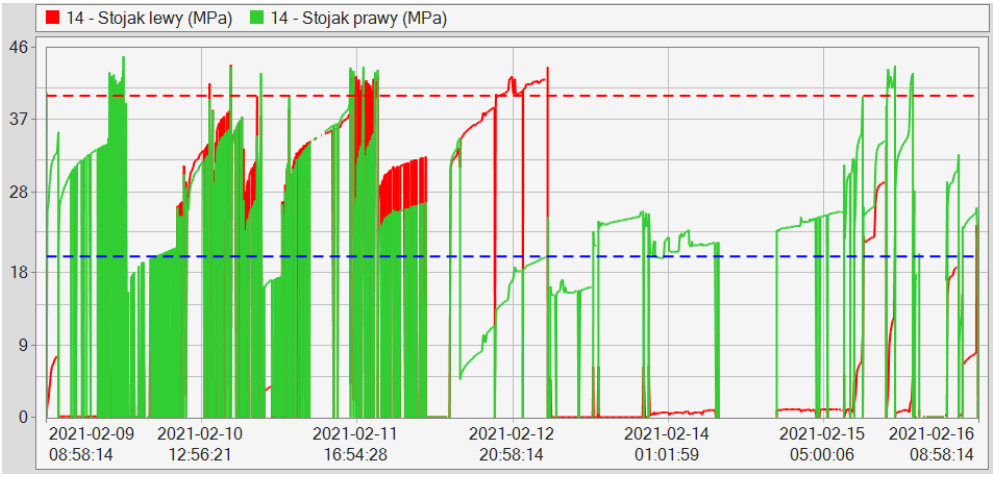
Przedstawione wcześniej etapy kontroli wykrytej usterki są często przez nas stosowane, najczęstszym problemem jeśli chodzi o usterki, to usterki związane z czujnikiem.

5. STUDIUM WYKRYTYCH PRZYPADKÓW

Odpowiedzialność za stan prawidłowej podporności w ścianie spoczywa w dużej mierze na dyspozytorach energomechanicznych, którzy diagnozują bieżący stan podporności działania stojaków hydraulicznych.

Poniżej zostały przedstawione najczęstsze, znajdowane usterki:

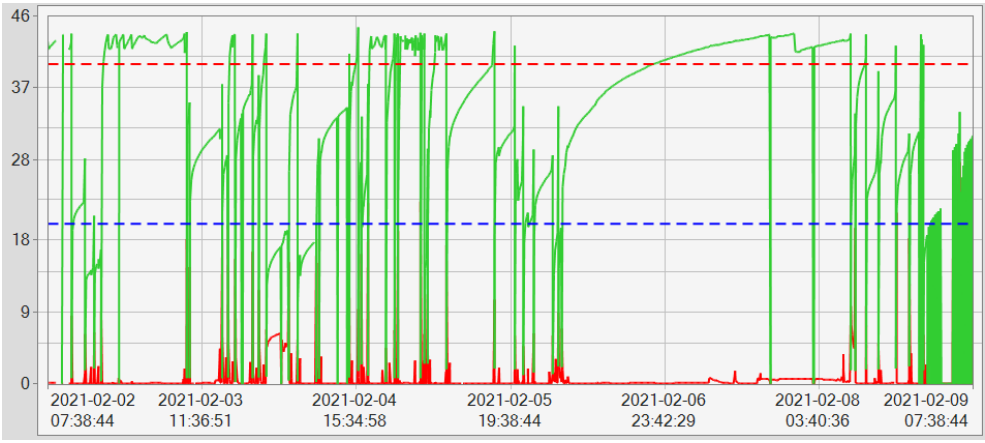
a) Zanik transmisji danych.



Rys. 8. Wykres zaniku transmisji danych.
Fig. 8. Graph of data transmission loss.

Po wygenerowaniu wykresu w dniu 09.02.2021r. zauważono nietypowy przebieg wykresu ciśnień w systemach monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej. Wykres (rys. 8) przedstawia zaniki przesyłu danych co generuje się w sposób wizualny jako wykres nagłego spadku i przyrostu ciśnienia. Widoczna usterka to uszkodzenie przewodu łączącego komputer z czujnikiem, co powodowało zanik transmisji. Usterka została naprawiona w dniu 11.02.2021r. około godziny 18:00 i od tego momentu zmienia się obraz wykresu (rys. 8). Sekcja obudowy zmechanizowanej w okresie od 12.02.2021 do 16.02.2021 została nieprawidłowo rozparta.

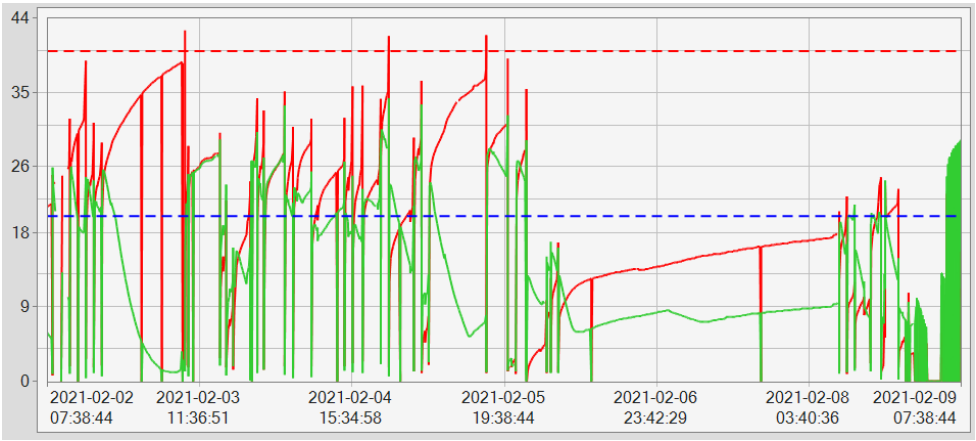
b) Awaria czujnika jednego ze stojaków sekcji.



Rys. 9. Wykres awarii czujnika stojaka.
Fig. 9. Graph of prop sensor failure.

Jeden ze stojaków sekcji (rys. 9) obudowy zmechanizowanej posiada niski stan. Podczas rozpierania obu stojaków widoczne są skoki ciśnienia, dla jednego stojaka jest osiągalna wartość podporności wstępnej, a dla drugiego jest tylko małe podniesienie się ciśnienia na wykresie i ciągła stabilizacja przy wartościach zerowych. Dyspozytor energomechaniczny stwierdził, że usterką jest najprawdopodobniej uszkodzenie czujnika stojaka.

c) Uszkodzenie stojaka sekcji obudowy zmechanizowanej.



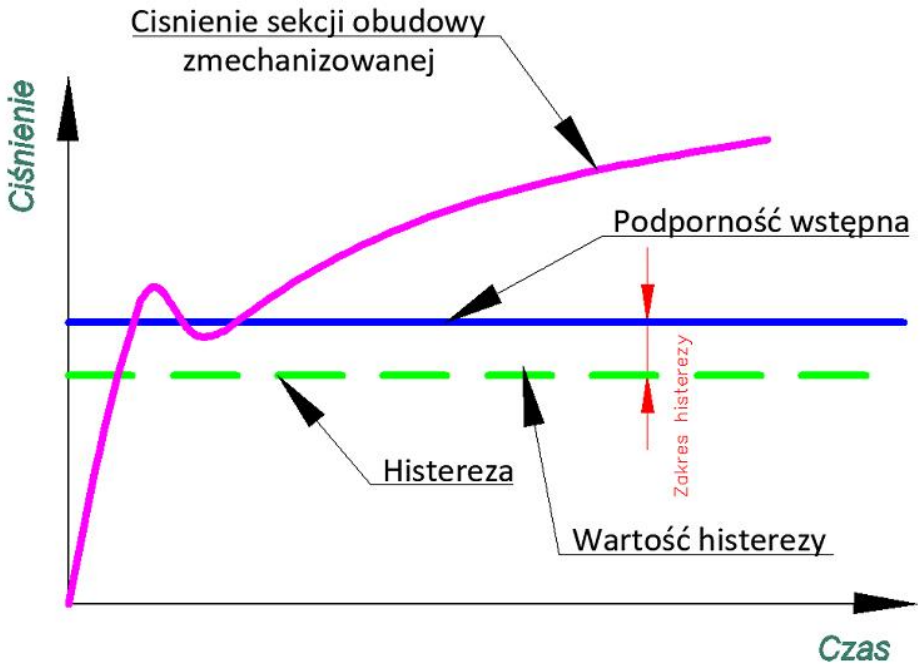
Rys. 10. Wykres obrazujący nieszczelność stojaka.
Fig. 10. Graph showing prop leakage.

Przebieg wykresu (rys. 10) przy rozpieraniu sekcji obudowy zmechanizowanej dla jednego stojaka jest prawidłowy z naturalnym przyrostem pochodzącym od konwergencji wyrobiska, zaś dla drugiego może świadczyć o nieszczelności w hydraulice stojaka.

6. WYZNACZENIE HISTEREZY W SYSTEMACH MONITORINGU SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

W ścianach wydobywających węgiel kamienny podporność stropu jest kluczowym elementem zabezpieczenia wyrobiska ścianowego przed opadem skał stropowych. Histereza przebiegu (rys. 11) to zależność aktualnego stanu układu ośrodka sprężystego jakim jest górotwór do zmiany od stanu poprzedzającego od chwili jego zadania podporności wstępnej, histerezę można nazwać opóźnieniem reakcji ośrodka sprężystego.

Dla prawidłowego funkcjonowania systemów zauważono, że reakcja zabudowanej prawidłowo sekcji, na budowaną sąsiadującą sekcje obudowy zmechanizowanej może powodować błędne podawanie informacji do użytkownika (górnika – budowacza) obsługującego ścianę wydobywczą. Sekcja po prawidłowym zabudowaniu (rys. 11), czyli uzyskaniu podporności wstępnej w wartościach granicznych, której wartość znajduje się w przedziale minimalnego spadku, odprężenia lub zadziałania sekcji sąsiadującej może zacząć pokazywać fałszywy wynik. Dlatego po uzyskaniu wartości podporności wstępnej uzależnionej od warunków geologiczno-górniczych w ścianie wyznaczyliśmy histerezę spadku ciśnienia rzędu maksymalnie 5% wartości podporności wstępnej, co na rysunku nr 11 przedstawione jest jako zakres histerezy zawarty między niebieską a zieloną prostą wykresu.



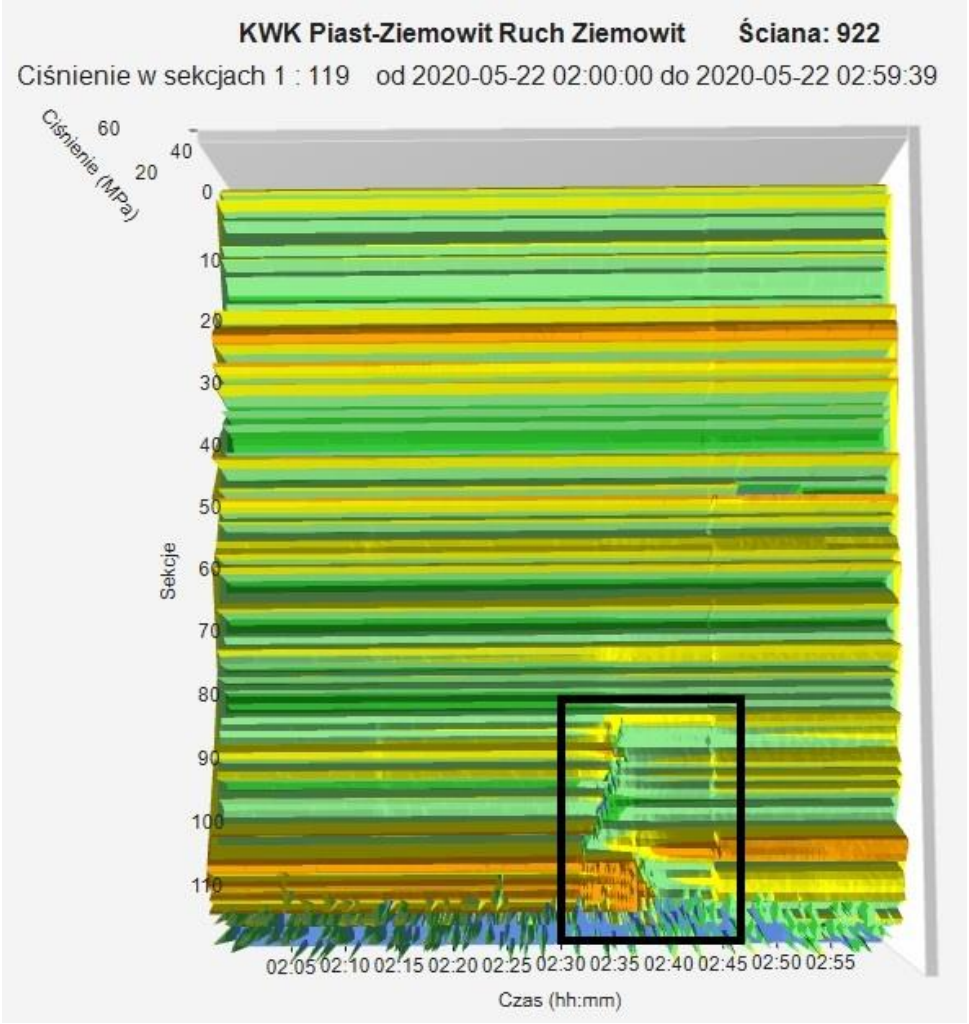
Rys. 11. Wyznaczenie histerezy.
Fig. 11. Determination of hysteresis.

Zaprogramowany spadek histerezy jest niezbędny dla pracownika odpowiedzialnego za systemy monitoringu podporności na kopalni.

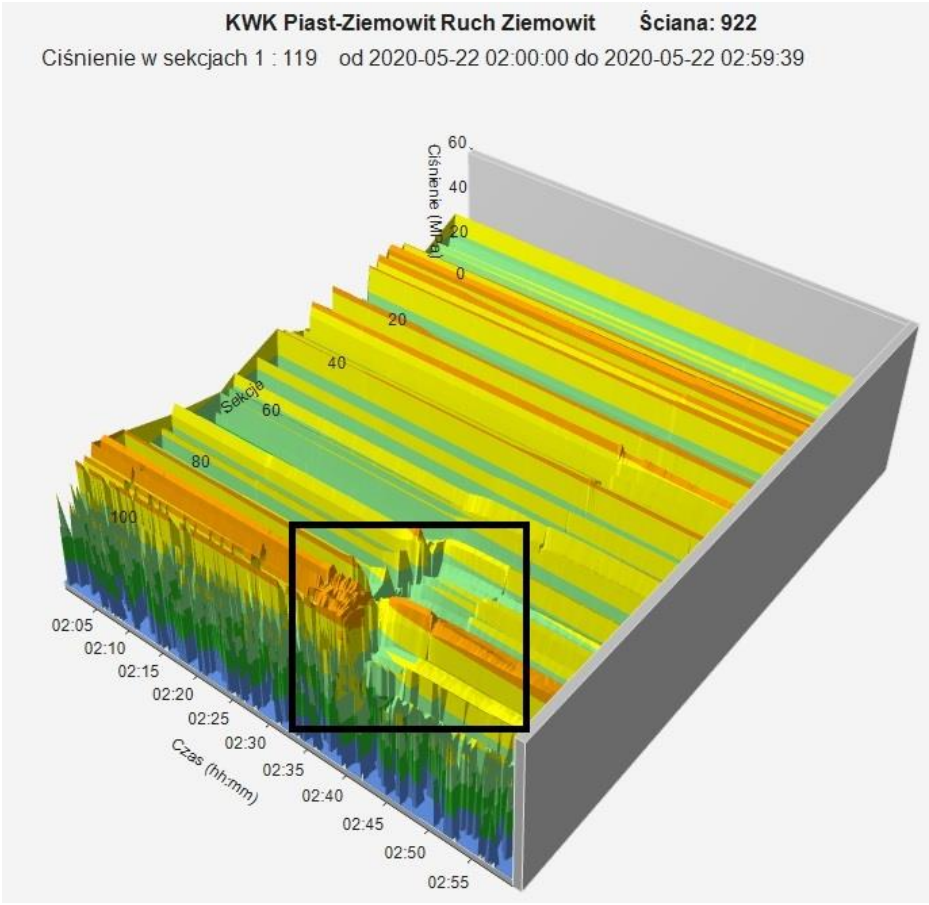
7. ODDZIAŁYWANIE SYSTEMÓW PODPORNOŚCI SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ NA WSTRZĄSY GÓROTWORU

Eksploatacja ścianą wydobywczą z zawałem stropu powoduje osiadanie podebranych warstw skalnych, które znajdują się nad wyrobiskiem eksploatacyjnym. Skutkuje to rozłamywaniem warstw skalnych piaskowców, które po przekroczeniu swojej rozpiętości granicznej, tracą swą nośności i rozpadają się na bloki. Tego typu procesy zachodzące w warstwach wstrząsogennych wyzwalają zjawiska dynamiczne w górotworze.

Jednym z elementów zauważalnych podczas wykonywania analizy podporności sekcji obudowy w ścianach zawałowych, były wstrząsy górotworu. Wstrząsy górotworu były widoczne podczas monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej, które obrazowane na wykresach 2D charakteryzowały się nagłym minimalnym wzrostem ciśnienia i natychmiastowym spadkiem podporności. Zmiany, które system zobrazował były widoczne na przekroju całej ściany i dotyczyły jednego momentu. Niżej przedstawiony został wykres 3D ściany 922 z dnia 22.05. .2020 roku (rys. 12, 13 oraz 14), w którym nastąpił wstrząs górotworu w rejonie opisywanej ściany. Wstrząs został zobrazowany w miejscu jego wykrycia, wartość energii wstrząsu wynosiła 5 x 10^5J. Miejsce zaistniałego wstrząsu zostało zobrazowane w systemie jako spadek ciśnienia zaczynający się w rejonie sekcji o numerze 103. Rozprzestrzenienie nastąpiło w kierunku przodu i tyłu ściany.

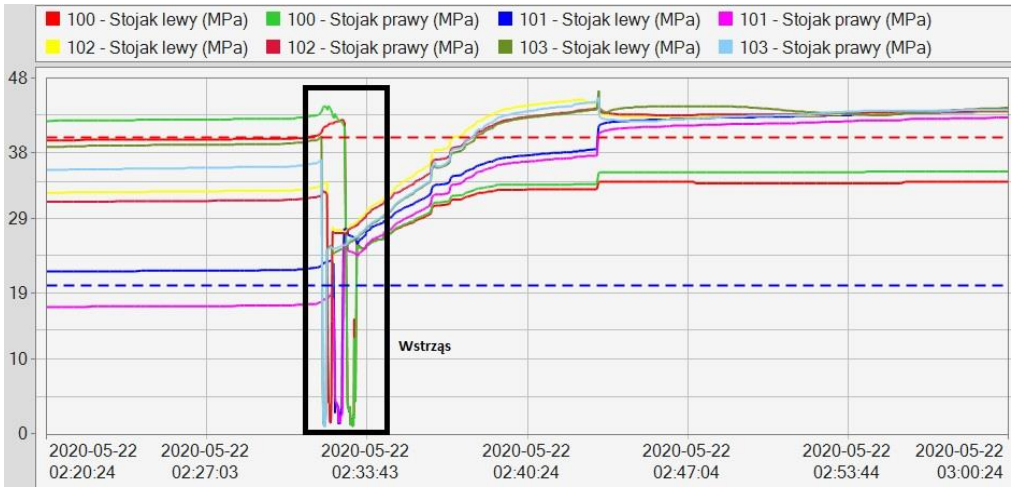


Rys. 12. Wykres 3D obrazujący wstrząs górotworu.
Fig. 12. A 3D diagram showing the rock bump.



Rys. 13. Widok boczny wykresu 3D ściany 922 - miejsce lokalizacji wstrząsu.
Fig. 13. Side view of the 3D diagram of longwall 922 - location of the rock bump.

Analizując dokładny przebieg podporności podczas wstrząsu zauważalny był minimalny wzrost podporności (rys. 14) i nagły jego spadek. Anomalia, która była wynikiem wstrząsu oddziaływała na sekcje w rejonie niniejszego wstrząsu.



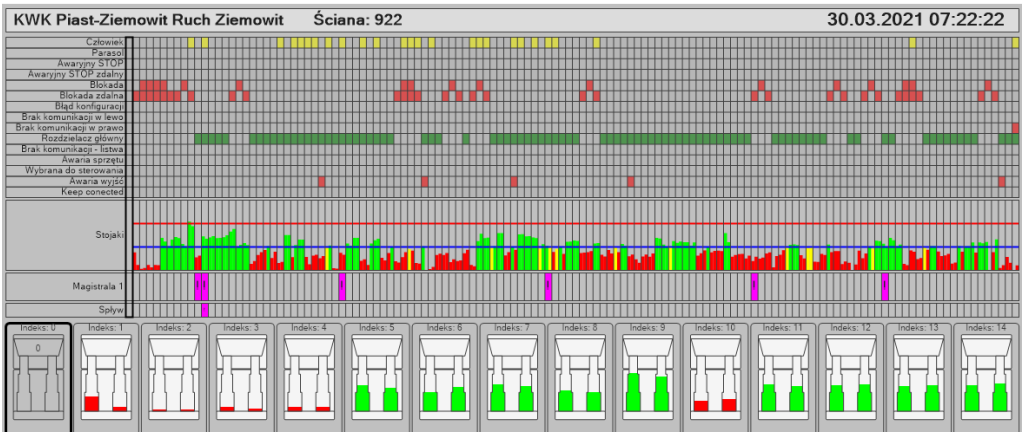
Rys. 14. Wykres liniowy sekcji 100 do 103 ściany 922 - miejsce lokalizacji wstrząsu.
Fig. 14. Line diagram of support units 100 to 103 of longwall 922 – rock bump location.

Jesteśmy pewni, że systemy monitoringu podporności mogłyby służyć jako systemy wspomagania stacji geofizyki górniczej w zakresie lokalizacji wstrząsów górotworu.

8. STATECZNOŚĆ WYROBISK GÓRNICZYCH

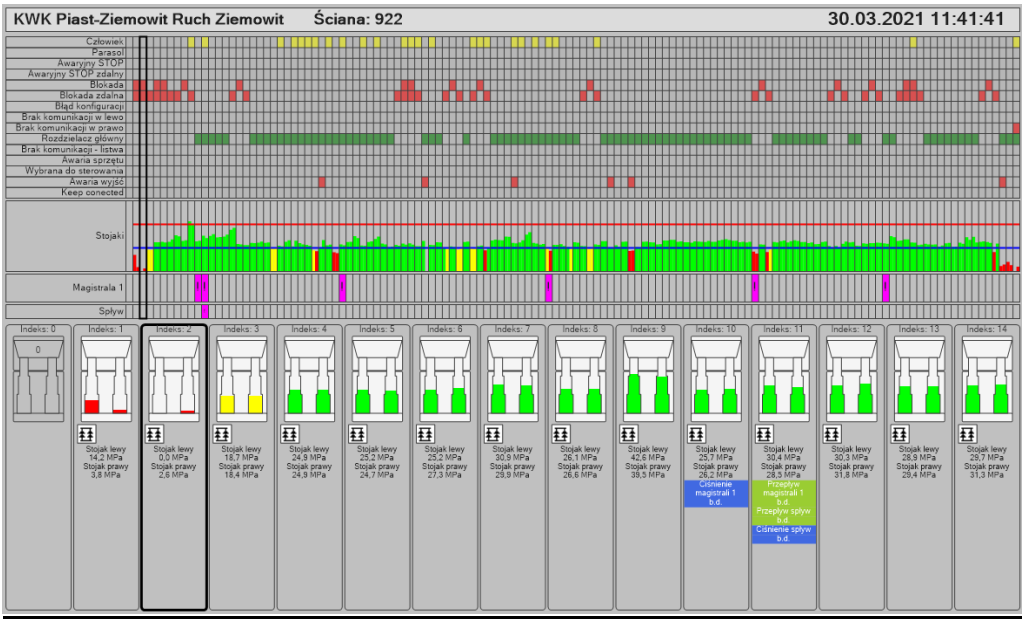
Statecznością wyrobiska często nazywa się jego zdolność do utrzymania swojego kształtu i położenia mimo działających na wyrobisko sił. Prawidłowe zachowanie stateczności wyrobiska pozwala na ciągłą eksploatacje i brak postoi spowodowanych opadem skał stropowych. Jednym ze sposobów kontroli stanu stateczności wyrobisk jest system monitoringu podporności ściany, to on pozwala wychwycić zaniedbanie operatora podczas zabudowy sekcji obudowy zmechanizowanej. Kopalnia Piast-Ziemowit w celu zapewnienia odpowiednich warunków w ścianie i natychmiastowego wychwytywania usterek hydrauliki wyznaczyła osobę odpowiedzialną za monitorowanie stanu ściany. Nadzór kierownictwa kopalni nad systemem monitoringu w ścianie wydobywczej powoduje znaczny wpływ na poprawę podporności w ścianie (rys. 15 oraz rys. 16), brak powstawania postoi ściany ze względu na opad skał stropowych lub usterkę sekcji obudowy zmechanizowanej, wykluczającą ją do dalszej pracy. Zła zabudowa stropu (rys. 15) mogła długo terminowo wywołać opad skał i następnie obwał w ścianie, prawidłowa reakcja osób kierownictwa kopalni pozwala zachowywać ciągłość wydobycia, bez pogorszenia warunków stropowych w ścianie.

Ściana przed zjazdem



Rys. 15. Widok systemu monitoringu podporności w ścianie – nieprawidłowa podporność.
Fig. 15. view of the monitoring system of bearing capacity
in the longwall - incorrectly supported.

Ściana po wyjeździe



Rys. 16. Wykres 3D rozkładu ciśnień w ścianie wydobywczej podczas postoju.
Fig. 16. 3D diagram of pressure distribution in the longwall during standstill.

WNIOSKI

a) Dobór prawidłowej podporności sekcji obudowy ma istotne znaczenie dla zapewnienia stateczności wyrobiska oraz odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa załogi pracującej w ścianie.
b) System monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej pozwala zdiagnozować stojaki hydrauliczne z powierzchni kopalni, gdzie często początkowe usterki nie są widoczne dla użytkownika pracującego na dole kopalni.
c) Obwały skał stopowych oraz pogłębiające się usterki stojaków hydraulicznych sekcji obudowy zmechanizowanej są przyczyną przerwania ciągłości robót, ciągła, prawidłowa kontrola poprzez systemy monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej może ograniczyć koszty związane z przestojami ściany wydobywczej.
d) Aktywny system podporności stosowany w Ruchu Ziemowit pozwala na ciągły kontakt sekcji obudowy zmechanizowanej z górotworem, co zapewnia prawidłową podporność zaraz po przekładce.
e) Pasywny system podporności powoduje stratę w czasie pracy operatora (górnika-budowacza), który podczas zabudowy poświęca więcej czasu na prawidłowe podparcie stropu. Aktywne systemy monitoringu wspomaga pracę operatora i buduje sekcję do prawidłowej podporności.
f) System jest ogólno dostępny dla pracowników pracujących w ścianie, poprzez zabudowanie komputera z wgranym oprogramowaniem na chodniku podścianowym.
g) Monitoring jest zapisywany w bazie danych, do której można wrócić w każdym momencie i przeanalizować przyczynę powstania usterki lub obwału.
h) Zaprogramowanie histerezy w systemach monitoringu podporności to podstawa prawidłowego działania podczas obsługującego pracownika (górnika-budowacza), sygnalizacja świetlna zabudowana na sekcji obudowy zmechanizowanej nie wprowadza w błąd przy minimalnym spadku ciśnienia.
i) System może być wykorzystany przez stacje geofizyki górniczej jako dodatkowe narzędzie w celu lokalizowania zaistniałych wstrząsów górotworu. Widać powiązanie między monitoringiem podporności w ścianie, a wykrywaniem wstrząsów górotworu.
j) W ścianach z zastosowanym aktywnym systemem podporności sekcji obudowy zmechanizowanej wykluczyliśmy całkowicie postoje ściany spowodowane opadem skał stropowych. Aktywna podporność natychmiastowo podpiera strop i nie prowadzi do rozwarstwień stropu bezpośredniego, co powoduje ciągłość wydobycia.
k) W ścianach wykorzystujących pasywny system podporności zauważamy większą tendencję do nieprawidłowego podpierania stropu podczas eksploatacji ściany.
l) Rozwojem dla systemu jest rozwinięcie go o systemy obrazujące geometrie zabudowy sekcji obudowy zmechanizowanej, obrazujący wychylenia sekcji obudowy zmechanizowanej.

Z doświadczeń kopalni jesteśmy w stanie ocenić skuteczności systemu monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej. Z pewnością przedmiotowy system znajdzie szerokie zastosowanie w kopalniach węgla kamiennego, a w szczególności w Kopalni Piast-Ziemowit, która jest przekonana o skuteczności działania tego systemu.

BIBLIOGRAFIA

- Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. §124.1
- CHUDEK M. 1975 - Obudowa wyrobisk górniczych. Cz. 1, Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych, Śląsk.
- TUREK M. 2010 - Podstawy podziemnej eksploatacji pokładów węgla kamiennego, Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- PRUSEK S. 2014 - Czynniki wpływające na powstawanie obwałów skał w ścianach prowadzonych z zawałem stropowych. ,, Przegląd Górniczy'' nr 3, s. 71 – 78.
- Prusek S. (2016). Stateczność wyrobisk ścianowych podczas eksploatacji pokładów węgla kamiennego z zawałem skał stropowych. Katowice: Główny Instytut Górnictwa.
- Elsta elektronika Sp. z o.o. s.k.a – Katalog produktu.

Innowacyjne rozwiązania i nowoczesne metody wykorzystywane do oceny i prognozowania zagrożenia tąpaniami w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit

Krzysztof Krasucki
PGG S.A. Oddział KWK Piast-Ziemowit

Tomasz Kudłacik
PGG S.A. Oddział KWK Piast-Ziemowit

Adrian Gołda
PGG S.A. Oddział KWK Piast-Ziemowit

STRESZCZENIE: Artykuł przedstawia podejście Kopalni Piast-Ziemowit do walki z zagrożeniem tąpaniami przy możliwie najefektywniejszym wykorzystaniu posiadanej aparatury oraz dostarczonych przez nią informacji.

W Ruchu Ziemowit wprowadzono szereg innowacyjnych rozwiązań wpływających na poprawę jakości obserwacji i informatywności metody sejsmologicznej takich jak dedykowane sieci oddziałowe wyposażone w stanowiska mierzące maksymalne amplitudy prędkości drgań cząstek górotworu. Dopełnieniem stosowanych rozwiązań z zakresu poprawy jakości obserwacji sejsmologicznych jest połączenie dołowej sieci sejsmologicznej z siecią rozmieszczonych na powierzchni czujników monitorujących drgania gruntu.

Wprowadzone rozwiązania umożliwiają wykonywanie zaawansowanych analiz sejsmiczności takich jak oddziaływanie wstrząsów na powierzchnię, tomografia do prognozowania zagrożenia tąpaniami i sejsmicznego oraz wyznaczanie parametrów mechanizmów ognisk wstrząsów górniczych w celu rozeznania charakteru aktywności sejsmicznej towarzyszącej prowadzonej eksploatacji.

SŁOWA KLUCZOWE: zagrożenie tąpaniami, monitoring zagrożeń.

1. WSTĘP

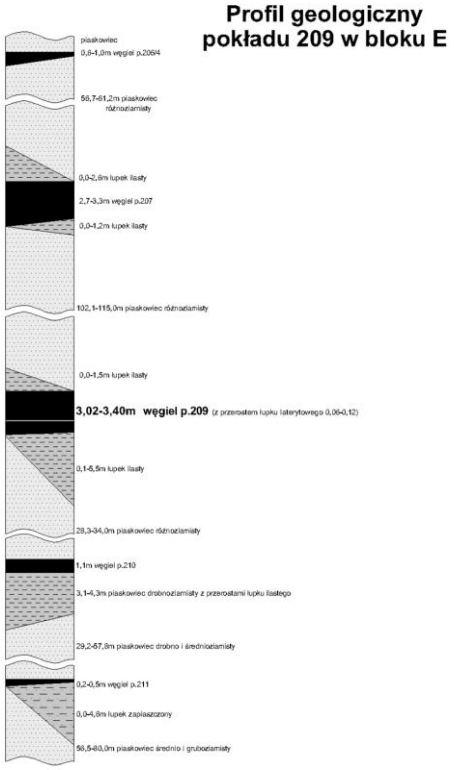
Zagrożenie tąpaniami jest jednym z czynników istotnie wpływających i niejednokrotnie warunkujących wydobycie węgla kamiennego. Niezwykle ważne jest zatem jego rozpoznanie, prognozowanie a przede wszystkim ograniczanie i zwalczanie. Efektywna eksploatacja pokładów węgla jest kluczowa ze względów ekonomicznych, ale decydującym warunkiem jej prowadzenia jest zapewnienie optymalnego poziomu bezpieczeństwa prowadzonych robót i zatrudnionej załogi oraz szeroko pojętego bezpieczeństwa powszechnego w odniesieniu do oddziaływania wstrząsów górniczych na powierzchnię.

W Oddziale KWK Piast-Zimowit Ruch Ziemowit w ostatnich latach prowadzono między innymi eksploatację zaliczonego do I stopnia zagrożenia tąpaniami pokładu 209 w bloku E. W rejonie tym w latach 2014-2021 prowadzono eksploatację 8 ścianami, których wybieraniu towarzyszyła okresowo wysoka aktywność sejsmiczna - zarejestrowano ponad 40 tys. wstrząsów górotworu o energiach rzędu 10^2 - 10^8 J. Dążenie do poznania genezy, właściwości

a przede wszystkim wpływu wstrząsów na stan wyrobisk górniczych, bezpieczeństwo zatrudnionej w nich załogi oraz infrastrukturę powierzchniową stało się przyczyną zastosowania szerokiego wachlarza metod i technik stosowanych w Dziale Tąpań służących między innymi zwiększeniu dokładność lokalizacji hipocentrów wstrząsów, monitoringu dynamicznego wpływu wstrząsów na stateczność wyrobisk oraz prognozowaniu zasięgu i stopnia oddziaływania zjawisk sejsmicznych na powierzchnię.

2. BUDOWA GEOLOGICZNA W REJONIE POKŁADU 209 W BLOKU E

Stratygraficznie pokład 209 należy do grupy łękowej i serii warstw łaziskich. W bloku E pokład zalega na głębokości od 680m do 710m, średnio 695m, kierunek upadu pokładu jest zbliżony do zachodniego, zachodnio-północnego i zachodnio południowego, nachylenie waha się od 1˚ do 5˚. Miąższość pokładu wynosi od 2,9m do 3,4m z przerostem łupku laterytowego o miąższości 0,12m. W stropie występuje łupek ilasty o grubości od 0,0m do 4,4m, wyżej zalegają piaskowce różnoziarniste o miąższości 95,0-115,0m. Nad pokładem 209 występują krawędzie eksploatacyjne pokładów 206/1, 206/1-2 i 207. Eksploatacja w pokładzie 206/1 i 206/1-2 była prowadzona w latach 1994-2006, a pokładu 207 w latach 2006-2012 w odległości odpowiednio ok. 174-180 i 110m nad pokładem 209. Spąg pokładu stanowią łupki ilaste o miąższości od 0,1m do 5,5m, poniżej znajduje się piaskowej różnoziarnisty o miąższości 28,3 - 34,0m.



Rys. 1. Profil geologiczny pokładu 209 w bloku E.
Figure 1. Geological profile of seam 209 in sector E.

Parametry wytrzymałościowe skał i pokładu są następujące:

- średnia wytrzymałość węgla pokładu 209 na jednoosiowe ściskanie Rc wynosi 18,8 MPa (od 13,5 do 30,7 MPa),
- wytrzymałość łupku ilastego i piaskowców stropu bezpośredniego (w przedziale 0 - 10m) wynosi około 22,9 MPa (16,0 do 40,4 MPa),
- wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie Rc skał spągowych wynosi 20,8 MPa (11,7 do 35,2 MPa),
- wskaźnik W_{TG} dla pokładu 209 wynosi 5,98.

3. AKTYWNOŚĆ SEJSMICZNA ANALIZOWANEGO REJONU

Eksploatacja pokładu 209 w bloku E ścianami 100-107 indukowała okresowo wysoką aktywność sejsmiczną. W tym rejonie zarejestrowano najsilniejszy dotychczas wstrząs w KWK Piast Ziemowit Ruch Ziemowit o energii 2 x 10^8J, który wystąpił 15 września 2015 roku podczas prowadzenia eksploatacji ścianą 101. Rejestrowane wstrząsy nie spowodowały tąpnięcia, odprężenia, ani żadnych widocznych skutków w wyrobiskach dołowych.

Tabela 1. Aktywność sejsmiczna towarzysząca eksploatacji pokładu 209 w bloku E.
Table 1. Seismic activity accompanying the exploitation of 209 seam in sector E.

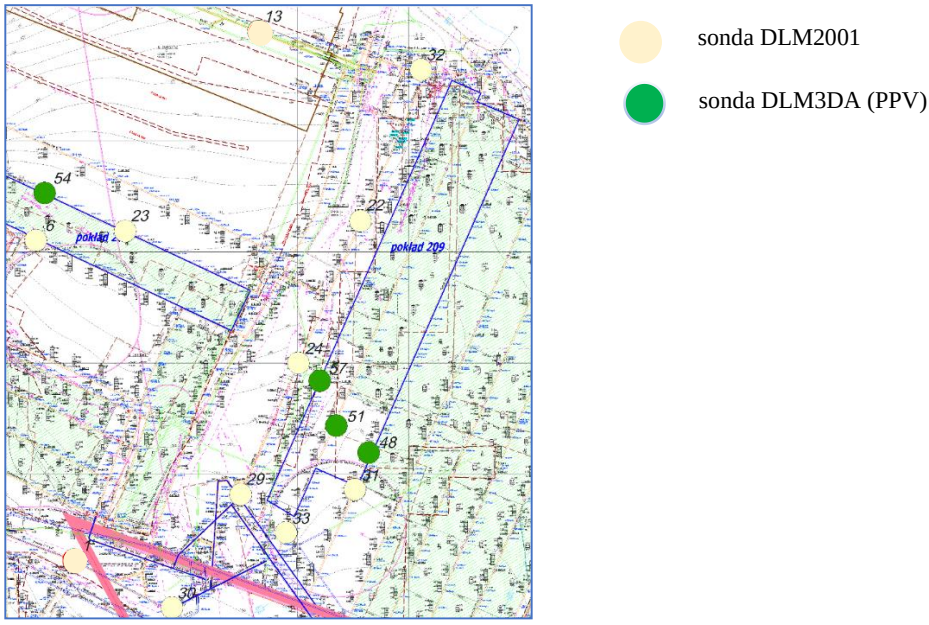
Ściana	Lata eksploatacji	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	Suma energii
100	2014 -2015	6946	855	581	86	14	2	-	1,65E08
101	2015 -2016	5008	1010	460	112	28	3	1	4,46E08
102	2015 -2017	4886	923	409	141	29	3	-	3,12E08
103	2017-2018	1578	631	284	54	24	3	-	2,66E08
104	2018-2019	2951	719	300	88	9	5	-	2,72E08
105	2018-2020	4991	1033	540	56	6	1	-	1,09E08
106	2019-2021	2925	824	500	80	3	-	-	6,42E07
107	2020-2021	730	173	120	22	1	-	-	1,55E07
RAZEM	2014 -2021	30015	6168	3194	639	114	17	1	1,6E09

W trakcie eksploatacji pokładu 209 w bloku E Kopalniana Stacja Geofizyki zarejestrowała w sumie 40148 wstrząsów górotworu z tego rejonu, w tym 771 wstrząsów wysokoenergetycznych tj. o $E \geq 1 \cdot 10^5$J. Najsilniejsze wstrząsy górotworu lokalizowano w rejonie oddziaływania krawędzi i resztek pokładów nadległych (zwłaszcza w obszarach gdzie eksploatacja prowadzona była w sąsiedztwie równoczesnego występowania krawędzi pokładów 206/1 i 207). Należy zwrócić uwagę, że zarówno wyniki badań geofizycznych (profilowania wzdłuż chodników przyścianowych i prześwietlenia pól ścianowych) jak i wyniki obserwacji prowadzonych na bieżąco (sondażowe wiercenia młośrednicowe w pokładzie), wskazywały na znikome oddziaływanie krawędzi i resztek pokładów nadległych na stan naprężeń na horyzoncie pokładu 209, co tłumaczy niski stan zagrożenia tąpaniami przy stosunkowo wysokiej aktywności sejsmicznej.

4. WYPOSAŻENIE STACJI GEOFIZYKI GÓRNICZEJ

Aktualnie Stacja Geofizyki Górniczej KWK Piast Ziemowit Ruch Ziemowit wyposażona jest w nowoczesną 64-kanałową aparaturę sejsmologiczną produkcji GIG w Katowicach – System Obserwacji Sejsmologicznej SOS współpracujący z sondami geofonowymi jednoskładowymi DLM2001 oraz trójskładowymi DLM3D i DLM3DA instalowanymi na kotwach stalo-

wych wklejanych w górotwór. Duża pojemność stosowanej aparatury wraz z wysoką mobilnością czujników i łatwością ich montażu, umożliwiła objęcie obserwacją nie tylko całego obszaru górniczego, ale również pozwala na stworzenie tzw. sieci oddziałowych dedykowanych obserwacji konkretnych ścian. Zastosowanie oddziałowych sieci obserwacyjnych zwiększyło dokładność lokalizacji wstrząsów oraz umożliwiło rejestrację pełnego zakresu emisji sejsmicznej, poczynając od wstrząsów o najniższych energiach. Rysunek 2 przedstawia przykładowe rozmieszczenie sond geofonowych w trakcie eksploatacji pokładu 209 w bloku E ścianami 105 i 106.



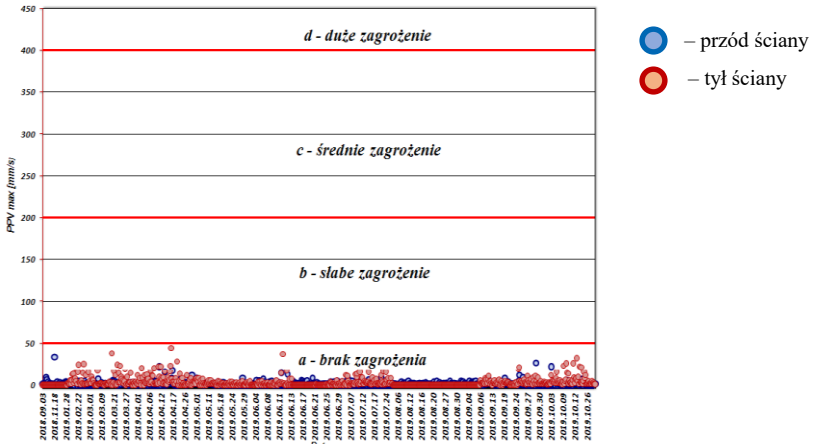
Rys. 2. Rozmieszczenie sond geofonowych w rejonie ścian 105 i 106 w bloku E
Figure 2. Location of geophone probes in sector E in longwalls 105 and 106 area in 209 seam

W celu monitorowania oddziaływania wstrząsów górniczych na powierzchnię Stacja Geofizyki Górniczej KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit wykorzystuje rozbudowywaną na przestrzeni lat sieć rejestratorów powierzchniowych AMAX-GSI (obecnie 15 stanowisk). Rejestratory AMAX-GSI wyprodukowane i dostarczone przez GIG w Katowicach umożliwiają pomiar rzeczywistych parametrów drgań gruntu (przyspieszeń i prędkości) wywołanych wstrząsami górniczymi i ocenę intensywności ich oddziaływania na powierzchnię.

4.1. *Czujniki PPV i ich wykorzystanie*

Wysoka aktywność sejsmiczna budzi obawy o stateczność wyrobisk i bezpieczeństwo przebywającej w nich załogi. W celu bieżącej oceny oddziaływania wstrząsów górotworu na stan wyrobisk w Ruchu Ziemowit KWK Piast Ziemowit rozpoczęto rejestracje maksymalnej pikowej amplitudy prędkości drgań cząstek górotworu (PPV) za pomocą sond DLM3DA. Z uwagi fakt, że obciążenia dynamiczne górotworu są wprost proporcjonalne do amplitudy prędkości drgań cząstek górotworu znajomość wartości PPV pozwala na ocenę oddziaływania aktywności sejsmicznej na stan wyrobiska i stan zagrożenia tąpaniami w bliskim i pośrednim

polu falowym. Stanowiska pomiarowe PPV utrzymuje się zatem w odległości do 200m od frontu ściany, która stanowi potencjalne źródło aktywności sejsmicznej. Interpretacja rejestrowanych zjawisk prowadzona jest za pomocą oprogramowania SEJSGRAM i MULILOK, stanowiących integralną część systemu obserwacji sejsmologicznych SOS, a przebiegi rejestrowane na stanowiskach PPV wykorzystywane są również do lokalizacji ognisk wstrząsów. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe zestawienie rejestracji wartości PPV w rejonie ściany 105.



Rys. 3. Wyniki rejestracji PPV dla ściany 105 w pokładzie 209 w bloku E.
Figure 3. Results of PPV registration for longwall 105 in 209 seam in sector E

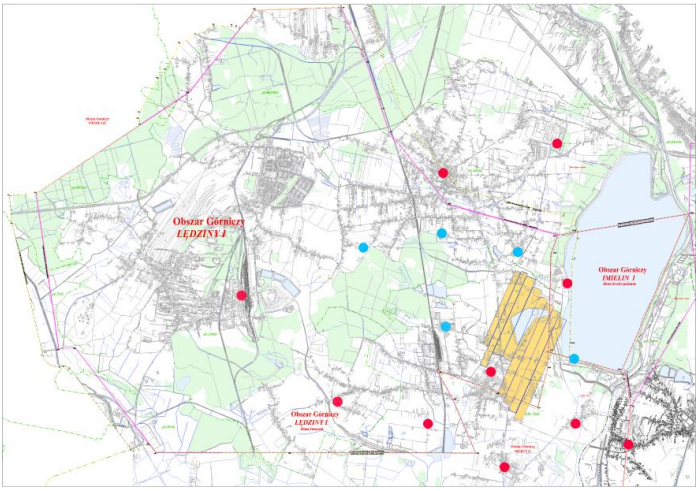
Wartości PPV odczytywane bezpośrednio po wstrząsie wysokoenergetycznym dostarczają również informacji o oddaleniu ognisk wstrząsu od horyzontu pokładu 209 – z dużym prawdopodobieństwem szacować można, że niski poziom rejestrowanych wartości PPV po wstrząsach wysokoenergetycznych świadczy o znacznym oddaleniu ogniska wstrząsu od eksploatowanego pokładu. Analiza uzyskanych danych pomiarowych pozwala śledzić zmiany wartości PPV w zależności od energii rejestrowanych wstrząsów oraz odległości ich ognisk od stanowiska pomiarowego [1, 3]. Wyniki analiz wskazują, że w warunkach górniczo-geologicznych towarzyszących eksploatacji pokładu 209 w bloku E wstrząsy wysokoenergetyczne nie stwarzają zagrożenia dla stateczności wyrobisk przyścianowych (maksymalnie stan „b" - słabe zagrożenie) co znajduje potwierdzenie w wynikach kontroli dołowych prowadzonych w wyrobiskach objętych potencjalnym oddziaływaniem wstrząsów.

4.2. *Synchronizacja systemów SOS i AMAX-GSI*

Powszechnie znaną kwestią w geofizyce górniczej jest niedokładne wyznaczenie hipocentrum wstrząsu. Związane jest to przede wszystkim z określeniem współrzędnej pionowej „Z". Źródłem tego problemu jest dostępność możliwych lokalizacji dla zabudowy sond geofonowych czy sejsmometrów determinowana układem czynnych wyrobisk górniczych wynikająca z relatywie niewielkich odległości pionowych przy dużej rozciągłości poziomej. Wymuszony w ten sposób układ sieci sejsmologicznej pozwalał Stacji Geofizyki Górniczej Ruchu Ziemowit na lokalizację epicentrum wstrząsów górniczych ze średnim całkowitym błędem około 20 m. Natomiast średni błąd wyznaczenia głębokości był często większy niż 100 m. W celu poprawy dokładności szacowania głębokości ognisk wstrząsów w Ruchu Ziemowit wprowadzono roz-

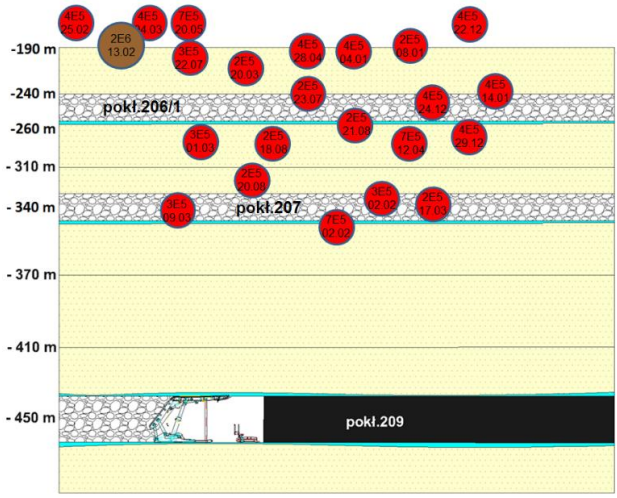
wiązanie niwelujące problem „płaskiej" sieci czujników sejsmologicznych przez wykorzystanie w procesie lokalizacji wstrząsów stanowisk monitoringu drgań gruntu zainstalowanych na powierzchni.

W celu umożliwienia wykorzystania rejestracji ze stanowisk AMAX-GSI do lokalizacji wstrząsów część rejestratorów AMAX-GSI wyposażono w kartę odbiornika GPS, która wraz z instalacją antenową umożliwia synchronizację czasu rejestratora z czasem UTC (Universal Time Coordinated) z dokładnością do mikrosekund (rys. 4).



Rys. 4. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych AMAX-GSI na tle obszaru górniczego Ruchu Ziemowit (kolor niebieski – stanowiska zsynchronizowane z systemem SOS)
Figure 4. Location of AMAX-GSI measuring stations in the background of the mining area of Coal Mine Ziemowit (in blue - stations synchronized with SOS system)

Operacja ta umożliwiła zsynchronizowanie zapisów dołowych z aparatury SOS (również wyposażonej w kartę odbiornika GPS umożliwiającą synchronizację czasu rejestratora z czasem UTC) z zapisami powierzchniowymi z aparatury AMAX-GSI. Można szacować, że zastosowanie tych zabiegów pozwoliło zmniejszyć średni błąd wyznaczenia głębokości do około 20 -30 m, a tym samym pozwoliło na uzyskanie miarodajnych danych na temat głębokości wstrząsów. Dokładność określania głębokości sprawdzono porównując uzyskane wyniki z głębokością obliczoną w programie FOCI w trakcie wyznaczania mechanizmów ognisk wstrząsów. Nie budzi wątpliwości, że określenie mechanizmu wstrząsu daje więcej informacji i pozwala wnioskować o genezie zjawiska, ale wyznaczenie głębokości na podstawie zapisów sejsmicznych zsynchronizowanych systemów SOS i AMAX jest procesem dużo szybszym, prostszym i możliwym do zastosowania w bieżącej procedurze lokalizacji i interpretacji wstrząsu [2].Wyniki obliczeń dokonanych w oparciu o zsynchronizowane zapisy aparatury SOS i AMAX-GSI wskazują, że ogniska wstrząsów wysokoenergetycznych towarzyszących eksploatacji pokładu 209 w bloku E umiejscowione są w znacznej odległości od wyrobisk i wysoko ponad eksploatowanym pokładem. Fakt ten znajduje odzwierciedlenie w niskich wartościach PPV rejestrowanych po wstrząsach wysokoenergetycznych oraz licznych zgłoszeniach mieszkańców o silnych odczuciach wstrząsów na powierzchni i pozwala stwierdzić, że występujące wstrząsy nie stwarzały zagrożenia dla obudowy wyrobisk górniczych i załogi zatrudnionej w tych wyrobiskach.



Rys. 5. Wyliczone wartości głębokości dla wysokoenergetycznych wstrząsów zarejestrowanych podczas eksploatacji pokładu 209 ścianą 107.
Figure 5. Calculated depth values for high-energy shocks recorded during the exploitation of 209 seam with longwall 107.

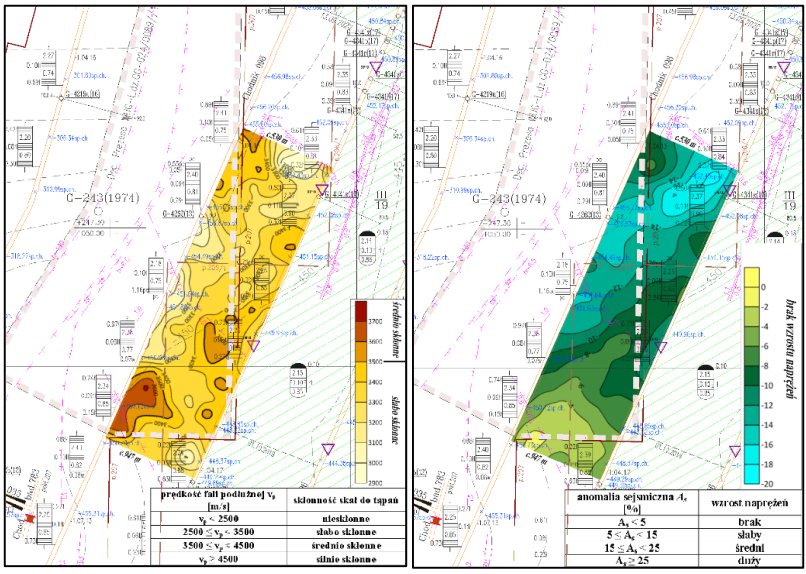
Tabela 2. Wysokoenergetyczna aktywność sejsmiczna towarzysząca eksploatacji pokładu 209 ścianą 107 w bloku E.
Table 2. High-energy seismic activity accompanying the exploitation of 209 seam with the longwall 107 in sector E.

Data	Energia [J]	Głębokość [m]	Odległość od pokładu 209 [m]	Max. wartość przyspieszenia na stanowisku AMAX [mm/s^2]	Max. wartość PPV [mm/s]
2020.07.22	3,0E+05	-220	+220	104,7	7,6
2020.07.23	2,0E+05	-240	+200	77,8	1,5
2020.08.18	2,0E+05	-300	+140	18,3	6,2
2020.08.20	2,0E+05	-320	+120	14,6	11
2020.09.21	2,0E+05	-260	+180	53	5,3
2020.12.22	4,0E+05	-160	+280	70,8	-
2020.12.24	4,0E+05	-250	+190	93,7	9,1
2020.12.29	4,0E+05	-280	+160	68,6	6,8
2021.01.04	4,0E+05	-170	+270	99,7	7,1
2021.01.08	2,0E+05	-150	+290	46,5	6,0
2021.01.14	4,0E+05	-240	+200	128,6	92,0
2021.02.02	7,0E+05	-340	+110	115,5	56
2021.02.02	3,0E+05	-350	+100	35,9	27
2021.02.13	2,0E+06	-170	+290	105,6	6,2
2021.02.25	4,0E+05	-140	+310	58,9	2,0
2021.03.01	3,0E+05	-270	+170	50,0	17,0
2021.03.04	4,0E+05	-150	+290	33,6	2,0
2021.03.09	3,0E+05	-340	+110	44,6	16,0
2021.03.17	2,0E+05	-340	+110	27,9	1,7
2021.03.20	2,0E+05	-210	+230	39,1	5,9
2021.04.12	7,0E+05	-300	+150	64,1	1,6
2021.04.28	4,0E+05	-210	+230	80,5	3,1
2021.05.20	7,0E+05	-180	+270	56,8	2,1

Na rysunku 5 przedstawiono pionową lokalizację ognisk wstrząsów w stosunku do prowadzonej eksploatacji dla jednej ze ścian bloku E, ściany 107. Natomiast tabela 2 przedstawia zestawienie wstrząsów wysokoenergetycznych z rejonu tej ściany wraz z obliczoną głębokością i wartościami PPV.

4.3. Badania geofizyczne

W celu określenia rzeczywistego rozkładu naprężeń w pokładzie w obszarach potencjalnego wzrostu stanu zagrożenia tąpaniami w KWK Piast Ziemowit Ruch Ziemowit wykonuje się badania geofizyczne – profilowania w wyrobiskach korytarzowych i prześwietlenia pól ścianowych. Obecnie badania te realizowane są przez pracowników Działu Tąpań z wykorzystaniem aparatury typu PASAT, a opracowanie i interpretacja wyników badań dokonywane są przez geofizyków górniczych. W bloku E pokładu 209 badaniami objęto obszary potencjalnego oddziaływania resztek pokładu 207. Badania wykonywano zarówno przed rozpoczęciem wybierania poszczególnych ścian jak i bezpośrednio przed przemieszczającymi się frontami ścianowymi zbliżającymi się do zaszłości eksploatacyjnych. Wyznaczone wartości prędkości fal i anomalii sejsmicznych pozwalają określić strefy podwyższonych naprężeń i poziom stanu zagrożenia tąpaniami. [4, 5, 6, 7, 8]. Badania stanowią uzupełnienie wyników obliczeń analitycznych wykonywanych na etapie projektowania eksploatacji i są dopełnieniem stosowanych metod oceny i prognozowania stanu zagrożenia tąpaniami.



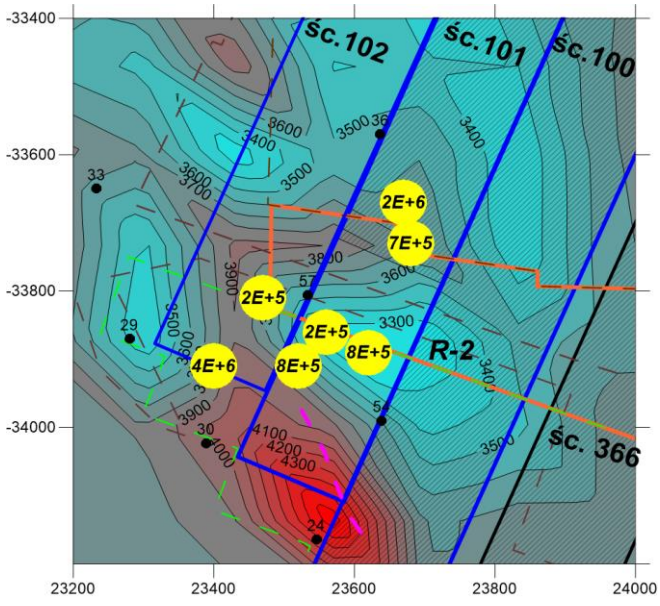
Rys. 6. a) Rozkład prędkości podłużnej fali sejsmicznej w skałach otaczających pokład 209, b) Rozkład anomalii sejsmicznej w pokładzie 209, w rejonie ściany 107, uzyskany na podstawie badań geofizycznych przeprowadzonych w dniu 13.09.2020r.

Figure 6. a) distribution of longitudinal seismic wave velocity the in the rocks surrounding the 209 seam. b) Distribution of a seismic anomaly in 209 seam, in the area of longwall 107, obtained on the basis of geophysical surveys carried out on September 13, 2020

Wyniki badań prowadzonych w bloku E pokładu 209 potwierdziły prognozowany wcześniej w oparciu o obliczenia analityczne, obserwacje aktywności sejsmicznej i doświadczenia Kopalni niski poziom zagrożenia tąpaniami. Badania wykazały, że skały otaczające pokład 209 w analizowanym rejonie charakteryzują się niskimi parametrami wytrzymałościowymi i można je zaliczyć do skał potencjalnie słabo i średnio skłonnych do tąpań. Nie stwierdzono również wyraźnego oddziaływania resztek pokładu 207 na stan naprężeń w badanych częściach pokładu 209. Na rysunku 6 przedstawiono przykładowe wyniki badań geofizycznych wykonanych w bloku E pokładu 209 (ściana 107 w rejonie resztki R-3 pokładu 207).

4.4. Tomografia pasywna

Tomografia pasywna umożliwia prognozowanie potencjalnego zagrożenia sejsmicznego w określonym przedziale czasu na podstawie danych empirycznych (rejestracji wstrząsów). Z uwagi na funkcjonowanie oddziałowych sieci sejsmologicznych o dużej liczbie stanowisk pomiarowych umożliwiających rejestrację wstrząsów w pełnym spektrum energii, możliwe stało się zastosowanie tej metody do oceny zagrożenia sejsmicznego w obszarze pogorszonych warunków górniczo-geologicznych w bloku E pokładu 209. Metoda ta pozwala określać obszary w górotworze charakteryzujące się podwyższonymi prędkościami fal sejsmicznych oraz śledzić zachodzące zmiany, które w przyszłości mogą być miejscem występowania silniejszych wstrząsów. Na rysunku 7 przedstawiono mapę pola prędkości otrzymaną w wyniku obliczeń z naniesionymi ogniskami wstrząsów wysokoenergetycznych zrejestrowanych w czasie prowadzenia eksploatacji pokładu 209 ścianą 101. Dobra korelacja otrzymanych pól prędkości z rejestrowaną w późniejszym okresie sejsmicznością wskazuje na przydatność tomografii pasywnej do bieżącej oceny sejsmiczności i zagrożenia tąpaniami.



Rys. 7. Mapa pola prędkości dla rejonu ściany 101 z naniesionymi ogniskami wstrząsów wysokoenergetycznych,
Figure 7.Velocity field map for the longwall 101 area with marked high-energy tremors

PODSUMOWANIE

Wprowadzone w Ruchu Ziemowit Kopalni Piast-Ziemowit innowacyjne rozwiązania i nowoczesne metody wykorzystywane do oceny i prognozowania zagrożenia tąpaniami pozwalają na monitoring i określenie poziomu tego zagrożenia oraz śledzenie jego zmian w trakcie prowadzonej eksploatacji. Jednym z głównych czynników umożliwiających zastosowanie takich rozwiązań i metod jest posiadanie nowoczesnej, odpowiednio pojemnej aparatury i zagęszczenie sieci czujników pomiarowych przez tworzenie sieci oddziałowych. Zgodnie z doświadczeniami Kopalni w tym zakresie, wynikiem takich działań jest skokowy wzrost ilości rejestracji sejsmologicznych w pełnym spektrum energetycznym co przekłada się na poprawę jakości obserwacji oraz możliwość zastosowania innych metod – takich jak tomografia pasywna.

Należy podkreślić, że opisane przedsięwzięcia Kopalnia realizuje w dużym stopniu przy współpracy z Głównym Instytutem Górnictwa w Katowicach. Dzięki temu możliwe było wykorzystanie posiadanej aparatury sejsmologicznej do rozszerzenia zakresu obserwacji o pomiary PPV pozwalające na bieżąco monitorować dynamiczne wpływy wstrząsów na stateczność wyrobisk oraz synchronizacja czasowa rejestracji na stanowiskach dołowych i powierzchniowych stwarzająca możliwości poprawy lokalizacji hipocentrów wstrząsów górniczych.

Zakres stosowania poszczególnych rozwiązań i metod przedstawiono na przykładzie eksploatacji pokładu 209 w bloku E. Należy jednak dodać, że są one z powodzeniem stosowane w Ruchu Ziemowit KWK Piast-Ziemowit również w innych rejonach objętych eksploatacją wywołującą aktywność sejsmiczną.

LITERATURA

[1] Gołda A., Śladowski G., Wieczorek K. 2016: Doświadczenia związane z wdrażaniem systemu PPV w ramach monitoringu zagrożenia sejsmicznego i tąpaniami w KWK „Ziemowit". Przegląd Górniczy, nr 4

[2] Gołda A., Śladowski G., Wieczorek K.2017: Wykorzystanie czasowo zsynchronizowanych systemów SOS i AMAX-GSI w celu poprawy jakości lokalizacji ognisk wstrząsów górniczych w warunkach KWK Piast- Ziemowit Ruch Ziemowit. Materiały konferencyjne- IV Polski Kongres Górniczy, Kraków

[3] Lurka A., Logiewa H.2007: Sejsmologiczny system obserwacji SOS jako nowe narzędzie do obserwacji i interpretacji danych sejsmicznych w górnictwie zagrożonym tąpaniami. GIG, Katowice.

[4] Dubiński J. 1989: Sejsmiczna metoda wyprzedzającej oceny zagrożenia wstrząsami górniczymi w kopalniach węgla kamiennego. Prace Głównego Instytutu Górnictwa, , Katowice, str. 32-37

[5] Dubiński J. 1993: Geophysical assessment of the hydraulic injection proces in coal seams. Proc.of the Int. Conf. Geomechanics. Hradek, ed. Balkema A.A., str. 55-58

[6] Dubiński J. 1996: Metody sejsmiki górniczej. Poradnik geofizyka Górniczego, tom3, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków, str. 13-126.

[7] Dubiński J., Konopko W. 2000: Tąpania. Ocena, prognozowanie, zwalczanie. Główny Instytut Górnictwa , Katowice, str. 198-266

[8] Goszcz A., Dubiński J., Dworak J. 1989: Praktyczne aspekty zastosowania tomografii sejsmicznej w górnictwie podziemnym. Wybrane zagadnienia lokalizacji ognisk wstrząsów górniczych i geotomografii sejsmicznej. GIG, Katowice, str. 86-120.

INNOVATIVE SOLUTIONS AND MODERN METHODS USED TO ESTIMATE AND PREDICTION THE RISK OF ROCK BURSTS IN KWK PIAST-ZIEMOWIT RUCH ZIEMOWIT

The article presents the approach of the Piast-Ziemowit Coal Mine to reduce the rock bursts hazard with the most effective use of the equipment and information provided by it. Coal mine Ziemowit applied a number of innovative solutions that improve the quality of observation and informativeness of the seismological method, such as dedicated district networks equipped with stations measuring the maximum amplitudes of the vibration velocity of rock particles mass. The solutions used to improve the quality of seismological observations are complemented by the connection of the underground seismological network with a network of sensors monitoring ground vibrations located on the surface. The introduced solutions enable the performance of advanced seismicity analyzes, such as the impact of tremors on the surface, tomography - for predicting rock bursts and seismic hazards and determining the parameters of mining tremors foci in order to identify the nature of the seismic activity accompanying the exploitation.

Zastosowanie innowacyjnego systemu pojemników wypełniająco-podpornościowych Pillow-Bag do wypełniania pustek w stropie i ociosie, powstałych na skutek opadu skał stropowych

Krzysztof Krasucki
Andrzej Rybarczyk
Krzysztof Pasterak
Polska Grupa Górnicza S.A.
Oddział KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast

STRESZCZENIE: W artykule przedstawiono sposób zabezpieczenia przestrzeni (pustki) powstałej na skutek opadów skał stropowych. Z powyższym problem musi zmierzyć się każda z kopalń, a ich główną przyczyną są zmienne warunki geologiczne. Mimo stosowania odpowiedniej profilaktyki, nie da się ich uniknąć w stu procentach. Pustki powstałe w wyniku opadów skał stopowych, należy jak najszybciej zabezpieczyć (wypełnić) w celu zagwarantowania bezpieczeństwa pracującej załogi, a także dla zapobiegnięcia dalszego rozprzestrzenianiu się opadu. Jednak nie jest to zadanie łatwe, ponieważ przedmiotowe wypełnienie musi w odpowiedni sposób zabezpieczyć powstałą pustkę, spełniać odpowiednie warunki wytrzymałościowe, zapewnić kontakt z obudową, a zarazem umożliwić jak najszybsze jego wykonanie.

Poszukując optymalnego rozwiązania w Oddziale KWK Piast-Ziemowit rozpoczęto próby zastosowania systemu pojemników wypełniająco-podpornościowych typu Pillow-Bag. Pojemniki te, wykonane są w postaci worków jednokomorowych z odpowiednio wytrzymałej i nieprzepuszczalnej tkaniny (trudnopalnej, antystatycznej i nietoksycznej), wypełnianej pianą krzemionową w postaci dwóch składników: A – żywicy i B – katalizatora. Przedmiotowe rozwiązanie nie wymaga użycia dodatkowych urządzeń do aplikacji.

1. WSTĘP

Opad skał stropowych jest jednym z najczęstszych problemów górniczych, pojawiających się podczas drążenia wyrobisk, eksploatacji ścian, jak również prowadzenia przebudowy wyrobisk. Przy stosowaniu systemu ścianowego, w pokładach węgla kamiennego, istotną rolę odgrywa prawidłowo zaprojektowana obudowa chodników przyścianowych. Obudowa ta powinna zapewnić w danych warunkach geologiczno-górniczych stateczność i funkcjonalność wyrobiska w ciągu całego procesu wydobywczego [1]. Ponadto istotne jest również określenie parametrów geomechanicznych, charakteryzujących własności skał, a także warunków górniczych, które odpowiadają za mechanizm oraz wartość obciążenia działającego na obudowę wyrobiska [2].

W przypadku chodników przyścianowych, narażonych na bezpośrednie oddziaływanie przemieszczającego się frontu eksploatacyjnego, można zaobserwować dużą dynamikę zmian obciążenia i deformacji ich obudowy. Ponadto, liczne badania i obserwacje wykazały, że strefa spękań górotworu, wytworzona wokół chodników przyścianowych, powiększa się wraz z postępującym frontem ściany [3].

Wspominane powyżej czynniki posiadają istotny wpływ na stateczność wyrobiska zarówno podczas prowadzenia robót przygotowawczych, jak również w czasie eksploatacji ścianami. Mimo dokładnej analizy czynników mających wpływ na dobór obudowy oraz prowadzenie prac profilaktycznych podczas robót górniczych, niejednokrotnie dochodzi do powstania opadu skał stropowych. W istotniej mierze duże znaczenie ma tu czas zabezpieczenia powstałej pustki, zarówno pod kątem bezpieczeństwa, jak i dalszego prowadzenia robót. Im dłużej trwa likwidacja opadu skał stropowych, tym większa powstaje strefa spękań wokół wyrobiska, powodując tym samym powiększanie się opadu i wydłużenie czasu postoju, a co za tym idzie, zwiększenie kosztów dla kopalni i wzrost niebezpieczeństwa dla załogi zatrudnionej do likwidacji skutków wspomnianego procesu. W celu zminimalizowania jego następstw oraz skrócenia czasu usuwania opadu w KWK Piast-Ziemowit rozpoczęto stosowanie systemu Pillow-Bag. W dalszej części artykułu przedstawiono sposoby likwidacji opadów skał stropowych, następnie opisano praktyczne zastosowanie systemu pojemników wypełniająco-podpornościowych.

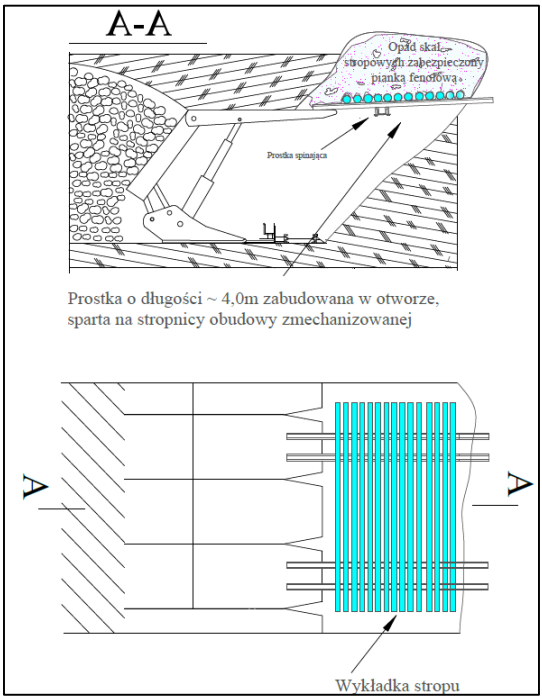
2. STOSOWANA PROFILAKTYKA PODCZAS PROWADZENIA ROBÓT GÓRNICZYCH W KWK PIAST – ZIEMOWIT RUCH PIAST

Aktualnie roboty przygotowawcze i eksploatacyjne w KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast prowadzone są pokładzie 207 oraz I i II warstwie pokładu 209. Podczas drążenia wyrobisk i eksploatacji ścian w rejonach zaburzeń geologicznych niejednokrotnie dochodzi do opadu skał stropowych. Zabezpieczenie powstałego opadu skał stropowych wymaga dużych nakładów materiałowych oraz osobowych. Likwidacja jego skutków jest pracą szczególnie niebezpieczną i czasochłonną. Profilaktyka powstałego zdarzenia, podczas prowadzenia robót przygotowawczych, polega na pilotowaniu stropu za pomocą stropnic stalowych, następnie zabezpieczeniu przestrzeni pomiędzy stropnicami za pomocą siatek stalowych lub drewna i uszczelnieniu płótnem wentylacyjnym. Po wykonaniu powyższych czynności, w miejsce pustki zatłaczana jest piana fenolowa wysoko rozprężna (Rys. 1).



Rys. 1. Przykład zabezpieczenia powstałego opadu skał stropowych w czole drążonego przodka

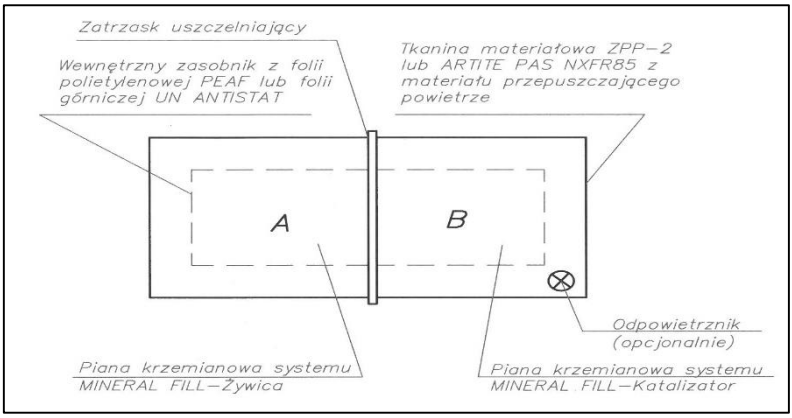
Zabezpieczenie powstałych pustek podczas wybierania ściany przebiega w podobny sposób, jak w przypadku drążenia wyrobiska, z tą różnicą, iż stropnice stalowe, wprowadzane są we wcześniej wywiercony otwór w czole ściany a drugim końcem wspierane są na stropnicach obudowy zmechanizowanej. Najczęściej zakres powstałego opadu skał obejmuje dłuższy odcinek, co wymaga większego nakładu pracy i czasu (Rys. 2).



Rys. 2. Przykład zabezpieczenia powstałego opadu skał stropowych podczas eksploatacji ścianą

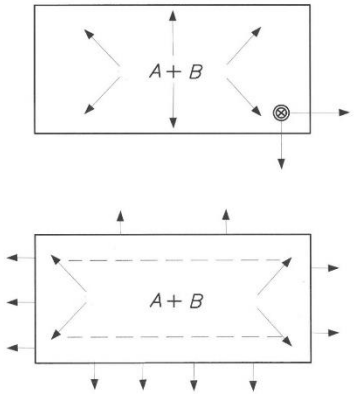
3. ZASTOSOWANIE SYSTEMU POJEMNIKÓW WYPEŁNIAJĄCO-PODPORNOŚCIOWYCH PILLOW-BAG DO USUWANIA OPADU SKAŁ STROPOWYCH W KWK PIAST-ZIEMOWIT RUCH PIAST

Poszukując rozwiązania dla skrócenia czasu likwidacji opadu skał stropowych oraz poprawy bezpieczeństwa zatrudnionych osób na KWK Piast-Ziemowit, rozpoczęto próby zastosowania systemu pojemników wypełniająco-podpornościowych typu Pillow-Bag. Powyższy zestaw stanowią worki jednokomorowe, wykonane z odpowiednio wytrzymałej i nieprzepuszczalnej tkaniny polipropylenowej, antystatycznej i trudnopalnej, o gramaturze 90 g/m^2 ±10%. W celu wykonania dodatkowego uszczelnienia wewnętrznego stosuje się zgrzewaną folię polietylenową PEAF lub folię polietylenową FOLIA GÓRNICZA I WORKI UN–ANTISTAT (trudnopalną, antyelektrostatyczną i nietoksyczną) (Rys. 3). Wypełnienie pojemnika wypełniająco-podpornościowego stanowi dwuskładnikowa piana krzemianowa. Pierwszy składnik to żywica organiczno-mineralna, natomiast drugi – katalizator to difenylometano-4-4’-diizocyjanian, izomery i homologi.



Rys. 3. Budowa pojemnika wypełniająco-podpornościowego Pillow-Bag wraz z zatrzaskiem

Sposób zabudowy pojemnika Pillow-Bag jest bardzo prosty i szybki – należy tylko ułożyć worek na płaskiej powierzchni i zdemontować zatrzask uszczelniający, aby uzyskać połączenie komór. Następnie wymieszać składniki A i B poprzez dynamiczne potrząsanie workiem przez 10–15 sekund. Tak przygotowany pojemnik należy umieścić w miejscu przeznaczonym do wypełnienia, a po upływie 30–45 sekund worek samoczynnie wypełnia się materiałem ekspansywnym, w wyniku czego dochodzi do odprowadzania powietrza na zewnątrz (Rys. 4 i Rys. 5). Stopień spieniania wynosi od 10 do 35 razy (w zależności od temperatury komponentów), a temperatura reakcji nie przekracza 80°C. Produkt jest lżejszy od wody i nie jest w niej rozpuszczalny, a konstrukcja tkaniny umożliwia odprowadzenie wody na całej powierzchni. Odporność na działanie wody, w przypadku kopalń podziemnych, ma bardzo duże znaczenie. Elastyczność pojemnika umożliwia jego dopasowanie do pustej przestrzeni, a łatwość układania oraz niewielki ciężar pojemnika pozwala na szybką, sprawną i bezpieczną pracę osób zabezpieczających pustki, bez konieczności narażania ich na dodatkowe niebezpieczeństwo podczas prowadzenia prac szczególnie niebezpiecznych.

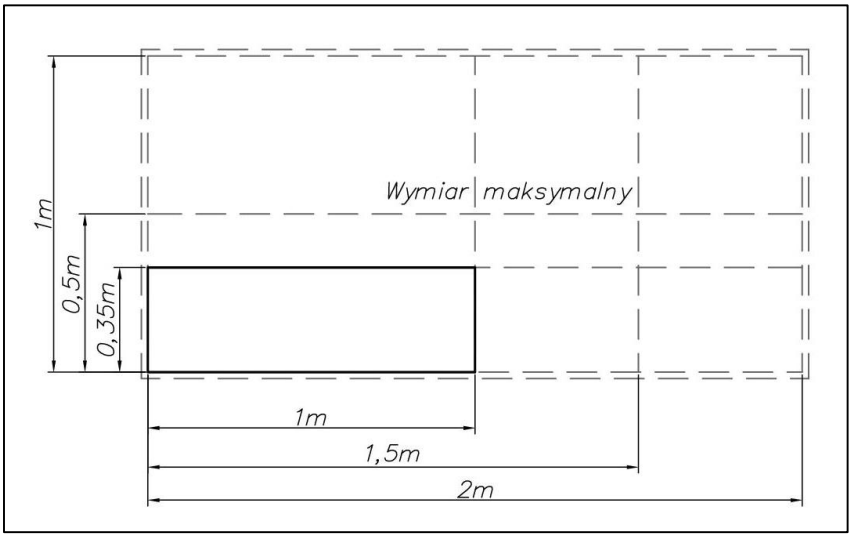


Rys. 4. Schemat rozprzestrzeniania się materiału ekspansywnego wraz z odprowadzeniem powietrza na zewnątrz worka



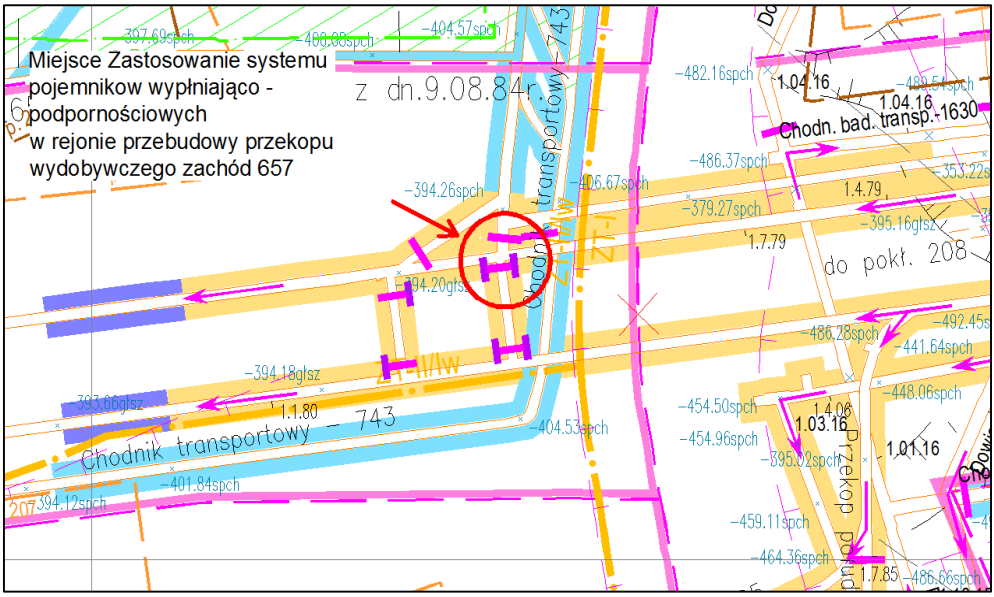
Rys. 5. Pojemnik wypełniająco-podpornościowy Pillow-Bag po wypełnieniu

Pojemniki wypełniająco–podpornościowe oferowane są w następujących wymiarach: szerokość: 0,35 m, 0,5 m i 1,0 m oraz długość: 1,0 m, 1,5 m i 2,0 m. Standardowym rozmiarem oferowanym przez producenta jest wymiar 0,5×1,0 m (Rys. 6).



Rys. 6. Wymiary pojemnika Pillow-Bag

Pierwsze próby w Oddziale KWK Piast-Ziemowit, Ruch Piast, z zastosowaniem systemu pojemników wypełniająco-podpornościowych, prowadzone były w rejonie przekopu wydobywczego zachód – 657, zbudowanego około 40 lat temu, który wymagał wzmocnienia oraz uzupełnienia wykładki i opinki, ze względu działanie czynników szkodliwych (m.in. słona woda, zużyte powietrze) na przestrzeni długiego okresu czasu (Rys. 7). W celu wzmocnienia skrzyżowania w przedmiotowym wyrobisku, zastosowano wpięcie nowej obudowy pod już istniejąca, a powstałą przestrzeń pomiędzy starą a nową obudową, na ociosach wyrobiska, wypełniono za pomocą systemu Pillow-Bag (Rys. 8 i 9).



Rys. 7. Lokalizacja skrzyżowania w przekopie wydobywczym zachód – 657

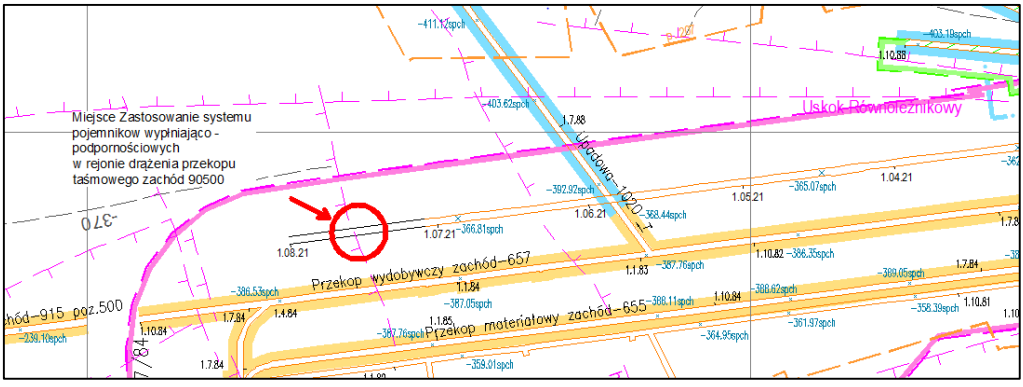


Rys. 8. Zastosowanie systemu wypełniająco-podpornościowego w przekopie wydobywczym zachód – 657 w miejscu prowadzonej przebudowy skrzyżowania

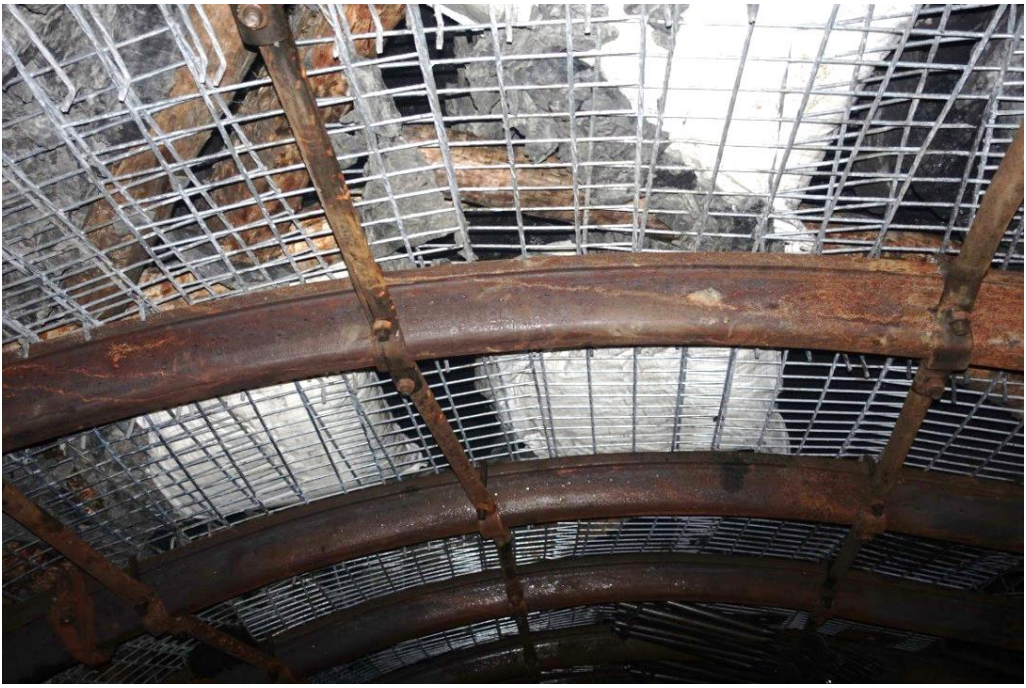


Rys. 9. Zastosowanie systemu wypełniająco-podpornościowego w przekopie wydobywczym zachód – 657, w miejscu prowadzonej przebudowy skrzyżowania

Aktualnie kopalnia skutecznie stosuje opisywany system w formie profilaktyki przeciw opadowi skał stropowych powstałych podczas prowadzenia robót przygotowawczych w rejonie występujących zaburzeń tektonicznych głównie w formie uskoków. Przedmiotowy system został zastosowany m.in. podczas drążenia przekopu taśmowego zachód – 90500 (Rys. 10 i 11), chodnika badawczego 91703.



Rys. 10. Lokalizacja miejsca stosowania systemu wypełniająco-podpornościowego podczas drążenia przekopu taśmowego zachód – 90500



Rys. 11. Zastosowanie systemu wypełniająco-podpornościowego podczas drążenia przekopu taśmowego zachód – 90500

Opisywane rozwiązanie znajduje również szerokie zastosowanie podczas eksploatacji ścianami. Pierwsze próby z zastosowaniem systemu wypełniająco-podpornościowego zostały przeprowadzone w ścianie 372a, zlokalizowanej w drugiej (przyspągowej) warstwie pokładu 209, wyposażonej w 162 sekcje obudowy zmechanizowanej. W obrębie sekcji od 140 do 150 eksploatacja prowadzona jest pod dwoma wyrobiskami z pierwszej (przystropowej) warstwy. W związku ze słabym stopniem rekonsolidacji gruzowiska zawałowego m.in. ze względu na występującą w stropie grubą warstwę piaskowca, uniemożliwiającą pełne scalenie gruzowiska, obliczonym w opracowaniu opinii w zakresie doboru obudowy dla wyrobisk znajdujących się w rejonie ściany 372a w II warstwie pokładu 209, partii XI [4], na odcinku od sekcji 140 do 150 dochodzi do powstawania opadów skał stropowych. Istotną rolę dla bezpieczeństwa załogi, zatrudnionej przy zabezpieczeniu powstałej pustki, odgrywa czas likwidacji opadu skał, is-totny w kwestii powstawania większej strefy spękań, a co za tym idzie, rozszerzania się opadu na większym odcinku. Zastosowanie technologii wypełniająco-podpornościowej pozwala na szybkie wykonanie zabezpieczenia stropu, a lekkie w transporcie i łatwe w aplikacji worki typu Pillow-Bag wpływają znacząco na poprawę bezpieczeństwa pracującej załogi (Rys. 12).



Rys. 12. Zastosowanie systemu wypełniająco-podpornościowego podczas eksploatacji ściany 372a

WNIOSKI

Powstające w stropie lub ociosach pustki stanowią zagrożenie bezpieczeństwa załogi, a powstałe przy tej okazji niekontrolowane opady skał mają znaczny wpływ na właściwe funkcjonowanie Ruchu Zakładu Górniczego. Do momentu zabezpieczenia pustych przestrzeni, kontynuacja robót jest niemożliwa. Powstałe ubytki stwarzają możliwość tworzenia się kolejnych spękań w górotworze, dlatego tak ważne jest, aby prace związane z zabezpieczeniem wykonać jak najszybciej, dbając przy tym o bezpośredni kontakt górotworu z obudową. System Pillow-Bag, dzięki swojej niskiej wadze, elastyczności i prostocie, umożliwia bardzo szybkie i bezpieczne wypełnienie pustek w skale poprzez dopasowanie kształtu pojemnika do powstałej pustki. Opakowanie zbiorcze waży mniej niż 25 kg, eliminując tym samym konieczność organizacji dodatkowego transportu materiału czy też urządzeń, niezbędnych w procesie zatłaczania, jak ma to miejsce w przypadku pian lub klejów. Przedmiotową profilaktykę można stosować również w innych miejscach, takich jak wypełnienie pustek w tamach, budowanie zawarć, przegród i wygrodzeń.

LITERATURA

[1] Walentek A., Lubosik Z. (2017): Optymalizacja obudowy wyrobisk przyścianowych zlokalizowanych na głębokości większej niż 1000 m. Przegląd Górniczy, 2/2017, 76-84.
[2] Bigby D. (2004): Coal mine roadway support system handbook. Rock Mechanics Technology for the Health and Safety Executive, Research Report 229a.
[3] Walentek A. (2018): Empiryczna i numeryczna metoda prognozy zasięgu strefy spękań górotworu wokół chodnika przyścianowego przed frontem ściany. Przegląd Górniczy, 2/2018.
[4] Dokumentacja kopalni Piast-Ziemowit Ruch Piast: Opracowanie opinii w zakresie doboru obudowy następujących wyrobisk: przecinki ścian: 372a, 373a, chodniki: 91101, 91102 oraz 91103 w II warstwie pokładu 209, partii XI wraz z wykonaniem badań penetrometrycznych i laboratoryjnych właściwości skał stropowych w KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast. Główny Instytut Górnictwa, 2018.

Using of Innovative Pillow-Bag Filling, Supportive Containers System to Filling of Hollow Cavities in Roof and Side Walls as a Result of Roof Falling

ABSTRACT: The paper presents the method of protection of the hollow cavities in roof as a result of roof falling. Each of the mines has to deal with the above problem, and their main cause is chaning geological conditions. Despite the use of appropriate prophylaxis, they cannot be avoided in one hundred percent. Hollow cavities as a result of roof falling should be filled as soon as possible for safety reasons and also to prevent further spread of hollow cavities. However, this is not an easy task, because the filling must adequately secure the resulting void, has the appropriate strength conditions, ensure contact with the mining support, and at the same time enable its fastest possible implementation. In the search for an optimal solution at KWK Piast-Zie-mowit, attempts were made to use the Pillow-Bag filling, supportive containers system. There are single-chamber bags made of a suitably durable and impermeable fabric (flame-retardant, anistatic and non-toxic) filled with silicon foam in the form of two components: A – resin and B – catalyst. This solution does not require the use of additional devices, for the application only two employees are needed.

Dodatkowa metoda oceny zagrożenia sejsmicznego, wykorzystująca korelacyjne połączenie metod rozkładu Gutenberga-Richtera i aktywnej tomografii sejsmicznej, na przykładzie ścian eksploatowanych w Oddziale KWK Mysłowice-Wesoła

Jacek Krupanek
PGG S.A. Oddział KWK Mysłowice-Wesoła

STRESZCZENIE: Eksploatacja pokładów węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym prowadzona jest w skomplikowanych warunkach górniczo-geologicznych, przy współwystępowaniu zagrożeń naturalnych, wśród których jednymi z najbardziej niebezpiecznych są zagrożenia sejsmiczne i tąpaniami. W artykule przedstawiono nową, dodatkową metodę oceny stanu zagrożenia sejsmicznego, bazującą na korelacyjnym połączeniu metod aktywnej geotomografii w skałach otaczających oraz rozkładu Gutenberga-Richtera, na przykładzie dwóch ścian eksploatowanych w Oddziale KWK Mysłowice-Wesoła.

SŁOWA KLUCZOWE: Sejsmiczność indukowana, zagrożenie sejsmiczne, rozkład Gutenberga-Richtera, aktywna tomografia sejsmiczna, ocena stanu zagrożenia sejsmicznego

1. WSTĘP

Oddział KWK Mysłowice-Wesoła prowadzi eksploatację pokładów grup rudzkich i siodłowych na średniej głębokości około 850 m, w warunkach współwystępujących zagrożeń naturalnych, wśród których dominującymi są metanowe i tąpaniami. Wybieranie ścian w zdecydowanej większości prowadzone jest w warunkach II stopnia zagrożenia tąpaniami, a eksploatacji towarzyszą wysokie zagrożenia sejsmiczne i tąpaniami. W związku z powyższym niezwykle istotnym aspektem w funkcjonowaniu Kopalni jest jak najbardziej precyzyjna ocena stanu zagrożenia sejsmicznego, umożliwiająca jego oszacowanie i wdrożeniem metod profilaktyki aktywnej i pasywnej. Ocenę stanu zagrożenia metodą sejsmologii górniczej przeprowadza się w oparciu o „wsteczną" analizę wstrząsów górotworu, przy czym Instrukcja nr 22 Głównego Instytutu Górnictwa [1] wprowadziła również możliwość wykorzystania dodatkowej metody bazującej na śledzeniu zmian współczynnika *b* rozkładu Gutenberga-Richtera [2]. Badania i analizy w tym zakresie prowadzone są w górnictwie od wielu lat, wykazując przydatność tego parametru dla oceny zagrożenia sejsmicznego [3-5]. Niezależnie od wykonywanych analiz („wstecznych") oceny stanu zagrożenia sejsmicznego (i tąpaniami) powszechnie wykorzystywane są badania geofizyczne, wśród których dla wyrobisk eksploatacyjnych najczęściej stosuje się metodę aktywnej tomografii sejsmicznej, obrazującą rozkład naprężeń w górotworze w oparciu o rozkład pola prędkości fal sejsmicznych. [6]. Metody te dotychczas stosowane były

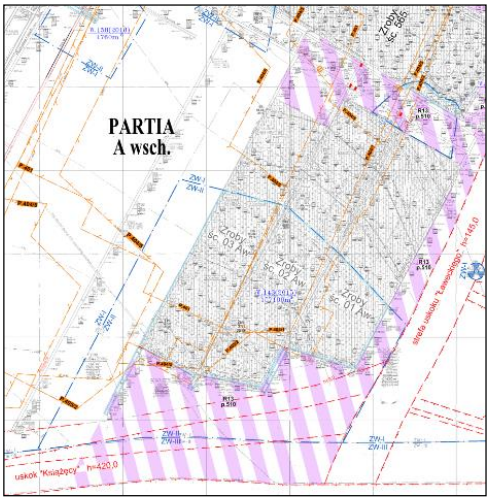
oddzielnie. W związku z powyższym opracowana została nowa, dodatkowa metoda oceny zagrożenia sejsmicznego, bazująca na korelacji zmian prędkości podłużnej fali sejsmicznej w skalach otaczających, wyznaczonych w oparciu o badania geofizyczne metodą aktywnej tomografii sejsmicznej, oraz trendu zmian współczynnika *b* rozkładu Gutenberga-Richtera [7]. Artykuł przestawia metodykę, kryteria oraz wyniki tej oceny dla dwóch ścian - 01Aw i 02Aw - eksploatowanych w podstropowej warstwie pokładu 510.

2. CHARAKTERYSTKA REJONU ŚCIAN 01Aw i 02Aw

Eksploatację „otwierającą" podstropowej warstwy pokładu 510 w partii A wschód stanowiły podłużne ściany 565 i 565a. Z uwagi na bardzo wysoki stan zagrożenia pożarowego w okresie ich eksploatacji podjęto decyzję, by kolejne ściany wybierać systemem poprzecznym o frontach przemieszczających się w kierunku północno-wschodnim, do zrobów ścian 565 i 565a. Eksploatację w nowym wariacie rozpoczęto ścianami 01Aw i 02Aw w kolejności zgodnej z ich numeracją (rysunek 1).

2.1. Warunki górniczo-geologiczne

Partia A wschód zlokalizowana jest w skrzydłach wiszących uskoków „Ławeckiego" o zrzucie do 175 m oraz „Książęcego" zrzucającego w tym rejonie warstwy o około 250 m. Ściany 01Aw i 02Aw eksploatowane były w podstropowej warstwie pokładu 510, o miąższości od 7,7 m do 10,7 m, systemem poprzecznym, z kierowaniem stropu na zawał, na wysokość do 3,0 m. W polach wybiegu ścian występują krawędzie dokonanej eksploatacji w pokładach 401, 404/1, 404/5 i 405/2, zalegających w odległościach odpowiednio 260 m, 240 m, 200 m i 175 m. Fronty ścian przemieszczały się w kierunku północno-wschodnim i w końcowych odcinkach wybiegu zbliżały się do zrobów ściany 565 w pokładzie 510 (rysunek 1). W profilu litologicznym nad pokładem występują naprzemianległe warstwy łupków ilastych i piaskowców o wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie R_c do około 58 MPa.

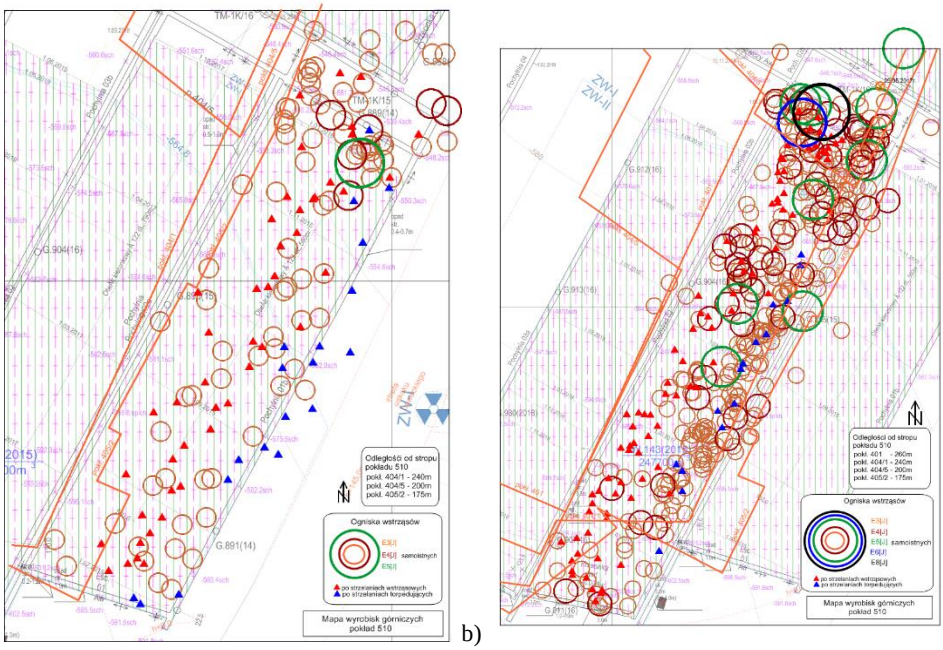


Rys. 1. Mapa pokładu 510 w rejonie ścian 01Aw i 02Aw
Figure 1. Map of coal seam 510 in the area of longwalls 01Aw and 02Aw

2.2. *Aktywność sejsmiczna w okresie eksploatacji ścianami 01Aw i 02Aw*

Eksploatacji pokładu 510 ścianą 01Aw towarzyszyła niska aktywność sejsmiczna, z maksymalnymi wstrząsami o energiach rzędu 10^5 J, które wystąpiły w okresie zbliżania się frontu ściany do zrobów ściany 565. W okresie wybierania pokładu 510 ścianą 02Aw wystąpił dwukrotny wzrost liczby wstrząsów w stosunku do ściany 01Aw, a aktywność sejsmiczna – analogicznie jak w przypadku ściany 01Aw - rosła w miarę zbliżania się frontu ściany do zrobów ściany 565. W dniu 29 maja 2017 r. wystąpił samoistny wstrząs górotworu o energii $3 \cdot 10^8$ J, który spowodował tąpnięcie w chodniku wentylacyjnym Aw, tj. wyrobisku przyległym do zrobów ściany 565. W dniu zaistnienia wstrząsu ściana znajdowała się około 3,5 m od linii zakończenia.

W rejonach ścian prowadzona była aktywna profilaktyka zwalczania zagrożenia tąpaniami w postaci strzelań wstrząsowych (z frontu ściany) oraz torpedujących (z wyrobisk przyścianowych). Aktywność sejsmiczna towarzyszącą eksploatacji ścianami (okręgi) wraz ze zjawiskami indukowanymi prowadzona profilaktyką (trójkąty) przestawia rysunek 2.



Rys. 2. Aktywność sejsmiczna w rejonie a) ściany 01Aw b) ściany 02Aww pokładzie 510
Figure 2. Seismic activity in the area of a) longwall 01Aw b) longwall 02Aw in seam 510

3. METODYKA I KRYTERIA OCENY STANU ZAGROŻENIA SEJSMICZNEGO W OPARCIU O ROZKŁAD GUTENBERGA-RICHTERA ORAZ METODĘ AKTYWNEJ TOMOGRAFI SEJSMICZNEJ

3.1. *Metodyka (kolejność) analiz i obliczeń:*

a) obliczenie współczynnika *b* metodą największej wiarygodności (wzór 1) oraz odchylenia standardowego σb (wzór 2) [8, 9]. Okna czasowe dla obliczeń b zostały tak dobrane, by

w każdym znajdowało się minimum 25-30 wstrząsów, natomiast przyjęty krok obliczeń wynosi jedną dobę, by móc prowadzić ocenę stanu zagrożenia dla każdego kolejnego dnia.

$$b = \frac{log\, e}{\bar{M} - M_{min}} \tag{1}$$

gdzie: e - liczba Eulera, $e = \lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n$; $\bar{M}$ - średnia magnituda zbioru wstrząsów; M_{min} - magnituda progowa (minimalna), powyżej której rejestrowane są wszystkie wstrząsy.

$$\sigma_b = 2{,}3b^2\sigma_{\bar{M}} \tag{2}$$

gdzie: $\sigma_{\bar{M}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{(M_i - M)^2}{n(n-1)}}$

b) obliczenie wartości średniej współczynnika *b* od początku eksploatacji ścianą ($b_{śr}$) - wartość $b_{śr}$ jest średnią arytmetyczną wartości współczynnika *b* od początku eksploatacji do danego dnia i obliczana jest ze wzoru:

$$b_{śr} = \frac{(b_1 + \cdots + b_n)}{n} \tag{3}$$

gdzie: $b_1, \ldots, b_n$ - wartości współczynnika *b* w poszczególnych dniach eksploatacji; *n* - ilość dni, dla których obliczenia współczynnika *b* zostały przeprowadzone.

c) obliczenie zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera zA_{G-R} (odchylenie wartości współczynnika *b* od jego wartości średniej $b_{śr}$,) ze wzoru:

$$zA_{G-R} = \left[\frac{(b_{śr} - b)}{b_{śr}}\right] \cdot 100\% \tag{4}$$

gdzie: *b* - wartość współczynnika *b* rozkładu Gutenberga-Richtera; $b_{śr}$ - średnia wartość współczynnika *b* liczona pod początku eksploatacji ścianą

d) wyznaczenie maksymalnych prędkości propagacji fali sejsmicznej zV_{psmax} w oparciu o wyniki badań geofizycznych metodą aktywnej tomografii sejsmicznej.

3.2. Parametry i kryteria oceny stanu zagrożenia sejsmicznego

Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego $z_{GR\text{-}TA}$ metodą korelacji zmian współczynnika *b* rozkładu Gutenberga-Richtera oraz badań geofizycznych metoda aktywnej tomografii sejsmicznej stanowi sumę punktów parametrów:

- zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera zA_{G-R},
- wartości (maksymalnych) prędkości propagacji podłużnej fali sejsmicznej w skałach otaczających zV_{psmax} [m/s].

Metoda $z_{GR\text{-}TA}$ wyróżnia cztery stany zagrożenia:

- „a" - brak zagrożenia,
- „b" - słabe zagrożenie,

– „c” - średnie zagrożenie,
– „d” - silne zagrożenie.

Wydzielenie czterech stanów zagrożenia sejsmicznego jest konsekwencją zunifikowania opracowanej metody ze stosownymi w kopalniach węgla kamiennego Instrukcjami Głównego Instytutu Górnictwa nr 20 i 22 [1, 10].

a) kryteria parametru zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera $zA_{G\text{-}R}$:
W celu wyznaczenia stanu zagrożenia sejsmicznego w oparciu o parametr zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera $zA_{G\text{-}R}$ należy najpierw sprawdzić warunek składający się z dwóch następujących zależności:

$$b < b_{śr} \quad (5)$$
$$b < 1{,}5 \quad (6)$$

gdzie: b - bieżąca (wyliczona na dany dzień) wartość współczynnika b; $b_{śr}$ - wartość średnia współczynnika b

Wartość współczynnika b wynosząca 1,5 określona została empirycznie w oparciu o analizy i obliczenia wskazujące, że w przypadku kiedy katalog wstrząsów tworzy duża ilość wstrząsów niskoenergetycznych, przy małym udziale wysokoenergetycznych, to spadek wartości współczynnika b poniżej jego wartości średniej $b_{śr}$ oraz jednocześnie poniżej wartości 1,5 może świadczyć o potencjalnym wzroście zagrożenia sejsmicznego. Warunek ten oznaczono *zb* i nazwano składową oceny stanu zagrożenia sejsmicznego ze względu na zmiany współczynnika b. Wartości punktowe (wagi) dla warunku zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Warunki i wagi zmian współczynnika b (*zb*)
Table 3. Scales and weights of changes in the coefficient b (*zb*)

zb **warunek**	***zb*** **waga**
$b > b_{śr.}$ oraz $b < 1{,}5$	warunek niespełniony: 1
$b > 1{,}5$	
$b = b_{śr.}$ oraz $b = 1{,}5$	
$b < b_{śr.}$ oraz $b < 1{,}5$	warunek spełniony: 2

Następnie obliczany jest parametr zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera $zA_{G\text{-}R}$, będący „pochodną” składowej *zb*. Jeżeli waga *zb* wynosi „2” sprawdzany jest parametr $zA_{G\text{-}R}$, któremu w zależności od wartości procentowych odchyłek współczynnika b od jego wartości średniej $b_{śr}$ przypisane są odpowiednie wagi od „1” do „4”. W przypadku, gdy waga *zb* wynosi „1” wówczas warunek dla $zA_{G\text{-}R}$ nie jest sprawdzany i waga parametru
$zA_{G\text{-}R}$ wynosi „1”, analogicznie jak w przypadku ujemnych wartości $zA_{G\text{-}R}$. Warunki i wagi zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Warunki i wagi parametru 1 - zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera zA_{G-R}
Table 4. Parameter 1 conditions and weights - modified Gutenberg-Richter anomaly zA_{G-R}

zb **waga**	zA_{G-R} **[%] warunek**	zA_{G-R} **waga**
1	warunek nie jest sprawdzany	1
2	$zA_{G-R} < 0$	1
	$zA_{G-R} < 20$	2
	$zA_{G-R} < 40$	3
	$zA_{G-R} \geq 40$	4

b) kryteria parametru zV_{psmax} (wartości prędkości podłużnej fali sejsmicznej w skałach otaczających):
Parametr ten oparty jest na rozkładzie pola prędkości propagacji podłużnej fali sejsmicznej w skałach otaczających, wyznaczonym w oparciu o wykonane badania metodą aktywnej tomografii sejsmicznej. Warunki i wagi parametru zV_{psmax} zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Warunki i wagi parametru 2 - prędkości propagacji podłużnej fali sejsmicznej w skałach otaczających zV_{psmax}
Table 5. Parameter 2 conditions and weights - velocity of longitudinal seismic wave propagation in the surrounding rocks *zVpsmax*

zV_{psmax} **[m/s] warunek**	zV_{psmax} **waga**
$zV_{psmax} < 2500$	1
$2500 \leq zV_{psmax} < 3500$	2
$3500 \leq zV_{psmax} < 4500$	3
$zV_{psmax} \geq 4500$	4

3.3. Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} w oparciu o metody rozkładu Gutenberga-Richtera oraz aktywnej tomografii sejsmicznej

Po wyznaczeniu parametrów zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera zA_{G-R} oraz prędkości propagacji fali podłużnej w skałach otaczających zV_{psmax} przystępujemy do sporządzenia oceny stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA}, stanowiącej sumę wartości punktowych parametrów zA_{G-R} (tabela 4) i zV_{psmax} (tabela 5). Uzyskany wynik, zgodnie z tabelą 6, kwalifikuje ścianę do jednego z czterech stanów zagrożenia: „a”, „b”, „c”, „d”.

Tabela 6. Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} w oparciu o rozkład Gutenberga-Richtera oraz aktywną tomografię sejsmiczną
Table 6. Assessment of the seismic hazard z_{GR-TA} based on the Gutenberg-Richter law and active seismic tomography

suma wag W parametrów zA_{G-R} **i** zV_{psmax}	**ocena stanu zagrożenia sejsmicznego** z_{GR-TA}
$W \leq 4$	**„a”** (brak zagrożenia)
$4 < W \leq 5$	**„b”** (słabe zagrożenie)
$5 < W \leq 7$	**„c”** (średnie zagrożenie)
$W > 7$	**„d”** (silne zagrożenie)

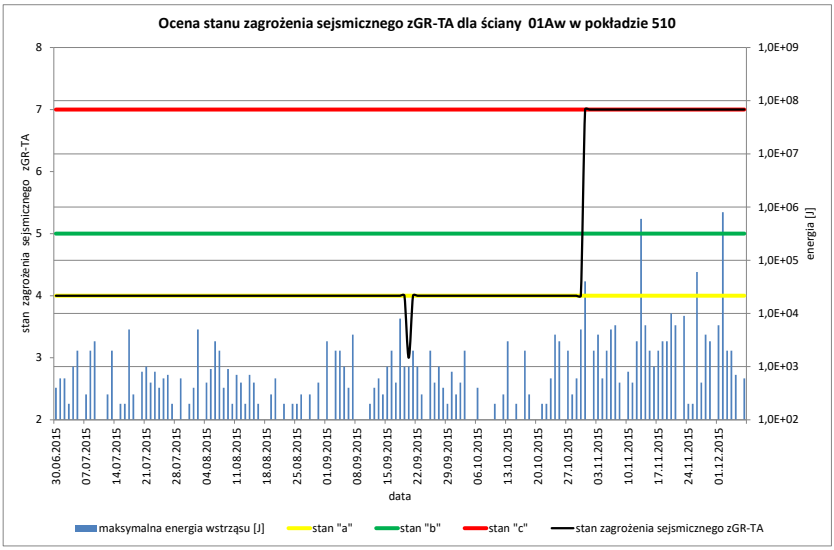
4. OCENA STANU ZAGROŻENIA SEJSMICZNEGO W OPARCIU O ROZKŁAD GUTENBERGA-RICHTERA ORAZ METODĘ AKTYWNEJ TOMOGRAFI SEJSMICZNEJ DLA ŚCIAN 01Aw I 02Aw

Kształtowanie się stanu zagrożenia sejsmicznego w oparciu o połączenie metod aktywnej tomogradfii sejsmicznej oraz rozkładu Gutenberga-Richtera przedstawiono w formie graficznej (rysunki 3 i 4). Granice stanów zagrożenia zobrazowane zostały liniami odpowiadającymi maksymalnym wartościom wag dla poszczególnych stanów, zgodnie z tabelą 6:

– linia żółta - stan zagrożenia na i poniżej linii to „a” - 4 punkty (brak zagrożenia),
– linia zielona - stan zagrożenia na i poniżej linii to „b” - 5 punktów (słabe zagrożenie),
– linia czerwona - stan zagrożenia na i poniżej linii to „c” - 7 punktów (średnie zagrożenie), natomiast powyżej linii to stan „d” (silne zagrożenie).

4.1. Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego dla ściany 01Aw

Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego $z_{GR\text{-}TA}$ wykonana dla ściany 01Aw kwalifikowała ją jako wyrobisko niezagrożone (stan *„a”*) oraz średnio zagrożone (stan *„c”*) - rysunek 3.



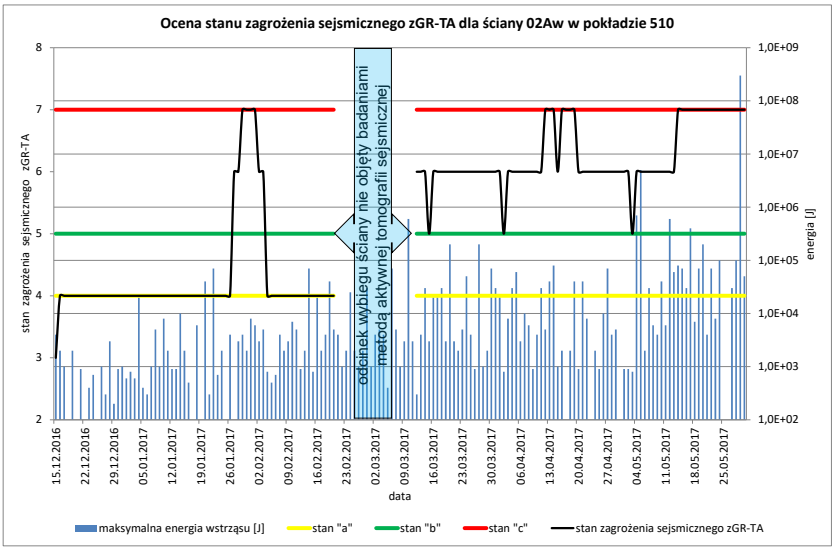
Rys. 3. Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego $z_{GR\text{-}TA}$ w okresie eksploatacji pokładu 510 ścianą 01Aw
Figure 3. Seismic hazard assessment $z_{GR\text{-}TA}$ during exploitation of seam 510 with 01Aw longwall

Eksploatacja ścianą 01Aw prowadzona była generalnie (poza końcowym odcinkiem wybiegu) w warunkach niskiego zagrożenia sejsmicznego. Występowały tylko wstrząsy niskoenergetyczne, a ich energie nie przekraczały rzędu 10^3 J. Zarówno wartości współczynnika b jak i jego wartości średniej $b_{śr}$ były wysokie i przekraczały 2,0. Wyniki badań metodą aktywnej tomografii sejsmicznej klasyfikowały skały otaczające pokład 510 do średnio skłonnych do tąpań, jednak wstrząsy wysokoenergetyczne, pomimo prowadzenia frontu wzdłuż uskoku „Ławeckiego”, nie występowały. Może to być związane z faktem, że ściana była pierwszą eksploatowaną w tym rejonie, w obustronnym otoczeniu calizny węglowej. Zmodyfikowana anomalia Gutenberga-Richtera z$A_{G\text{-}R}$ przyjmowała okresowo wartości dodatnie, jednak z uwagi

na wartości współczynnika *b* większe od 1,5 kwalifikowała ścianę jako wyrobisko niezagrożone. W końcowym okresie eksploatacji (od listopada 2015 r.) front ściany zbliżał się do zrobów ściany 565. Ilość wstrząsów co prawda nie wzrosła, jednak wyższe były ich energie. Zarejestrowano trzy zjawiska o energiach rzędu 10^4 J oraz dwa rzędu 10^5 J i były one odczuwane w wyrobiskach. Wartość średnia $b_{śr}$ współczynnika *b* zaczęła spadać, przyjmując minimalne wartości oscylujące wokół 1,0. Zmodyfikowana anomalia Gutenberga-Richtera zA_{G-R} była wysoka, przekraczając 50 %. Wyniki aktywnej tomografii sejsmicznej klasyfikowały skały otaczające pokład 510 jako średnio skłonne do tąpań, przy czym w rejonie linii zakończenia ściany oraz na odcinku do zrobów ściany 565 były wyższe niż na pozostałym odcinku ściany, zbliżając się do wartości 4500 m/s, a ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} kwalifikowała ścianę jako wyrobisko średnio zagrożone. Ocena ta była adekwatna do rzeczywistego stanu zagrożenia.

4.2. Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego dla ściany 02Aw

Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} wykonana dla ściany 02Aw kwalifikowała ją, tak jak w przypadku wcześniejszej ściany, jako niezagrożoną (stan *„a”*) oraz średnio zagrożoną (stan *„c”*). Kształtowanie się stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} w rejonie ściany 02Aw w całym okresie eksploatacji przedstawiono na rysunku 4.
Brak oceny z_{GR-TA} w okresie od 21.02.2018 r. do 9.03.2018 r. (niebieski obszar na rysunku 4) wynika z faktu, że eksploatowany był odcinek ściany, na którym nie wykonano badań metodą aktywnej tomografii sejsmicznej - nie było możliwości wykonania oceny.



Rys. 4. Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} w eksploatacji pokładu 510 ścianą 02Aw
Figure 4. Seismic hazard assessment z_{GR-TA} during exploitation of seam 510 with 02Aw longwall

Eksploatacja ścianą 02Aw do około połowy wybiegu prowadzona była w warunkach niskiego zagrożenia sejsmicznego. Występowały głównie wstrząsy niskoenergetyczne, w tym sporadyczne zjawiska o energiach rzędu 10^4 J. Wartości współczynnika *b* były wysokie (do nawet około 4,0), jedynie okresowo spadając do wartości nieznacznie przekraczającej 1,0, co

było wynikiem wystąpienia kilku wstrząsów o energiach rzędu 10^4 J, a nie faktycznym wzrostem zagrożenia w rejonie ściany. Wyniki badań metodą geotomografii klasyfikowały skały otaczające do średnio skłonnych do tąpań. Zmodyfikowana anomalia Gutenberga-Richtera z$A_{G\text{-}R}$ przyjmowała wartości ujemne (brak zagrożenia) oraz dodatnie, sięgające 40%, czego skutkiem była ocena stanu zagrożenia sejsmicznego $z_{GR\text{-}TA}$ wskazująca na wzrost zagrożenia sejsmicznego w rejonie ściany (stan *„c”*), co jednak nie pokrywało się z rzeczywistym wzrostem aktywności sejsmicznej. W pozostałym okresie $z_{GR\text{-}TA}$ właściwie oceniała stan za-grożenia sejsmicznego w rejonie ściany. Począwszy od marca 2017 r. aktywność w rejonie ściany zaczęła wzrastać, co manifestowało się występowaniem większej ilości zjawisk o ener-giach rzędu 10^4 J (sporadycznie 10^5 J), co można wiązać z powiększaniem się przestrzeni zrobowej w patii A wschód, zaburzeniem ustalonych stanów równowagi oraz destrukcją nad-ległych pakietów skalnych. W końcowym okresie eksploatacji, kiedy front ściany zbliżał się do strefy dużych gradientów prędkości fali podłużnej w skałach otaczających wyznaczonych ba-daniami aktywnej geotomografii oraz do zrobów ściany 565, występowały wstrząsy o ener-giach rzędu 10^5 J. Wstrząsy były odczuwane w wyrobiskach, jednak nie powodowały skutków, za wyjątkiem wstrząsu o energii $3 \cdot 10^8$ J (spowodował tąpnięcie). Wartości współczynnika b w całym okresie były poniżej wartości $b_{śr}$ oraz niższe od 1,5. Zmodyfikowana anomalia Gutenberga-Richtera z$A_{G\text{-}R}$ była wysoka, przekraczając 50%. Wyniki aktywnej tomografii sejsmicznej klasyfikowały skały otaczające pokład 510 jako średnio skłonne do tąpań z występującą strefę dużych gradientów prędkości podłużnej fali sejsmicznej. Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego $z_{GR\text{-}TA}$ kwalifikowała ścianę jako wyrobisko średnio zagrożone (stan *„c”*) i była adekwatna do rzeczywistego stanu zagrożenia.

5. PODSUMOWANIE

Eksploatacja węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, praktycznie w całości, prowadzona jest w warunkach zagrożenia sejsmicznego i tąpaniami. Stanowią one zagrożenie dla bezpieczeństwa nie tylko powszechnego, ale również stateczności wyrobisk, a przede wszystkim pracowników zatrudnionych w ruchu zakładów górniczych. Stąd tak ważnym aspektem w funkcjonowaniu kopalń jest możliwość predykcji tych zagrożeń oraz wcześniejszego zaplanowania metod profilaktyki aktywnej i pasywnej ich zwalczania. Ocena stanu zagrożenia tąpaniami związana z występowaniem wstrząsów górotworu prowadzona jest najczęściej metodą sejsmologii górniczej, przy czym można w tym celu wykorzystywać również inne metody, jak np. rozkład Gutenberga-Richtera. Stan naprężeń w górotworze można określić również w oparciu o badania geofizyczne np. metodą aktywnej geotomografii. Dotychczas metody te stosowane były jednak oddzielnie, w związku z czym opracowano nową, dodatkową metodę oceny stanu zagrożenia sejsmicznego dla ścian, bazującą na korelacji zmian współ-czynnika b relacji Gutenberga-Richtera oraz wyników badań metodą aktywnej tomografii sejsmicznej. W artykule przedstawiono metodykę i kryteria oceny w oparciu o nową metodę, a następnie przenalizowano kształtowanie się stanu zagrożenia sejsmicznego dla dwóch ścian, które eksploatowane były w Oddziale KWK Mysłowice-Wesoła. Wyniki oceny stanu zagro-żenia sejsmicznego odzwierciedlają rzeczywiste jego kształtowanie się w okresie eksploatacji ścianami. Otrzymane wyniki wykazują, że wykorzystanie połączenia dwóch metod badaw-czych pozwala określić stan zagrożenia, a nowa metoda może stanowić uzupełnienie obecnie stosowanych. Założenia metodyki i kryteria opracowane zostały m.in. dla warunków górniczo-geologicznych, w których eksploatowane były ściany 01Aw i 02Aw, przy czym może ona być wykorzystana w innych zakładach górniczych, po uwzględnieniu lokalnych czynników górniczo-geologicznych.

LITERATURA

[1] Barański A., Dubiński J., Lurka A., Mutke G., Stec K. 2012: Metoda sejsmologii górniczej oceny stanu zagrożenia tąpaniami. W: Zasady stosowania metody kompleksowej metody oceny stanu zagrożenia tąpaniami w kopalniach węgla kamiennego. Wyd. GIG, Seria: Instrukcje, No 22.

[2] Gutenberg B., Richter C. F. 1954: Seismicity In the Earth and associated phenomena. Princeton University Press.

[3] Dubiński J., Syrek B. 1990: Kształtowanie się parametru b rozkładu Gutenberga-Richtera w aktywnych sejsmicznie rejonach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Acta Montana 83, s. 143-158.

[4] Mutke G., Pierzyna A. 2010: Czasowe zmiany parametru „b" relacji Gutenberga-Richtera dla oceny zagrożenia sejsmicznego w ścianie 2 i 3 w pokładzie 503 w kopalni „Bobrek-Centrum". Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko. Kwartalnik Nr 4/3/2010, s. 298-309.

[5] Mutke G., Pierzyna A., Barański A. 2016: b-value as a criterion for the evaluation of rockburst hazard in coal mines. 3rd International Symposium on Mine Safety Science and Engineering, Montreal, Paper No 146, s. 1-5

[6] Dubiński J., Konopko W. 2000: Tąpania - ocena, prognoza, zwalczanie. Główny Instytut Górnictwa

[7] Krupanek J. 2020: Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z wykorzystaniem rozkładu Gutenberga-Richtera i metody geotomografii aktywnej. Główny Instytut Górnictwa. Katowice. [rozprawa doktorska - niepublikowane]

[8] Aki K. 1965: Maximum likelihood estimate of b in the formula log N=a- bM and its confidence limits. Bull. Earthquake Res. Inst. 43, s. 237-239.

[9] Utsu T. 1965: A method for determining the value of b in a formula log n = a-bM showing the magnitude frequency for earthquakes. Geophys. Bull. Hokkaido Univ. 13, s. 99-103.

[10] Barański A., Drzewiecki J., Kabiesz J., Konopko W., Kornowski J., Krzyżowski A., Mutke G. 2007: Zasady stosowania metody kompleksowej i metod szczegółowych oceny stanu zagrożenia tąpaniami w kopalniach węgla kamiennego. Wyd. GIG, Seria: Instrukcje, No 20.

An additional method of assessing the seismic hazard, using the correlative combination of Gutenberg-Richter law and active seismic tomography, on the example of longwalls operated in the Mysłowice-Wesoła Coal Mine Division

ABSTRACT: The mining of coal seams in the Upper Silesian Coal Basin is carried out in complex mining and geological conditions, with the coexistence of natural hazards, among which the most dangerous are seismic shocks and rock masses. The article presents a new, additional method of seismic hazard assessment, based on the correlative combination of active geotomography methods in the surrounding rocks and the Gutenberg-Richter law, based on the example of two longwalls exploited in KWK Mysłowice-Wesoła.

KEYWORDS: Induced seismicity, seismic hazard, Gutenberg-Richter law, active seismic tomography, seismic hazard assessment

POLSKA GRUPA GÓRNICZA

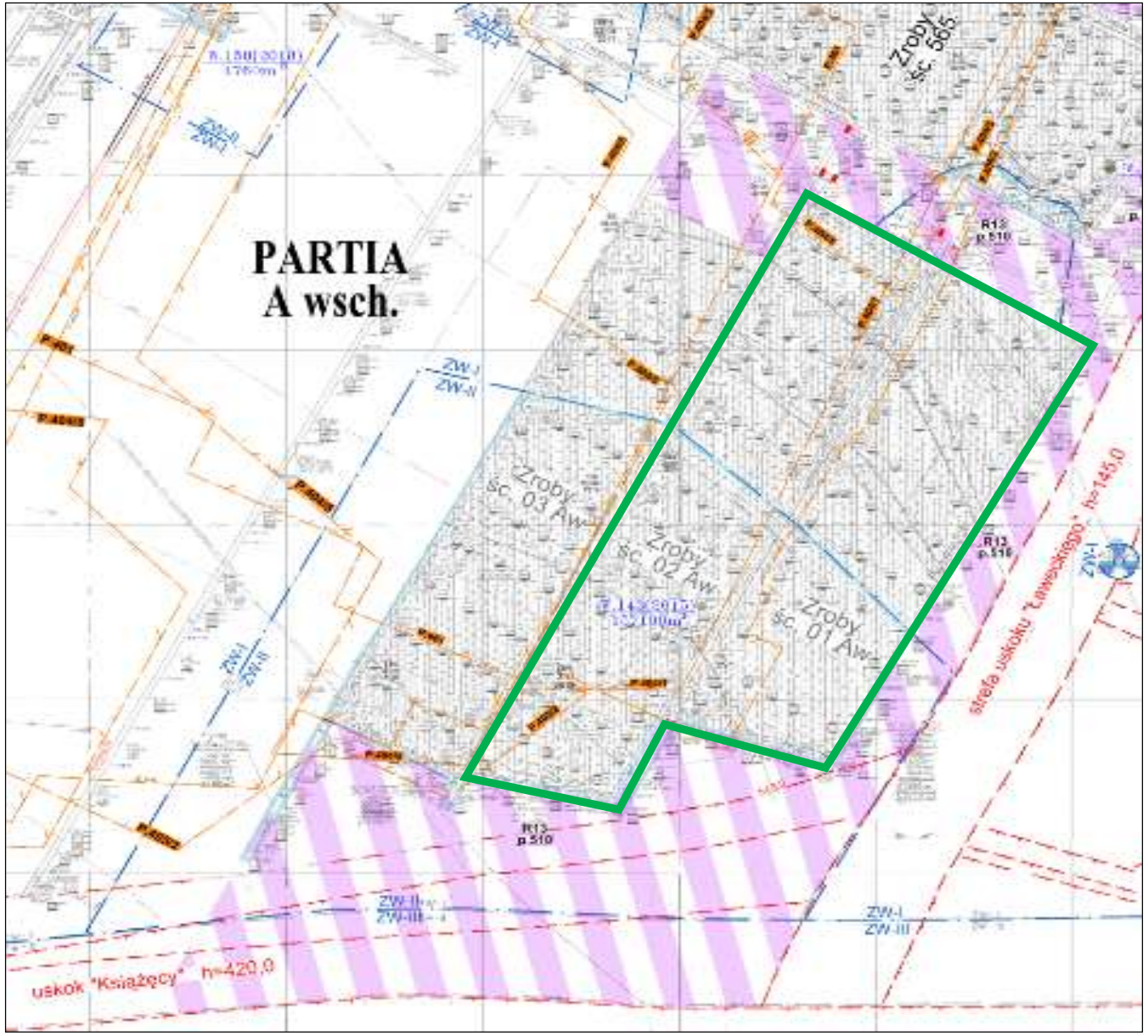
Szkoła Eksploatacji Podziemnej

Dodatkowa metoda oceny zagrożenia sejsmicznego, wykorzystująca korelacyjne połączenie metod rozkładu Gutenberga-Richtera i aktywnej tomografii sejsmicznej, na przykładzie ścian eksploatowanych w Oddziale KWK Mysłowice-Wesoła

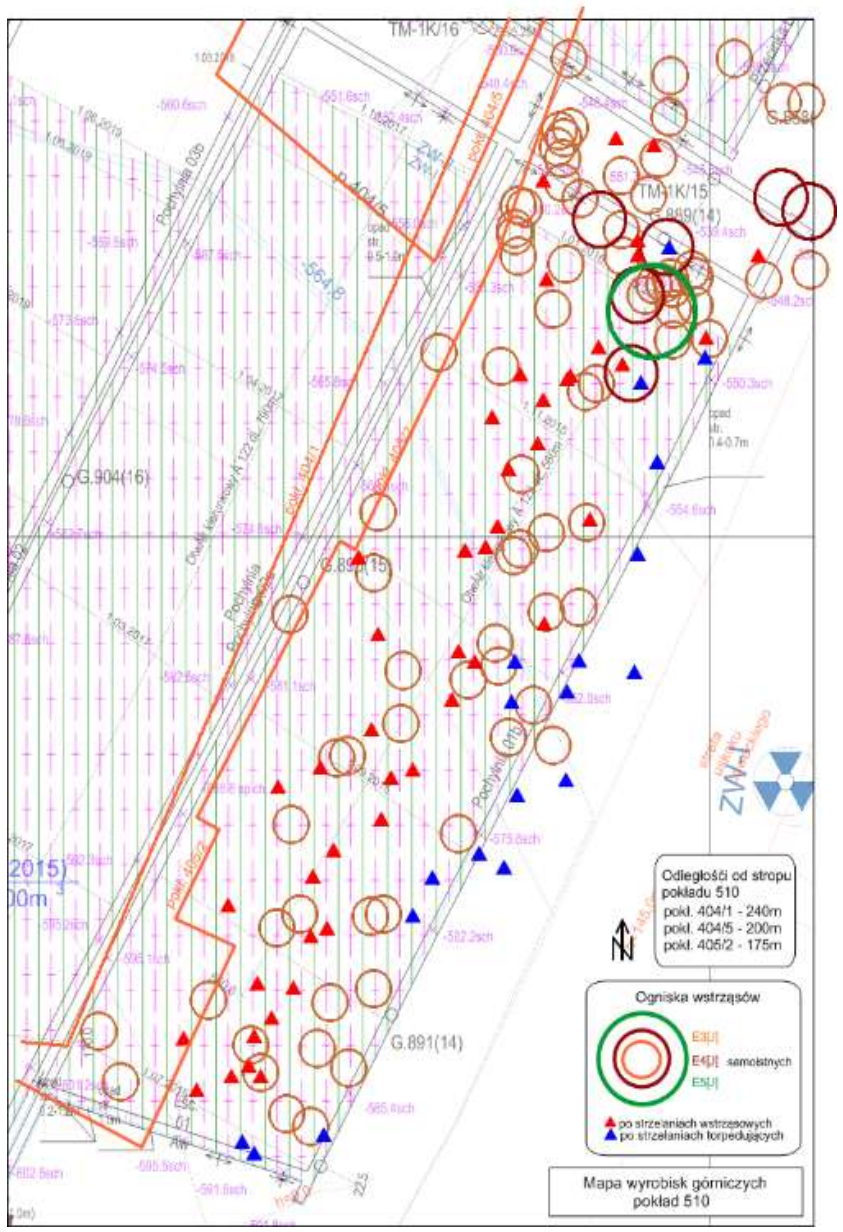
Jacek Krupanek
PGG S.A. Oddział KWK Mysłowice-Wesoła

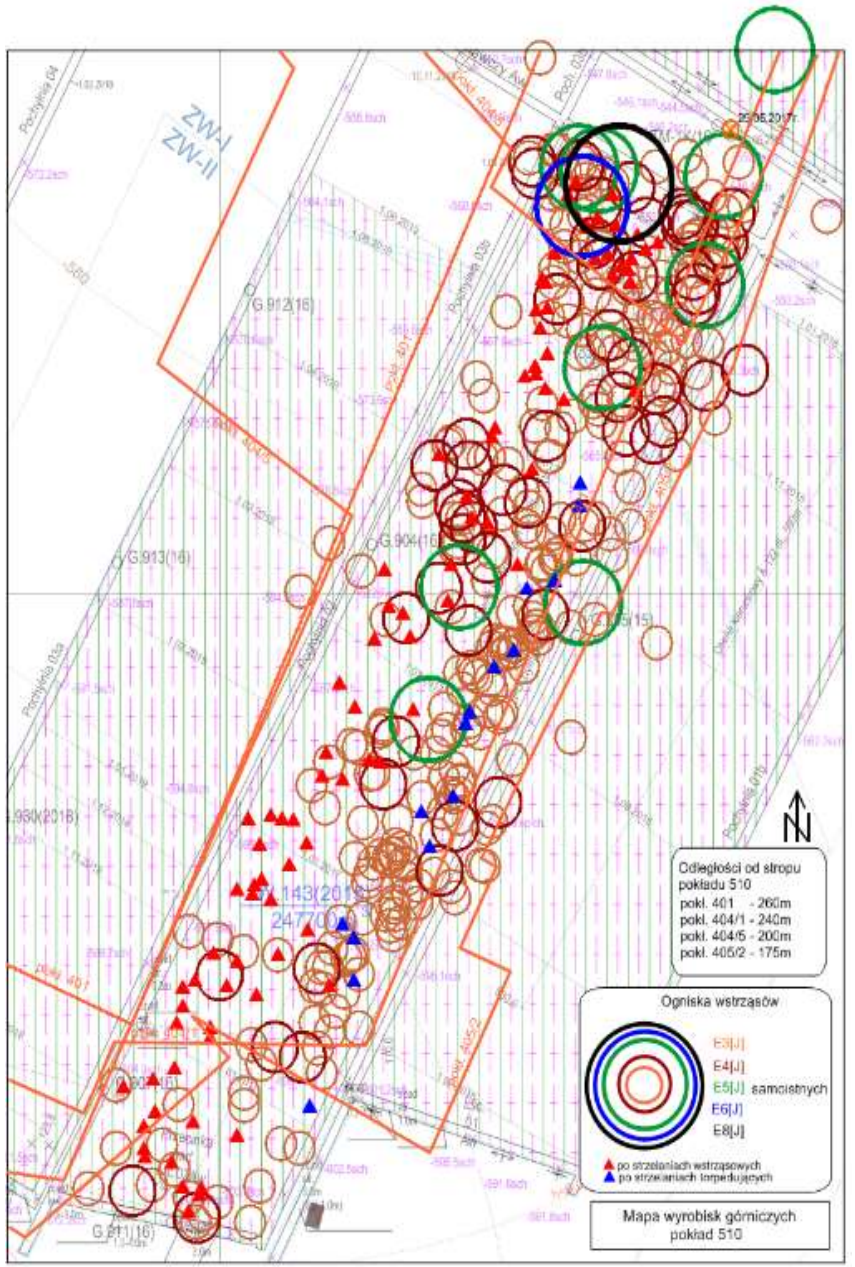
Kraków, wrzesień 2021 r.

Ściany 01Aw i 02Aw w pokładzie 510

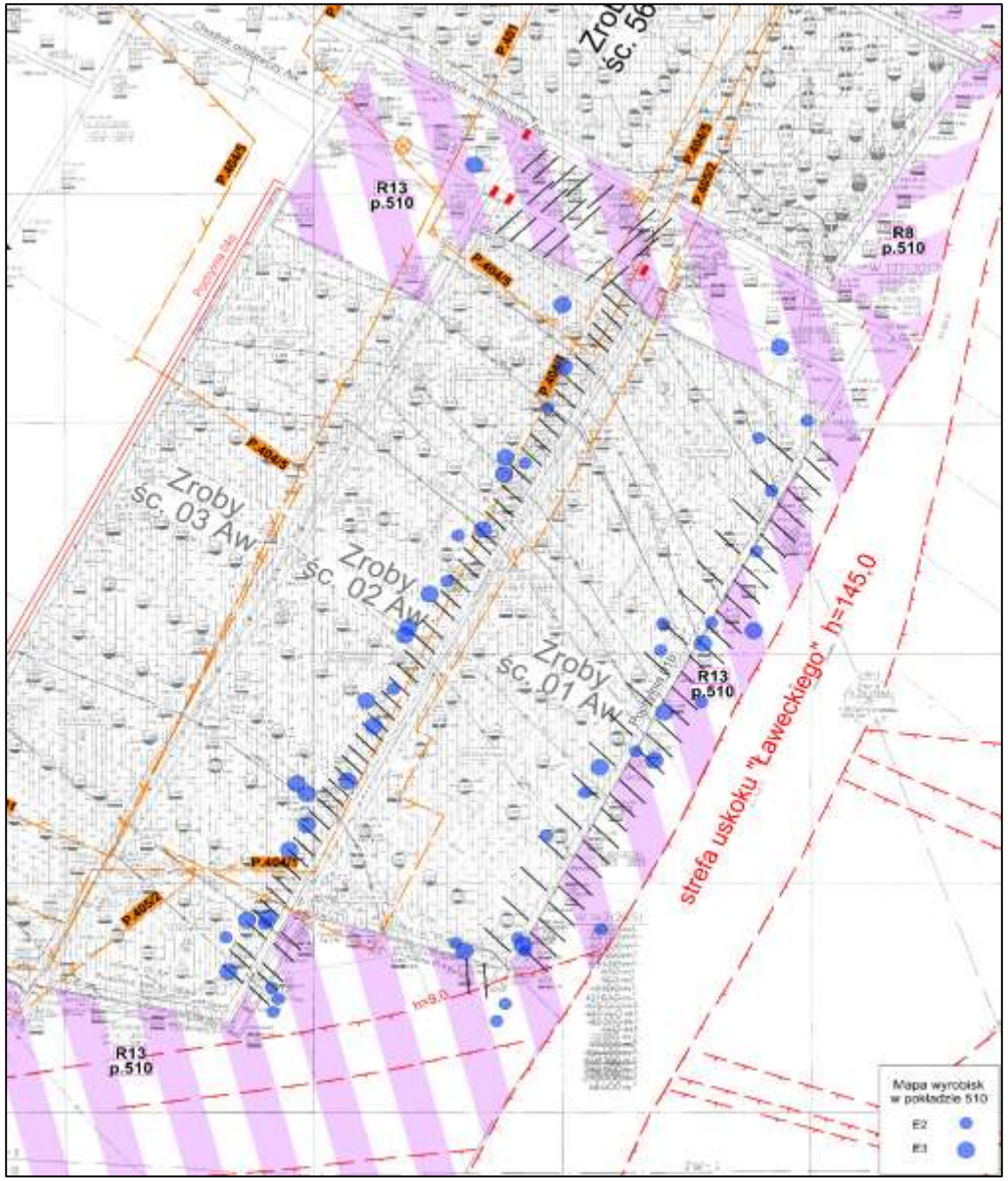


Aktywność sejsmiczna

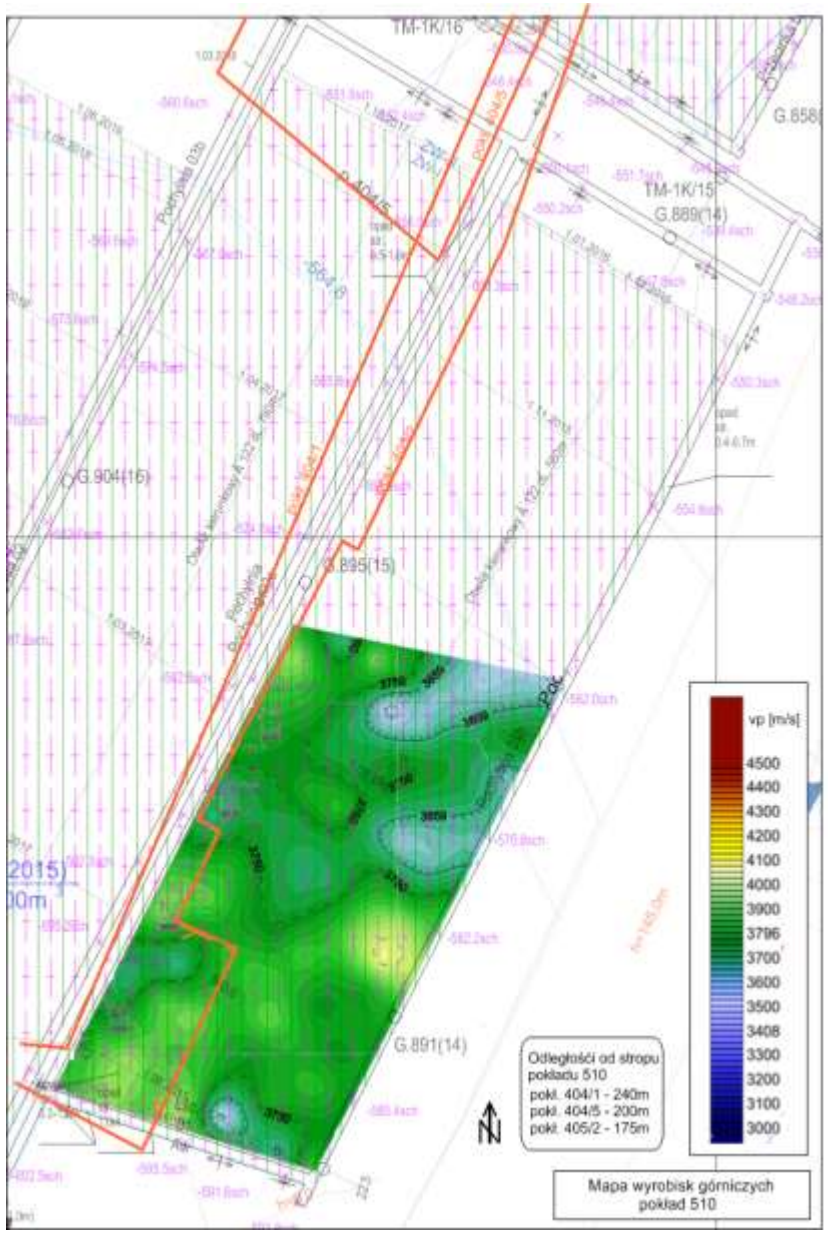




Profilaktyka aktywna

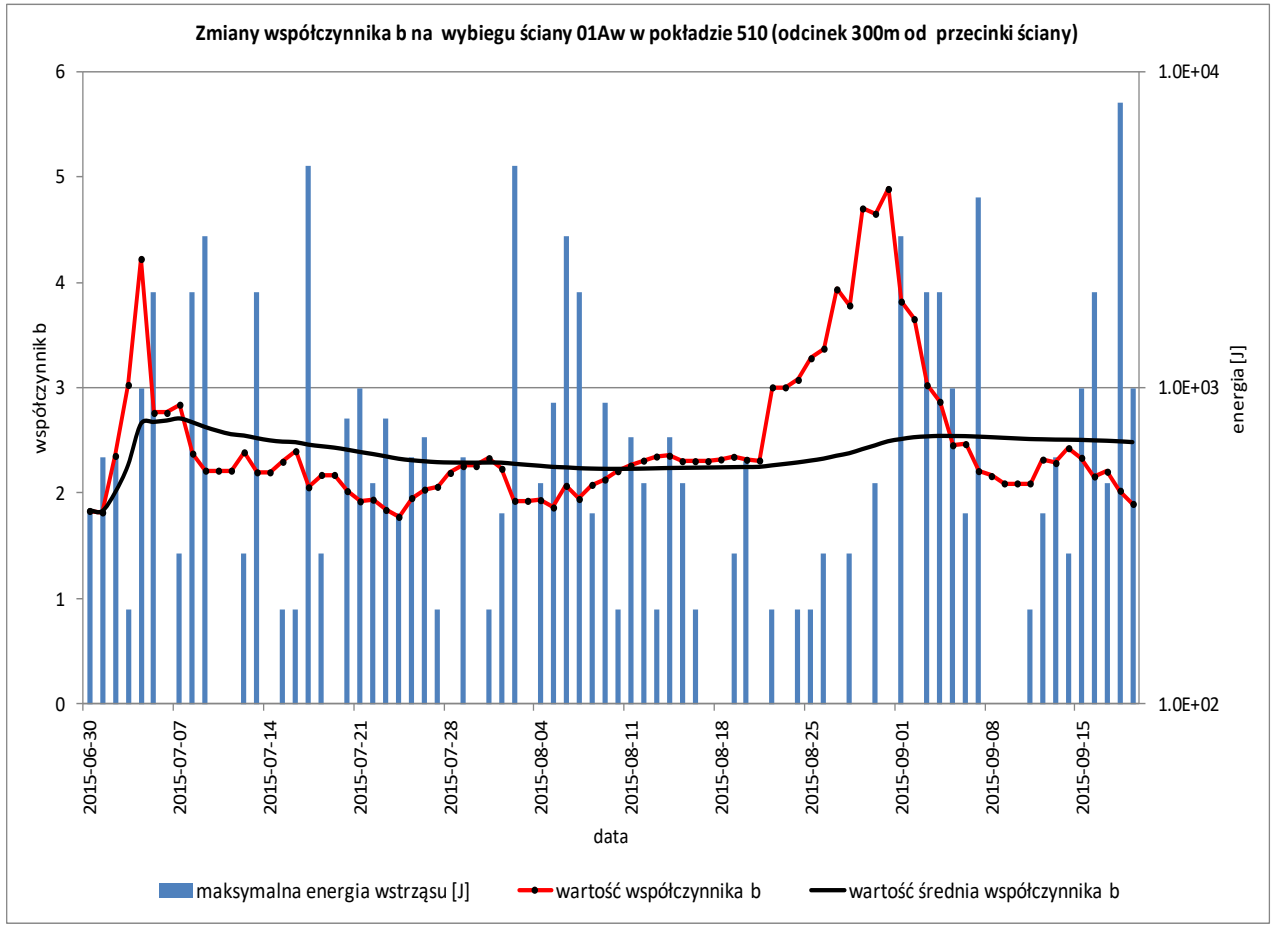


Ściana 01Aw – aktywna tomografia (S1) oraz współczynnik b

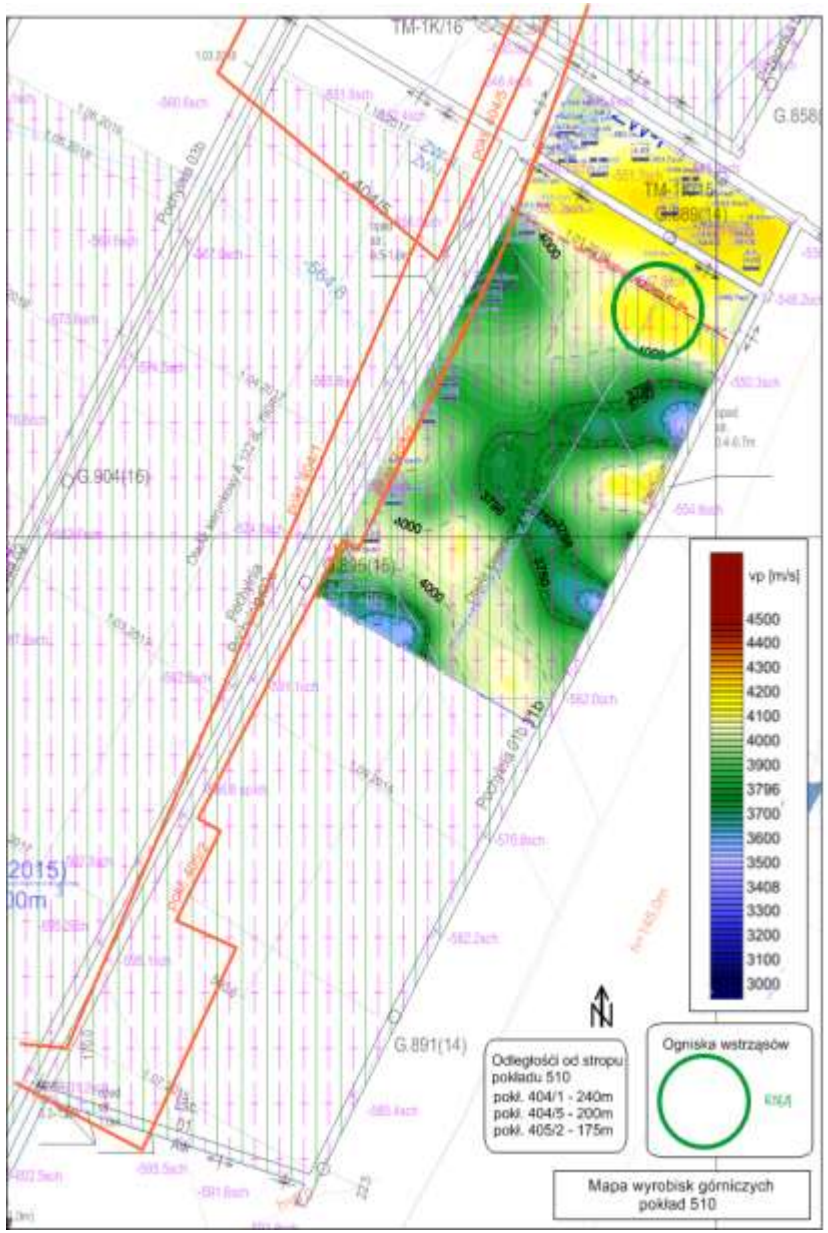


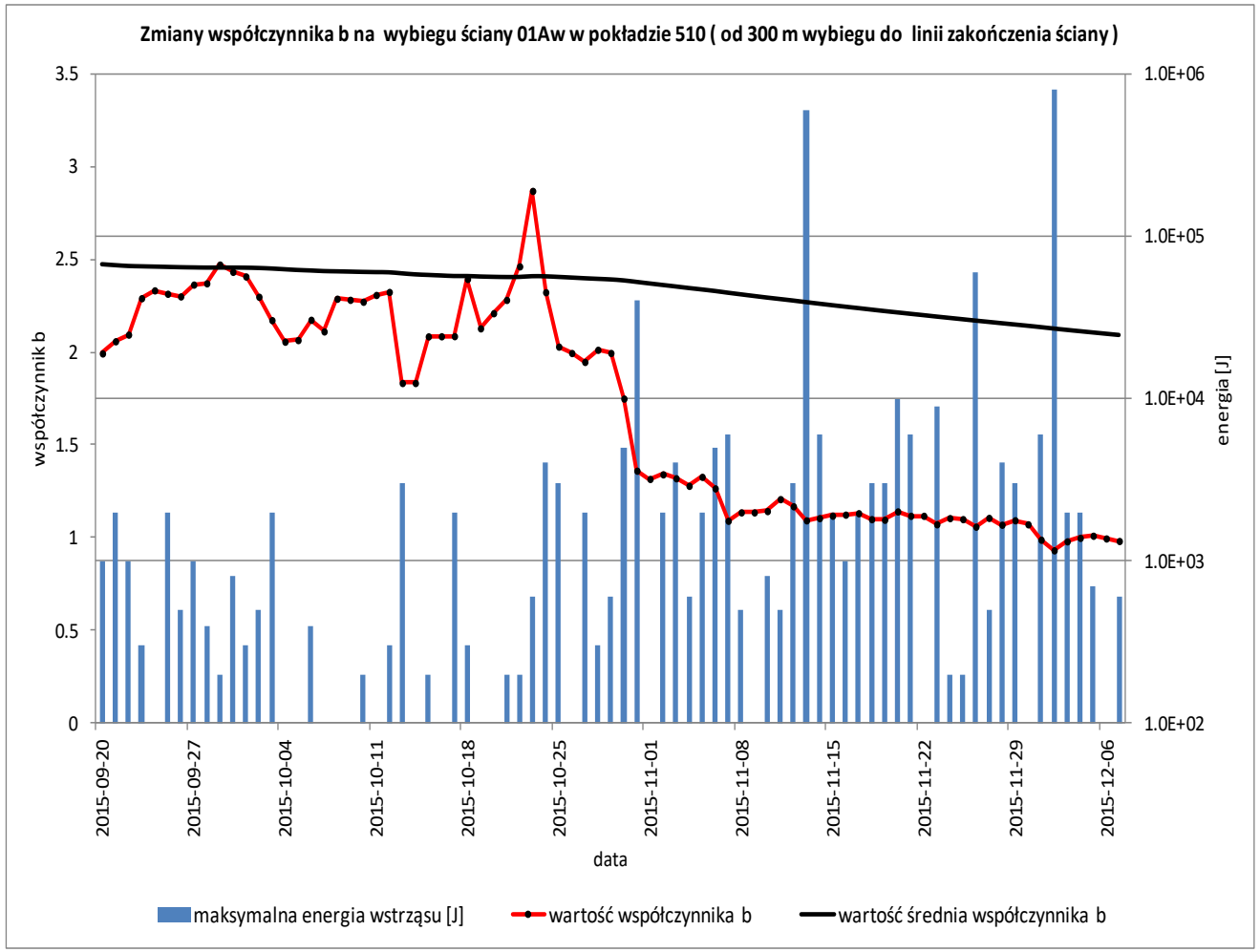
$$b = \frac{log\, e}{\bar{M} - M_{min}} \qquad b_{śr} = \frac{(b_1 + \cdots + b_n)}{n}$$

b_1, ..., b_n - wartości współczynnika b w poszczególnych dniach eksploatacji,
n - ilość dni, dla których obliczenia współczynnika b zostały przeprowadzone



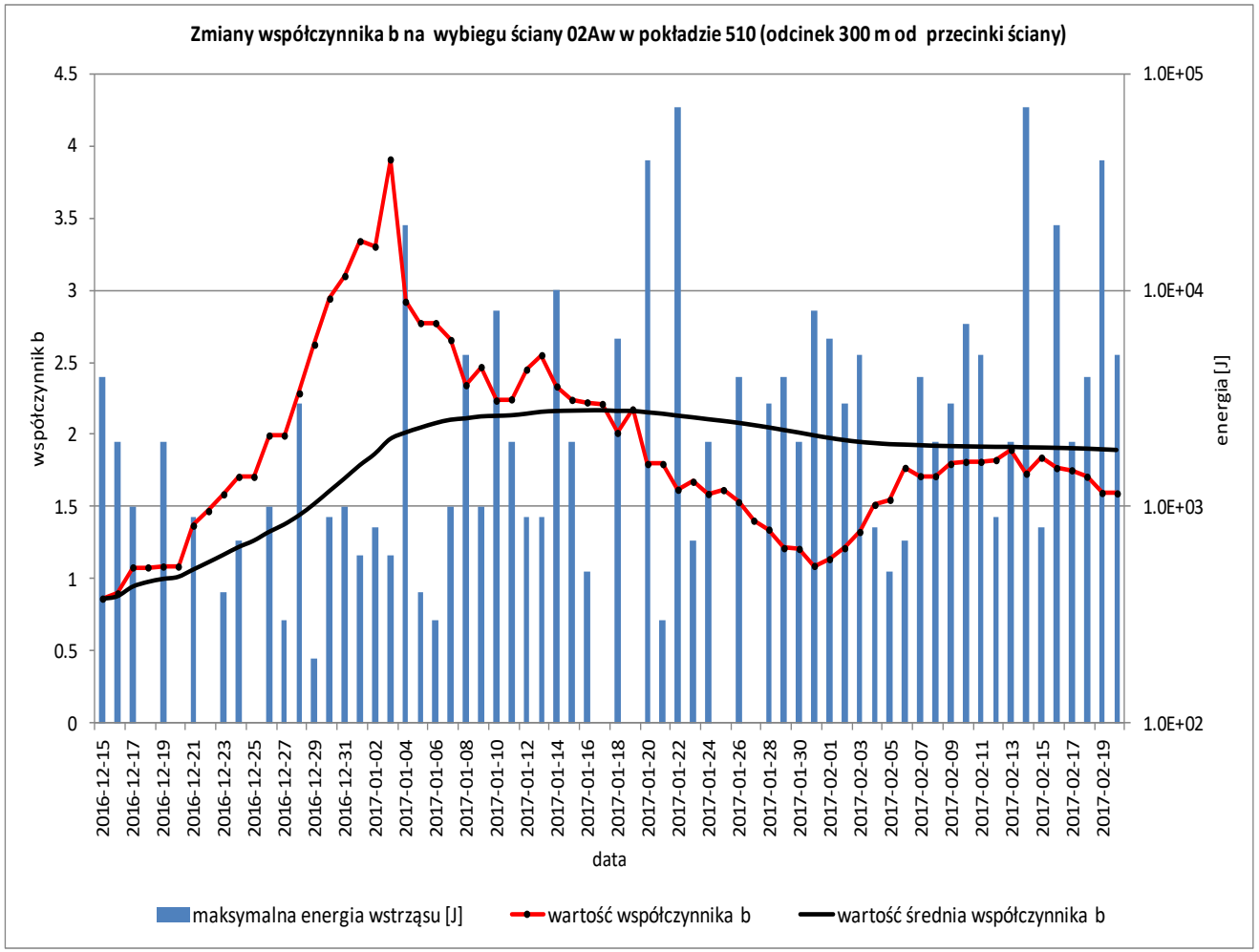
Ściana 01Aw – aktywna tomografia (S2) oraz współczynnik b



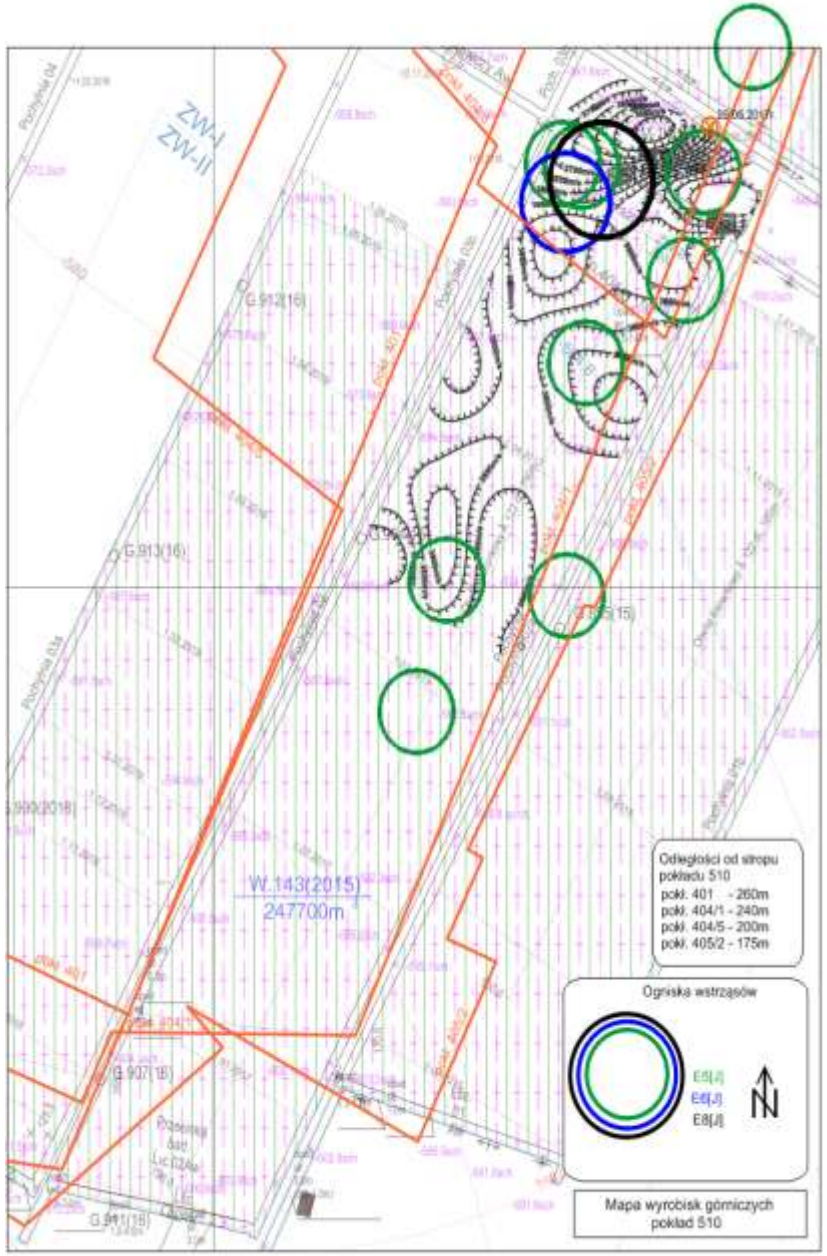


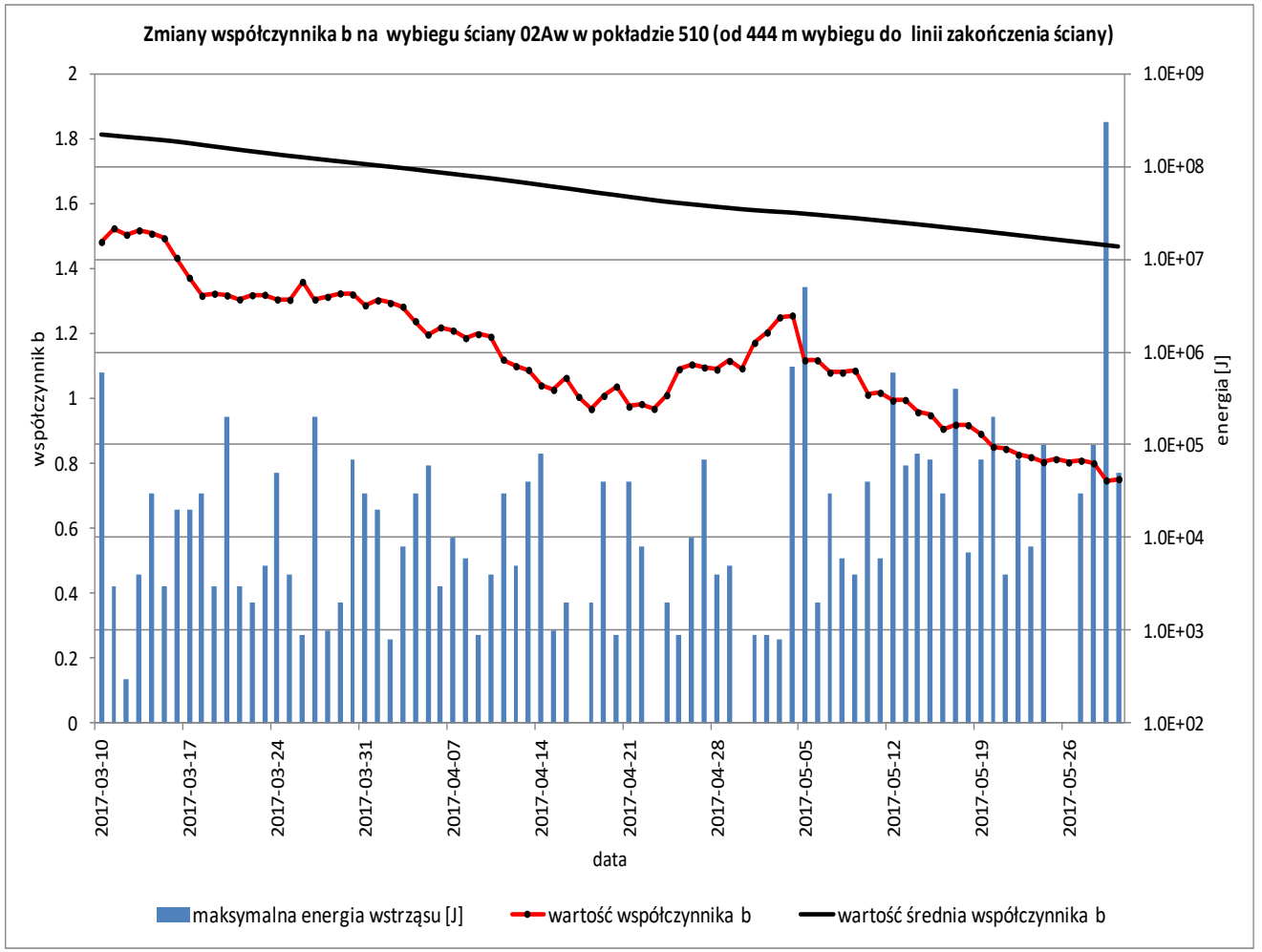
Ściana 02Aw – aktywna tomografia (S1) oraz współczynnik b





Ściana 02Aw – aktywna tomografia (S1) oraz współczynnik b





Metoda oceny stanu zagrożenia sejsmicznego $z_{GR\text{-}TA}$

Parametr 1 oceny stanu zagrożenia sejsmicznego - zmodyfikowana anomalia Gutenberga-Richtera $zA_{G\text{-}R}$

- **sprawdzenie warunku dla obliczonych wartości współczynnika *b* i jego wartości średniej $b_{śr}$ w danym dniu w celu określenia warunku *zb*, czyli składowej oceny stanu zagrożenia sejsmicznego ze względu na zmiany współczynnika *b*,**
- **obliczenie zmodyfikowanej anomalii Gutenberga-Richtera $zA_{G\text{-}R}$**

$$zA_{G-R} = \left[\frac{(b_{śr} - b)}{b_{śr}}\right] \cdot 100\%$$

b - wartość współczynnika ***b*** rozkładu Gutenberga-Richtera,

$b_{śr}$ - średnia wartość współczynnika ***b*** liczona pod początku eksploatacji ścianą

zb warunek	zb waga
$b > b_{śr.}$ oraz $b < 1{,}5$	warunek niespełniony: 1
$b > 1{,}5$	
$b = b_{śr.}$ oraz $b = 1{,}5$	
$b < b_{śr.}$ oraz $b < 1{,}5$	warunek spełniony: 2

zb waga	$zA_{G\text{-}R}$ [%] warunek	$zA_{G\text{-}R}$ waga
1	warunek nie jest sprawdzany	1
2	$zA_{G\text{-}R} < 0$	1
	$zA_{G\text{-}R} < 20$	2
	$zA_{G\text{-}R} < 40$	3
	$zA_{G\text{-}R} \geq 40$	4

Metoda oceny stanu zagrożenia sejsmicznego $z_{GR\text{-}TA}$

Parametr 2 oceny stanu zagrożenia sejsmicznego prędkości propagacji podłużnej fali sejsmicznej w skałach otaczających oznaczono zV_{psmax}

- **wyznaczenie maksymalnych prędkości podłużnej fali sejsmicznej w skałach otaczających zV_{psmax}**

zV_{psmax} [m/s] warunek	zV_{psmax} waga
$zV_{psmax} < 2500$	1
$2500 \leq zV_{psmax} < 3500$	2
$3500 \leq zV_{psmax} < 4500$	3
$zV_{psmax} \geq 4500$	4

Metoda oceny stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA}

zA_{G-R}

zb waga	zA_{G-R} [%] warunek	zA_{G-R} waga
1	warunek nie jest sprawdzany	1
2	$zA_{G-R} < 0$	1
	$zA_{G-R} < 20$	2
	$zA_{G-R} < 40$	3
	$zA_{G-R} \geq 40$	4

+

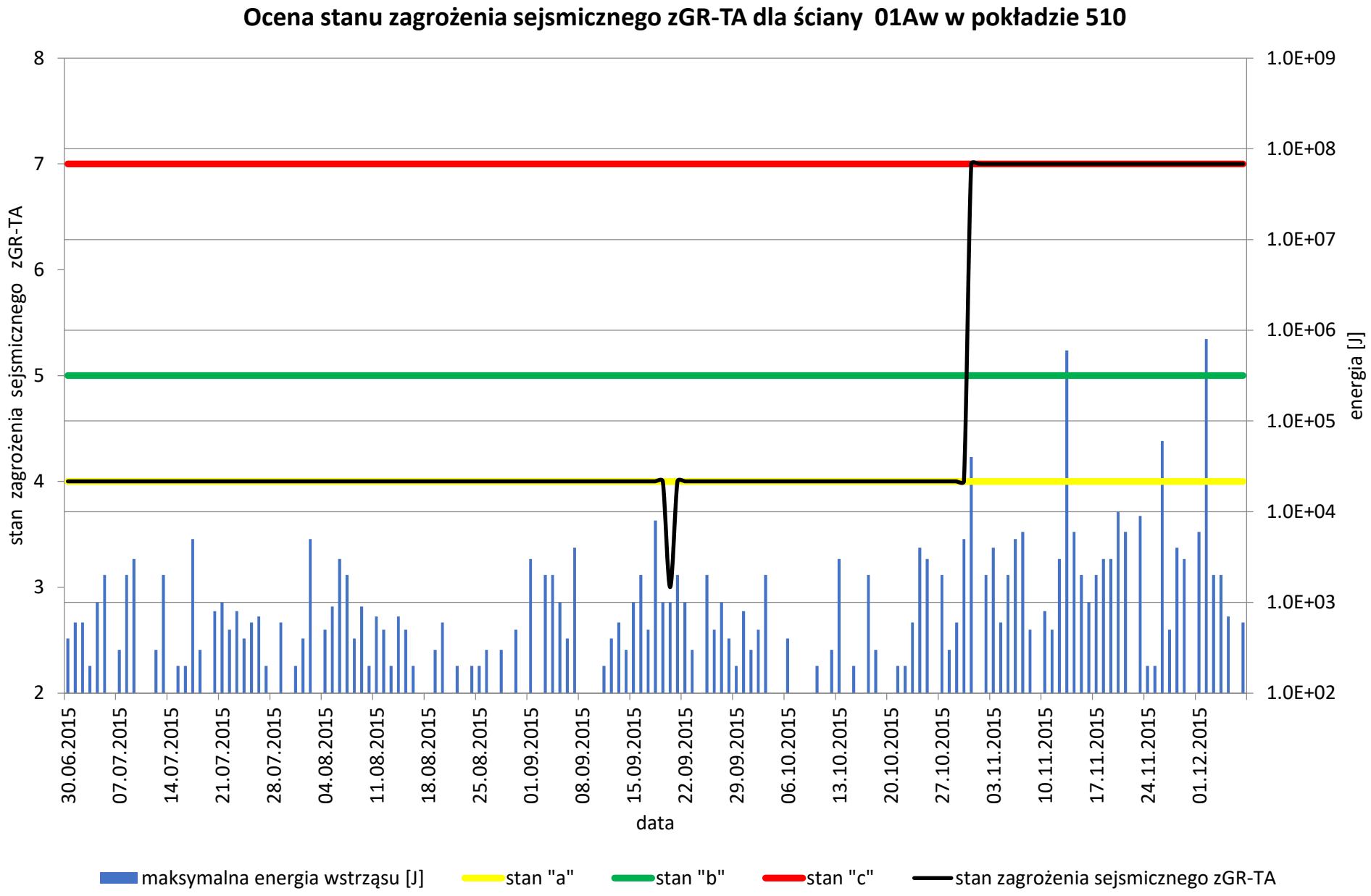
zV_{psmax}

zV_{psmax} [m/s] warunek	zVp_{smax} waga
$zV_{psmax} < 2500$	1
$2500 \leq zV_{psmax} < 3500$	2
$3500 \leq zV_{psmax} < 4500$	3
$zV_{psmax} \geq 4500$	4

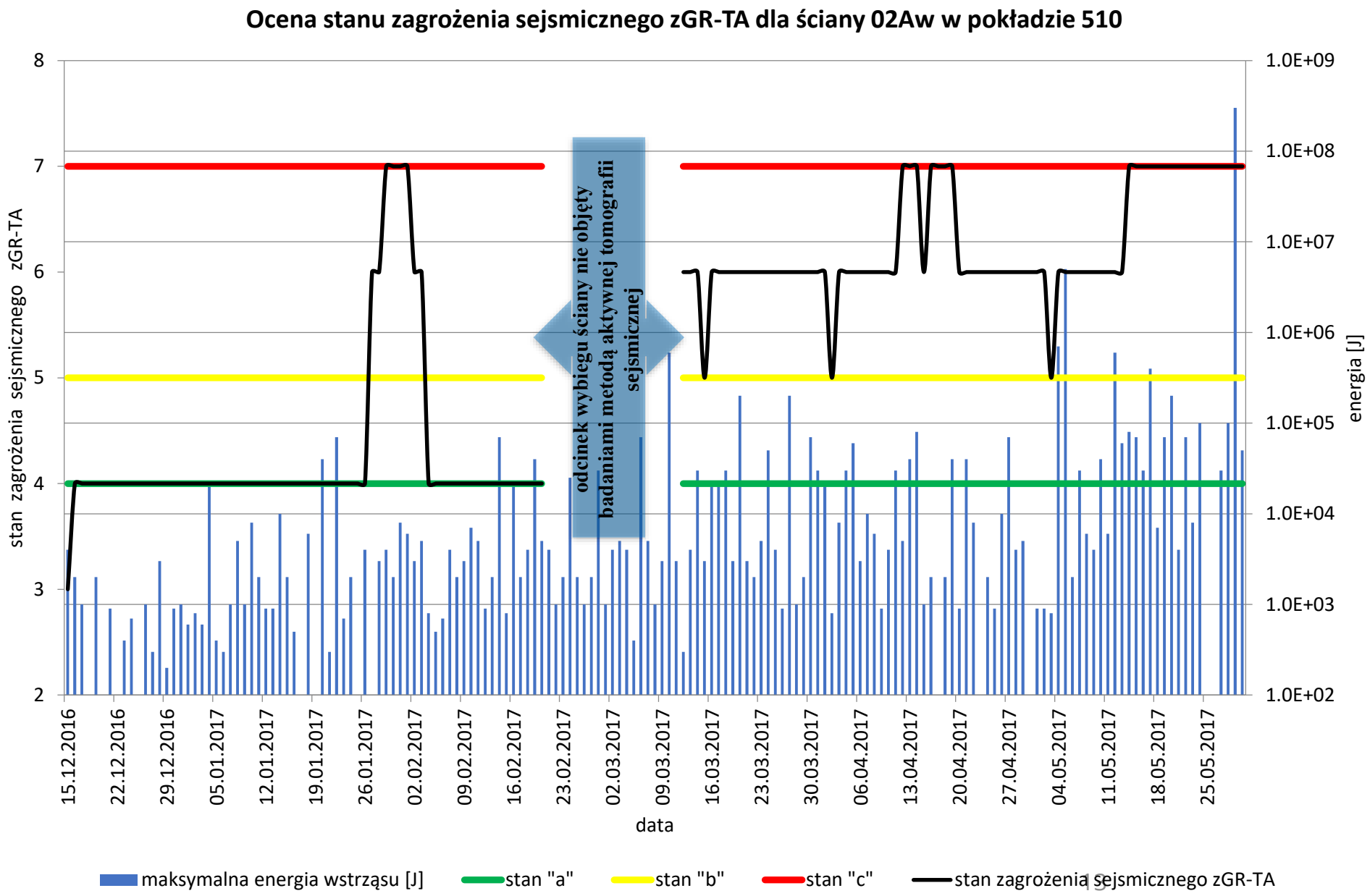
= z_{GR-TA}

suma wag W parametrów 1 i 2	ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA}
$W \leq 4$	„a” (brak zagrożenia)
$4 < W \leq 5$	„b” (słabe zagrożenie)
$5 < W \leq 7$	„c” (średnie zagrożenie)
$W > 7$	„d” (silne zagrożenie)

Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} dla ściany 01Aw



Ocena stanu zagrożenia sejsmicznego z_{GR-TA} dla ściany 02Aw



Wnioski

Zalety:

- ✓ łatwa procedura wykonywania obliczeń
- ✓ możliwość dodatkowej oceny stanu zagrożenia sejsmicznego i zaplanowania ewentualnej profilaktyki
- ✓ możliwość „zautomatyzowania” obliczeń w oparciu o arkusz kalkulacyjny
- ✓ możliwość wykorzystania w innych zakładach górniczych

Ograniczenia:

- ✓ odpowiednio liczebne katalogi wstrząsów
- ✓ dokładność wykonania badań metodą geotomografii

Dziękuję za uwagę









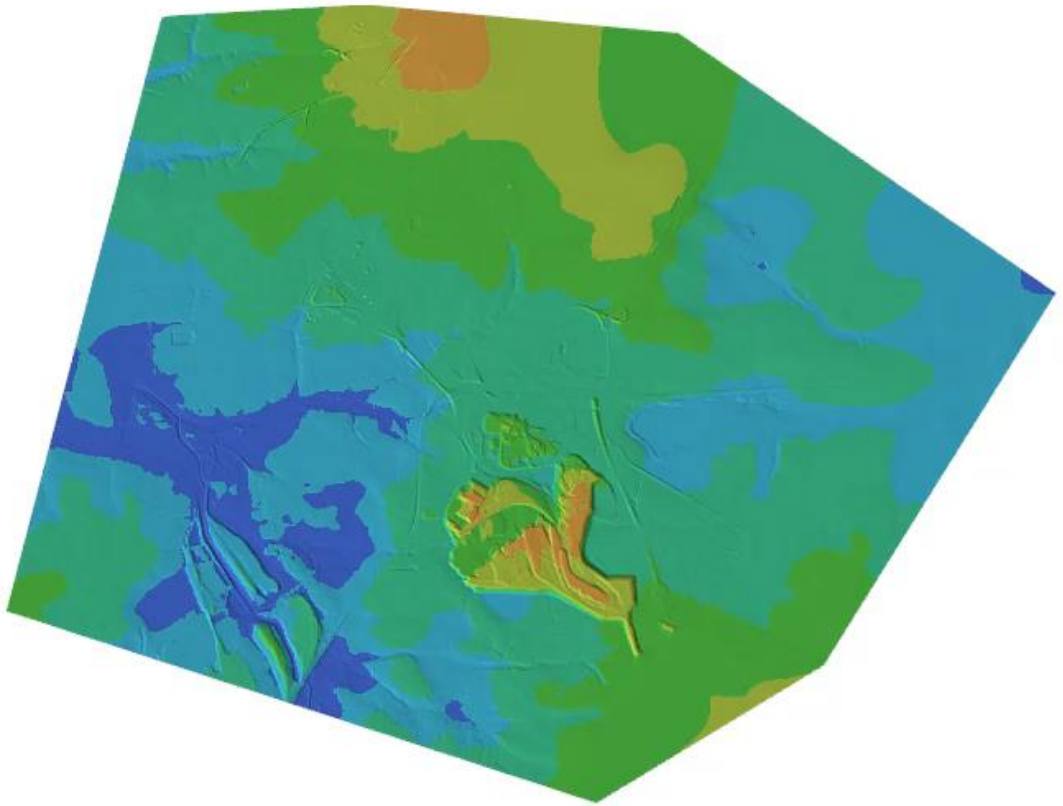


Zintegrowany system projektowania i harmonogramowania eksploatacji

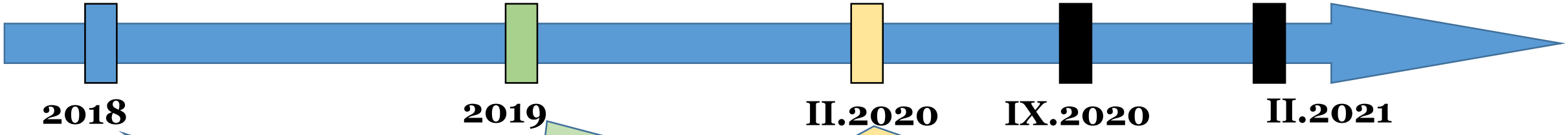
Joanna Kuchenbecker-Gacka
JSW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowice”
Tomasz Frycz
JSW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowice”
Dominik Galica
IGSMiE PAN

27-29 września 2021

Cyfrowy model złoża



Oś czasu:



Pierwsza prezentacja na konferencji SEP modułu Deswik do obliczania wpływów eksploatacji wersja „α”.

Pomoc w projektowaniu –obliczamy wpływ projektowanej eksploatacji na powierzchnię terenu

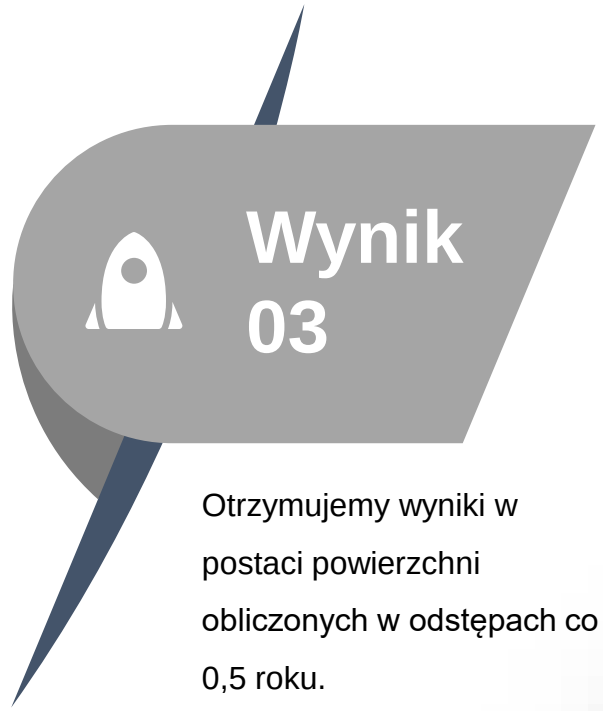
Moduł z funkcją do obliczania prognozowanych wpływów eksploatacji górniczej



Wczytujemy numeryczny model powierzchni terenu i generujemy powierzchnię.



Obliczamy deformację korzystając z automatycznej analizy przy wykorzystaniu stożka poszukiwań.



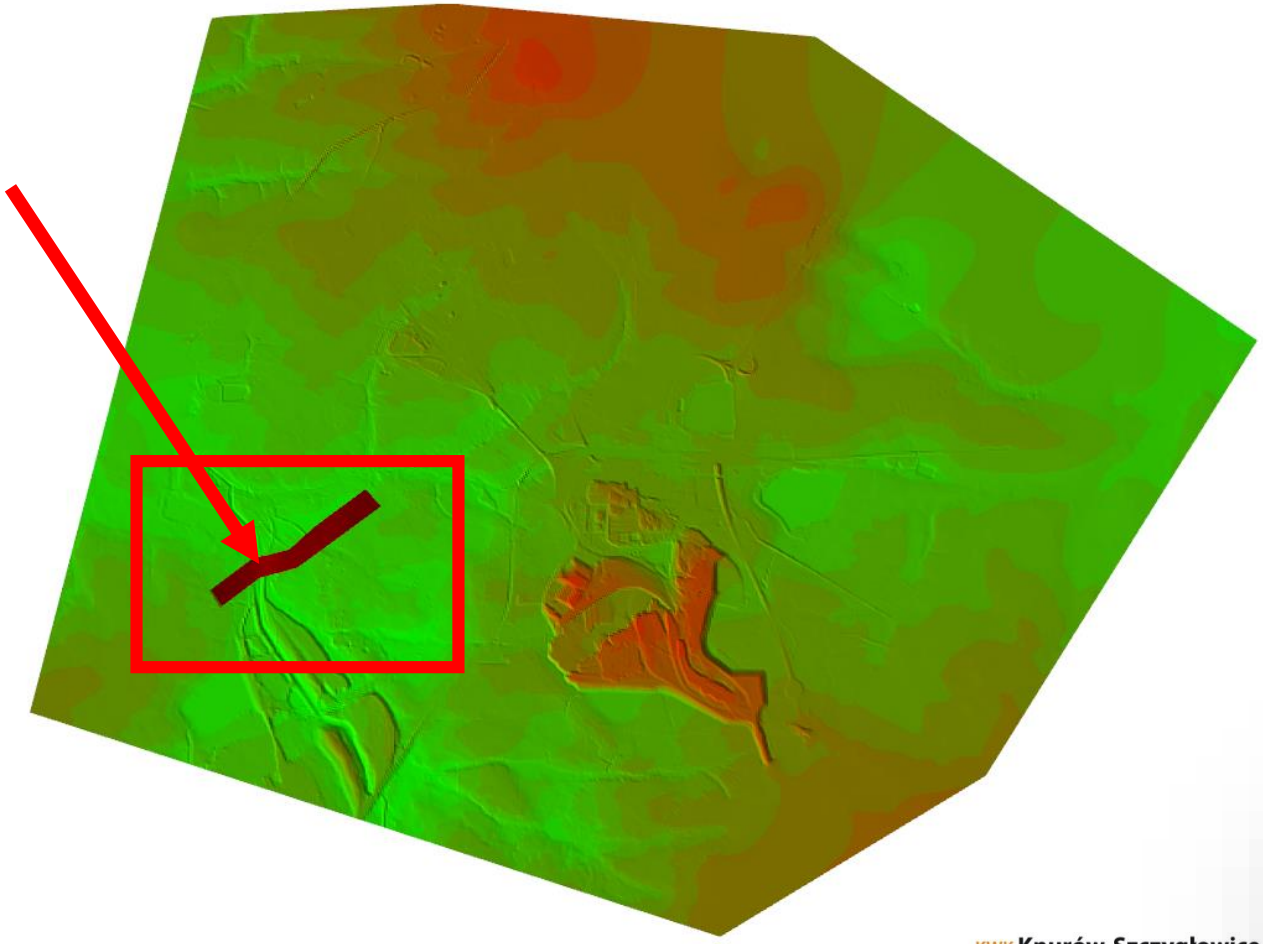
Otrzymujemy wyniki w postaci powierzchni obliczonych w odstępach co 0,5 roku.

Prezentacja pierwszych prób- obliczamy wpływ projektowanej eksploatacji na powierzchnię terenu

Wczytano numeryczny model powierzchni terenu w siatce 20m, którą poddano dalszej analizie.

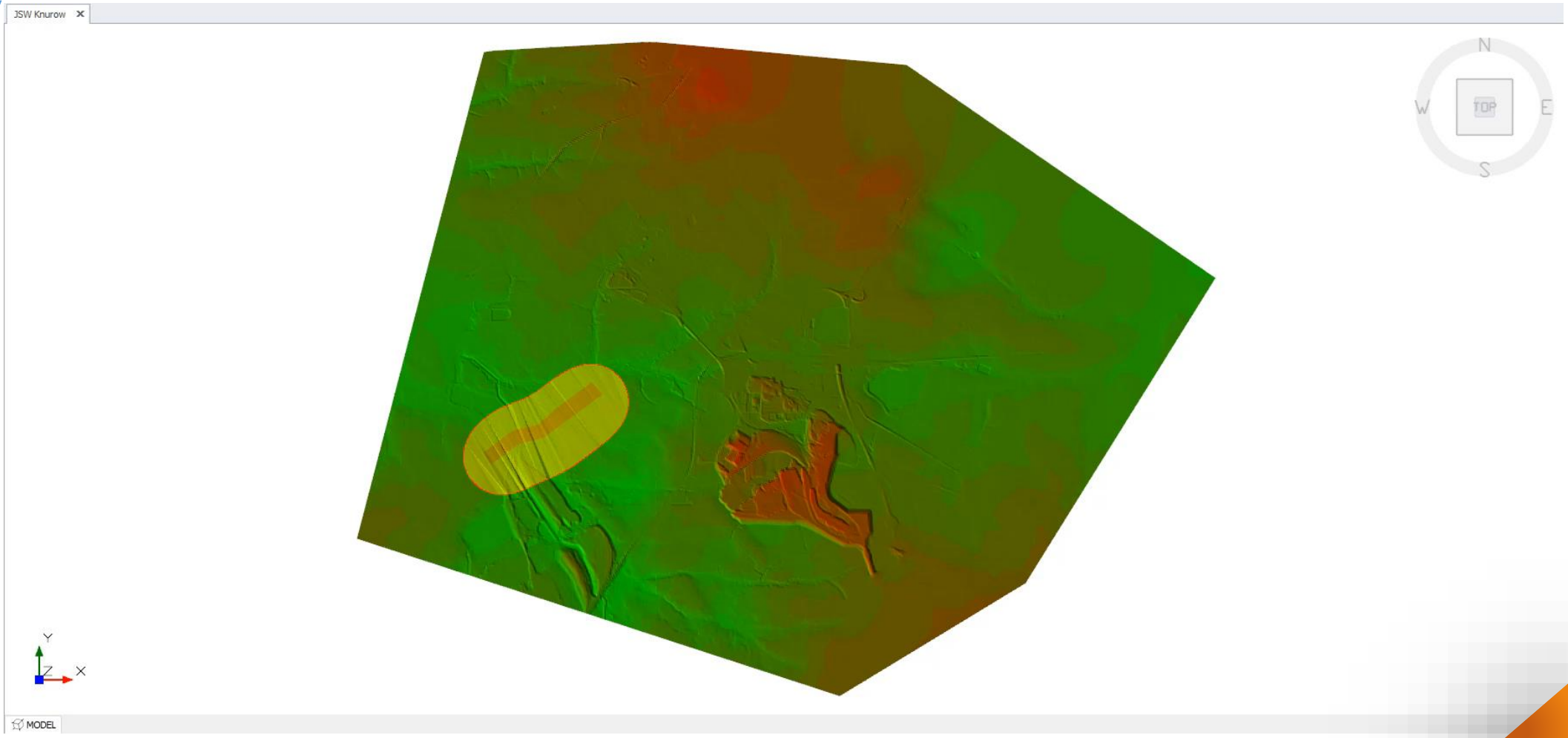
NMT 01

Analizowany obszar



Prezentacja pierwszych prób- obliczamy wpływ projektowanej eksploatacji na powierzchnię terenu

NMT 01



Prezentacja pierwszych prób- obliczamy wpływ projektowanej eksploatacji na powierzchnię terenu

Dla obliczenia prognozowanych wpływów projektowanej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu wykorzystano teorię Budryka-Knothego. W dalszej analizie skorzystano z metody opisanej przez G.Ren, D.J. Reddish, B.N. Whittaker (Subsidence Influence Function).

Obliczenia 02

Analizie poddaje się pojedynczy blok eksploatowanej ściany o wymiarach: 10 x 10 x miąższość, a następnie oblicza deformacje biorąc pod uwagę stożek poszukiwań pod kątem ζ .

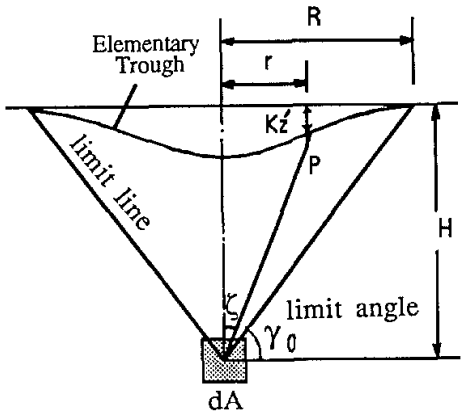


Fig. 1. Influence function definition: extraction based.

Stochastic influence function:

$$K_z = \frac{1}{R^2} e^{-\frac{\pi r^2}{R^2}}$$

R = the radius of influence circle, and
r = the radial distance from point P.

Prezentacja pierwszych prób- obliczamy wpływ projektowanej eksploatacji na powierzchnię terenu

Analiza stożka poszukiwań pod kątem ζ . Gdzie $dV_{xy}=\tan \zeta \, dV_z$

Obliczenia 02

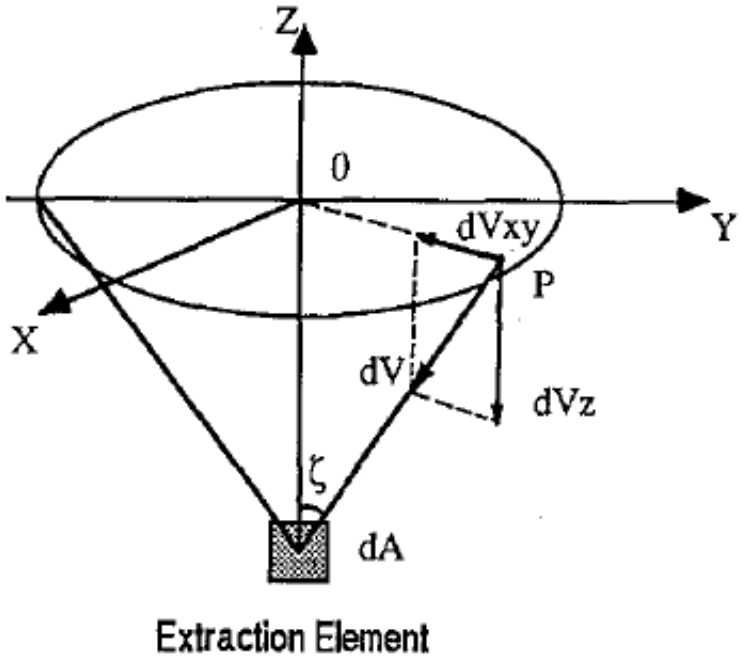


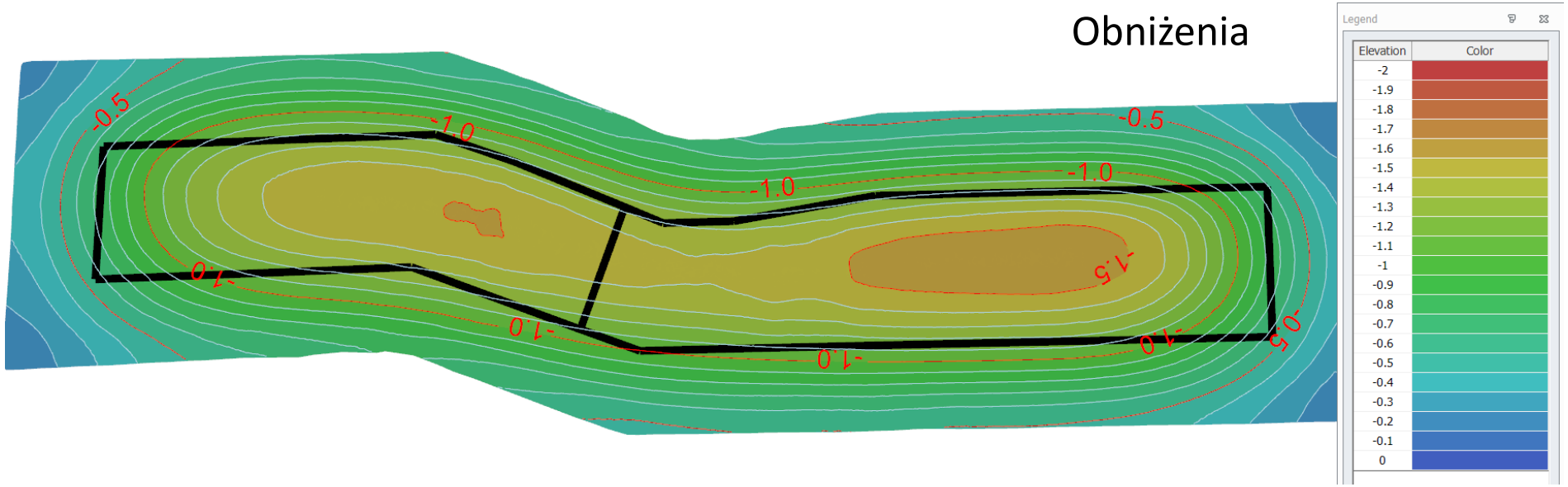
Fig. 4. Schematic representation of focal point theory.

ζ - jest to kąt pomiędzy osią pionową Z a linią łączącą punkt powierzchni P z pojedynczym blokiem ekstrakcyjnym dA.

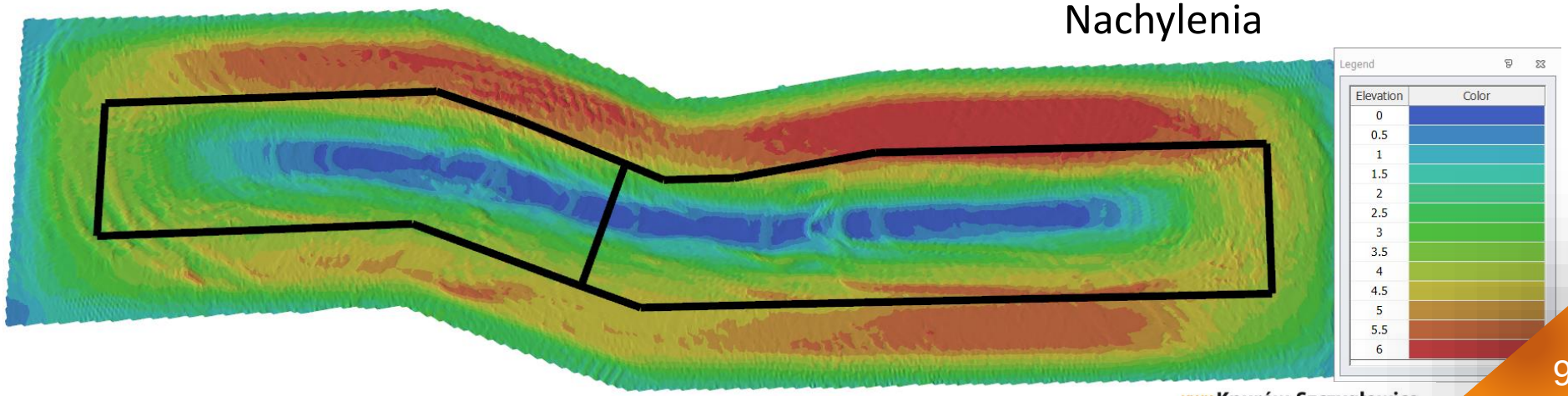
Prezentacja pierwszych prób- obliczamy wpływ projektowanej eksploatacji na powierzchnię terenu

Obliczenia
02

Obniżenia



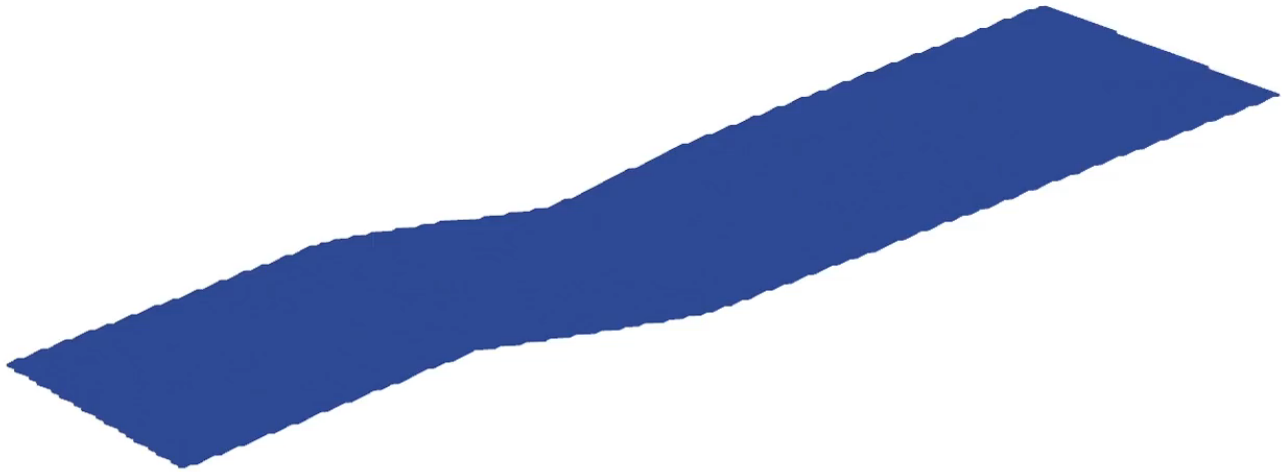
Nachylenia

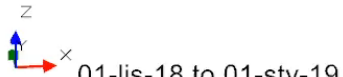


Prezentacja pierwszych prób- obliczamy wpływ projektowanej eksploatacji na powierzchnię terenu

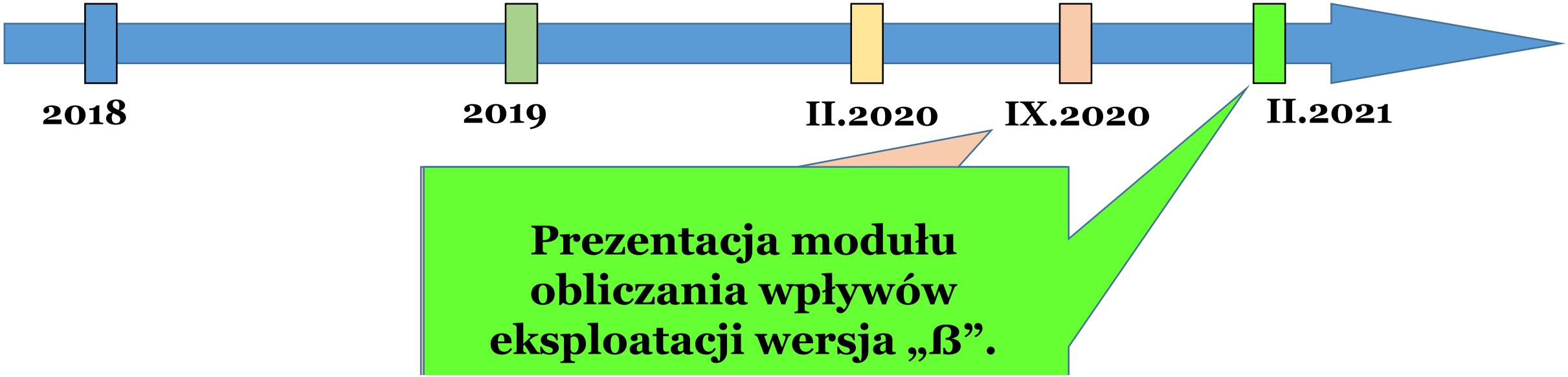
Weryfikacji poddano obniżenia i nachylenia, a prace nad przemieszczeniami, asymetrią wpływów i obrzeżem przesunięto do dalszych prac. Poglądowo narzędzie przydatne i dające oczekiwane rezultaty.

Wynik 03

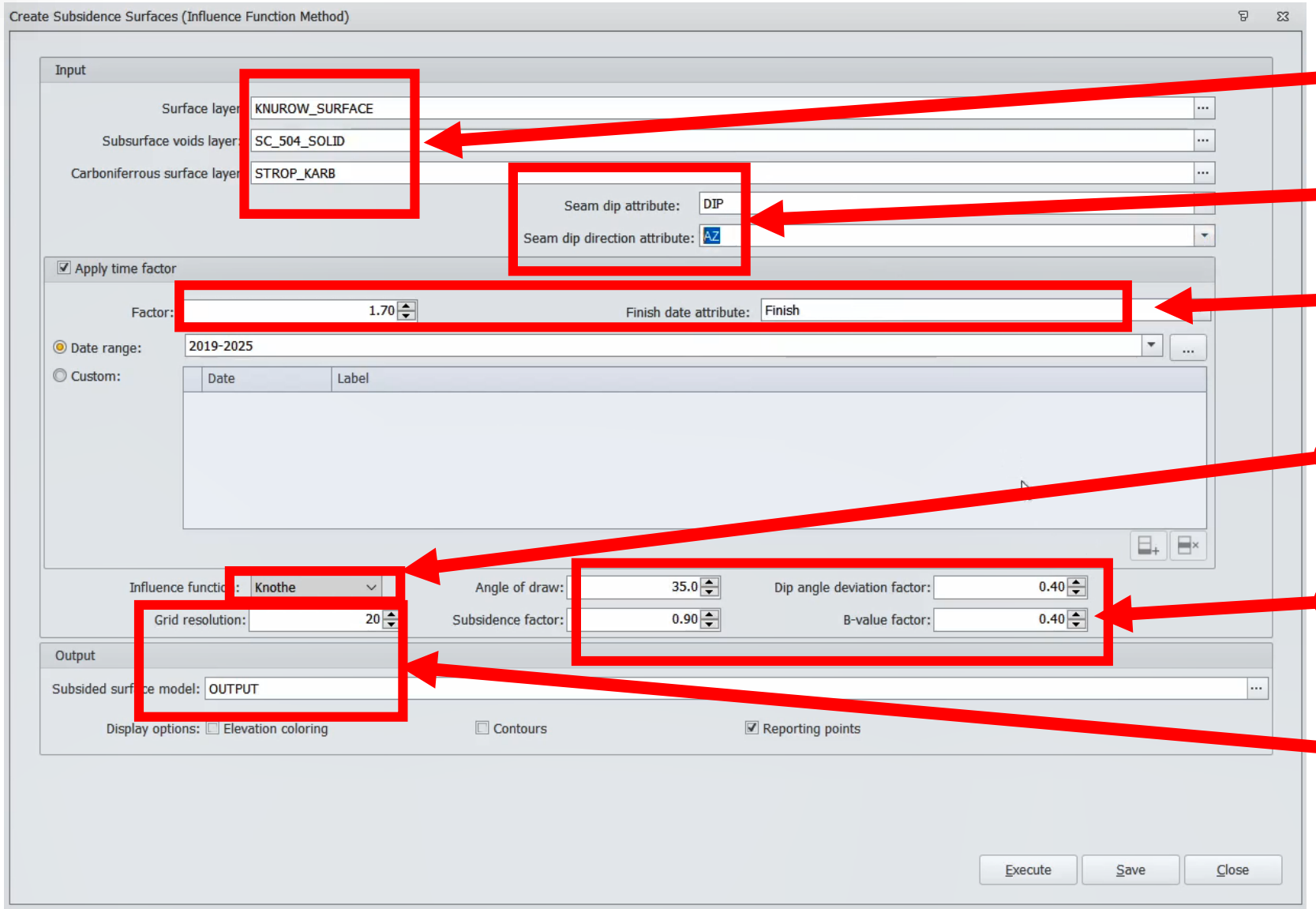




Oś czasu:


2018
2019
II.2020
IX.2020
II.2021
Prezentacja modułu obliczania wpływów eksploatacji wersja „ß”.
Create Subsidence Model (Early Access)
Generate a set of subsided surfaces based on an initial topography and input mined out voids.
Under Construction
Early Access License Required

Ważniejsze ustawienia



Model powierzchni

Model pokładu

Model stropu karbonu

Atrybuty

Współczynnik czasu

Funkcja:

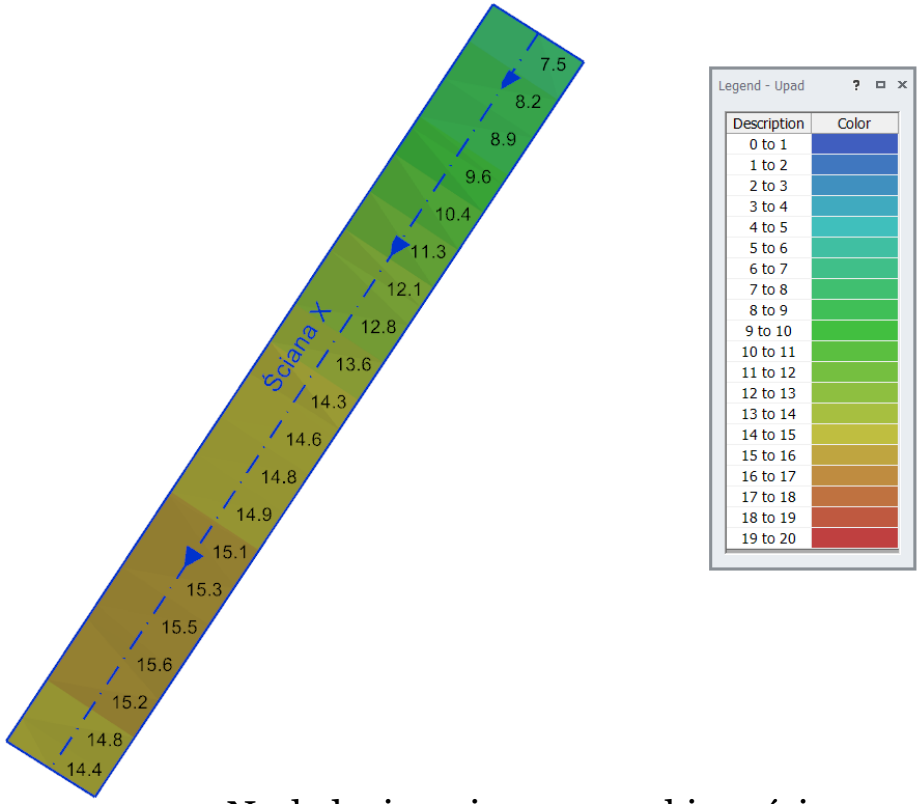
$$\Delta Z = \iint a_0 \frac{1}{R^2} e^{-\frac{\pi r^2}{R^2}}$$

Parametry główne

Rozdzielczość siatki i powierzchnia wynikowa

Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

Działanie modułu przetestowane zostało na przykładzie ściany X.



Nachylenie zmienne na wybiegu ściany

Ważniejsze parametry ściany:

- Głębokość: ok. 720 m
- Wysokość furty: 2.1 m
- Wybieg: 1960 m
- Długość: 240 m
- Upad: 8-16 stopni
- Azymut upadu: ok. 125 stopni
- Współczynnik eksploatacyjny a: 0.90

Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

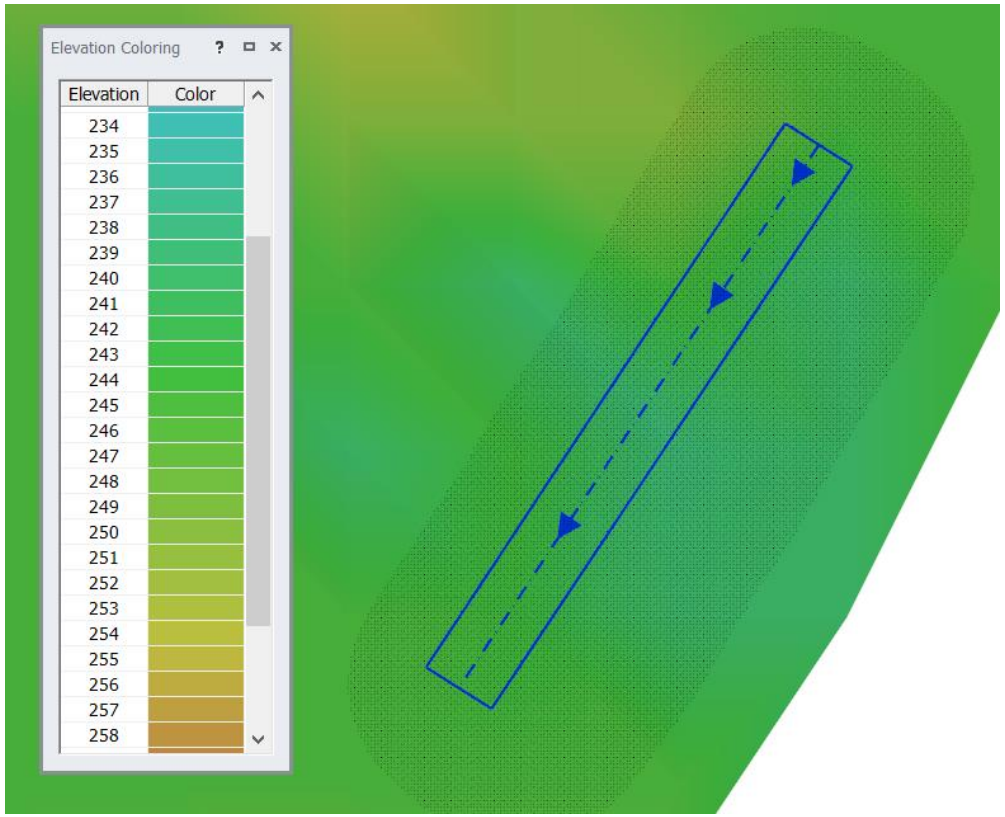
Parametry przyjęte do obliczeń:

- tgβ = 2.0
- Współczynnik dewiacji = 0.7
- B/r=0.32
- Strop karbonu z pliku sg
- Powierzchnia terenu z pliku sg

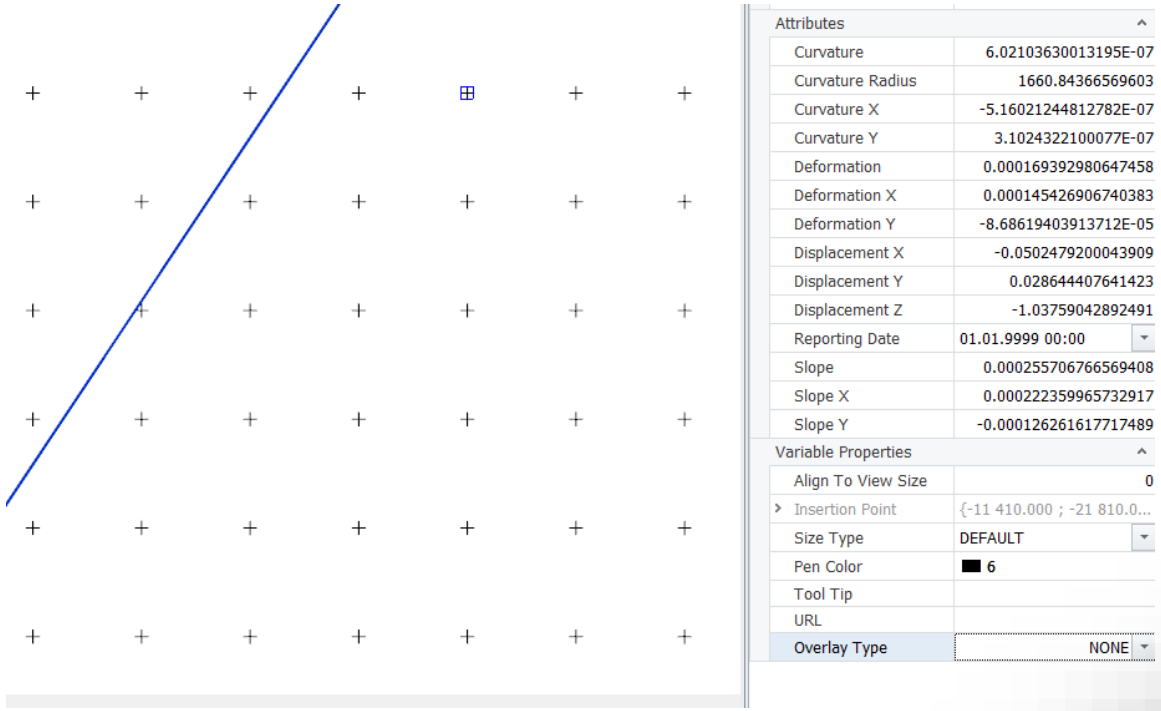


Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

Wynikowa powierzchnia terenu

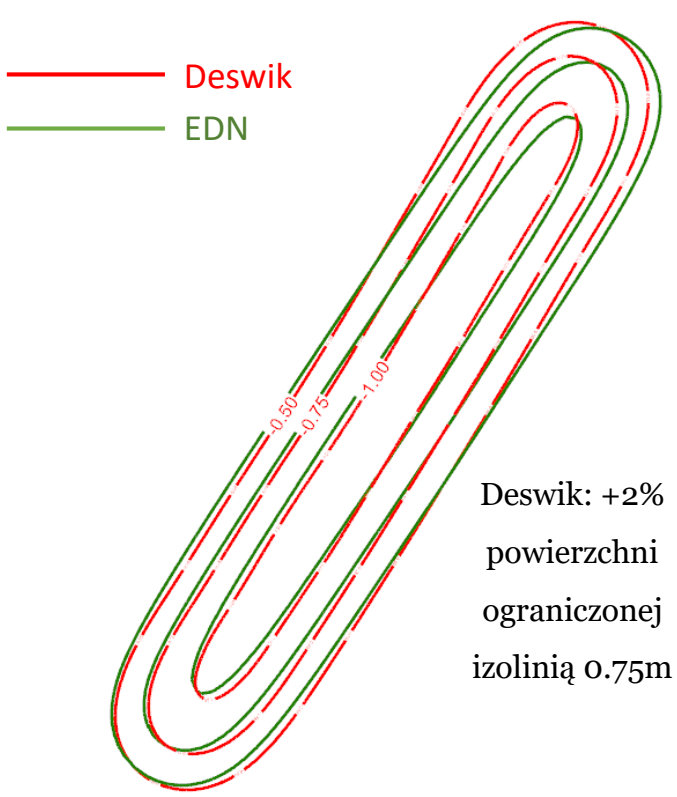


Punkty raportowe ze wskaźnikami deformacji



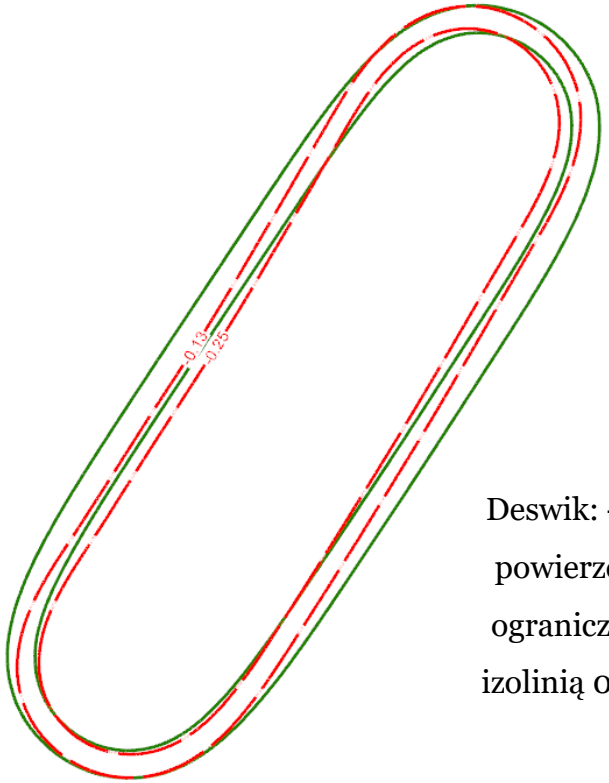
Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

Porównanie przebiegu izolinii obniżeń



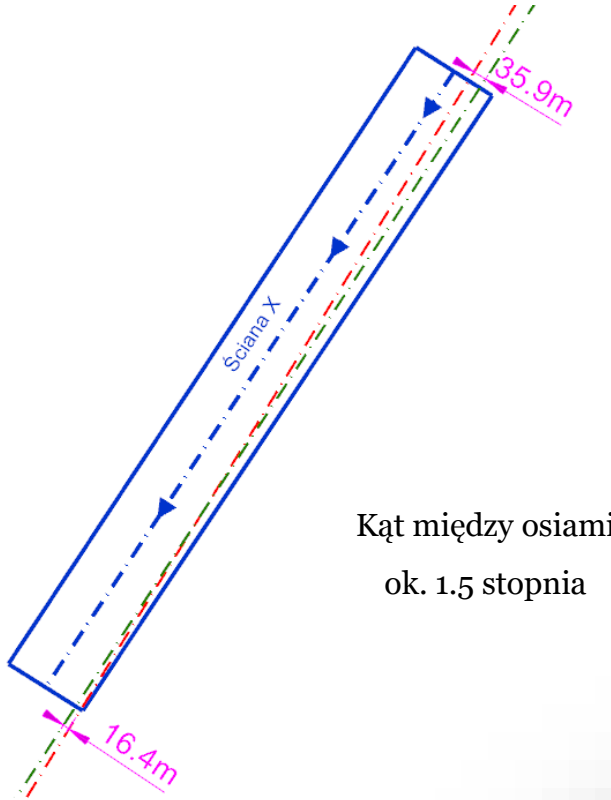
Deswik: +2% powierzchni ograniczonej izolinią 0.75m

Izolinie obniżeń 1.00, 0.75, 0.50m



Deswik: -12% powierzchni ograniczonej izolinią 0.13m

Izolinie obniżeń 0.25, 0.13m

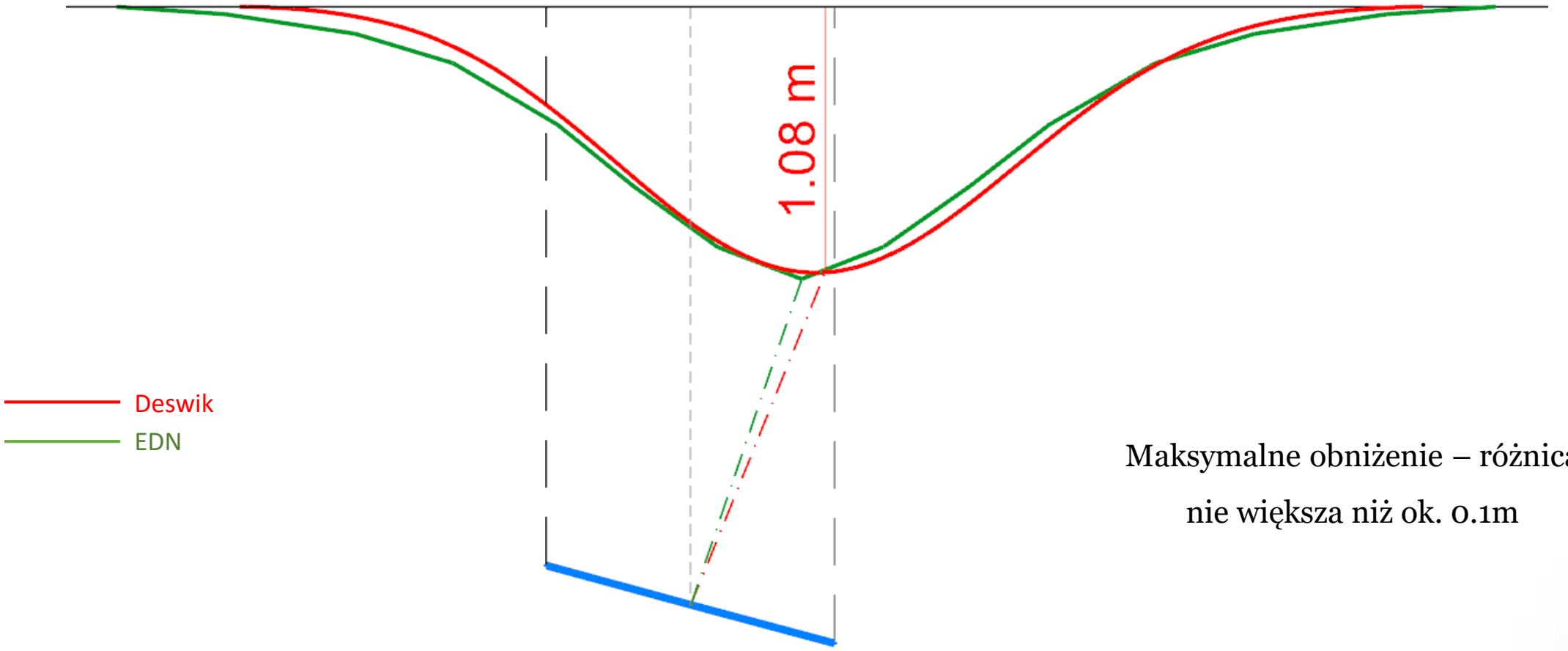


Kąt między osiami ok. 1.5 stopnia

Skręcenie osi z powodu zmiennych nachyleń

Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

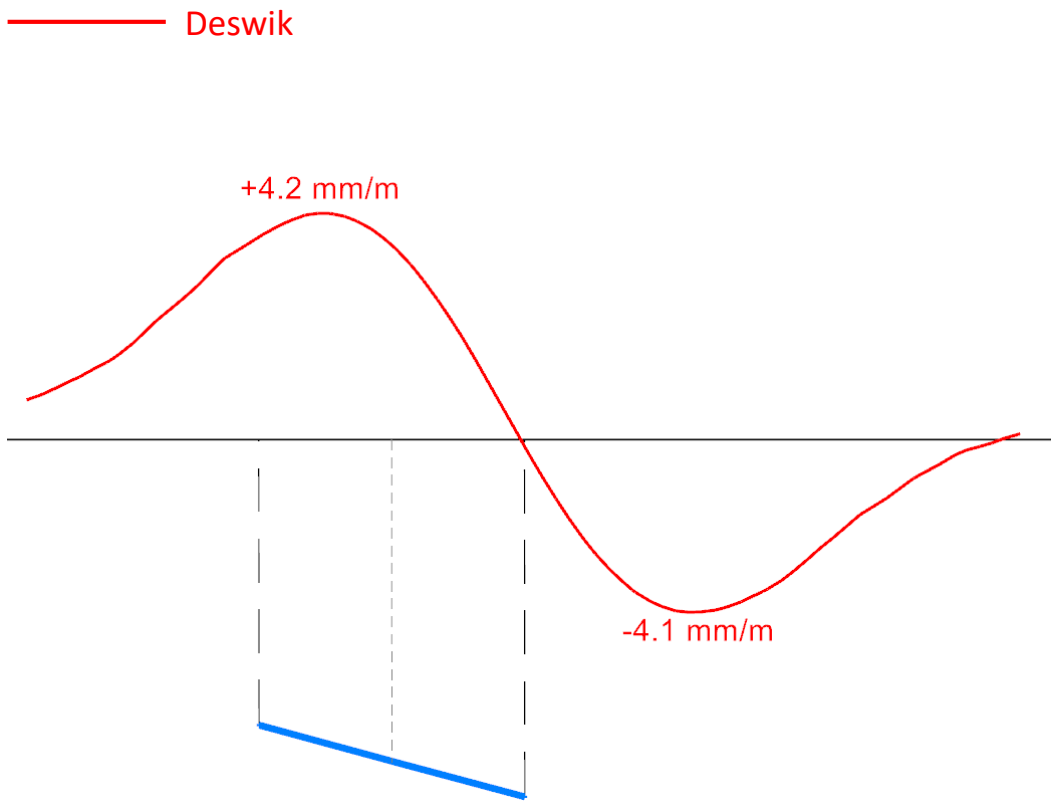
Przekrój poprzeczny – wykres obniżeń

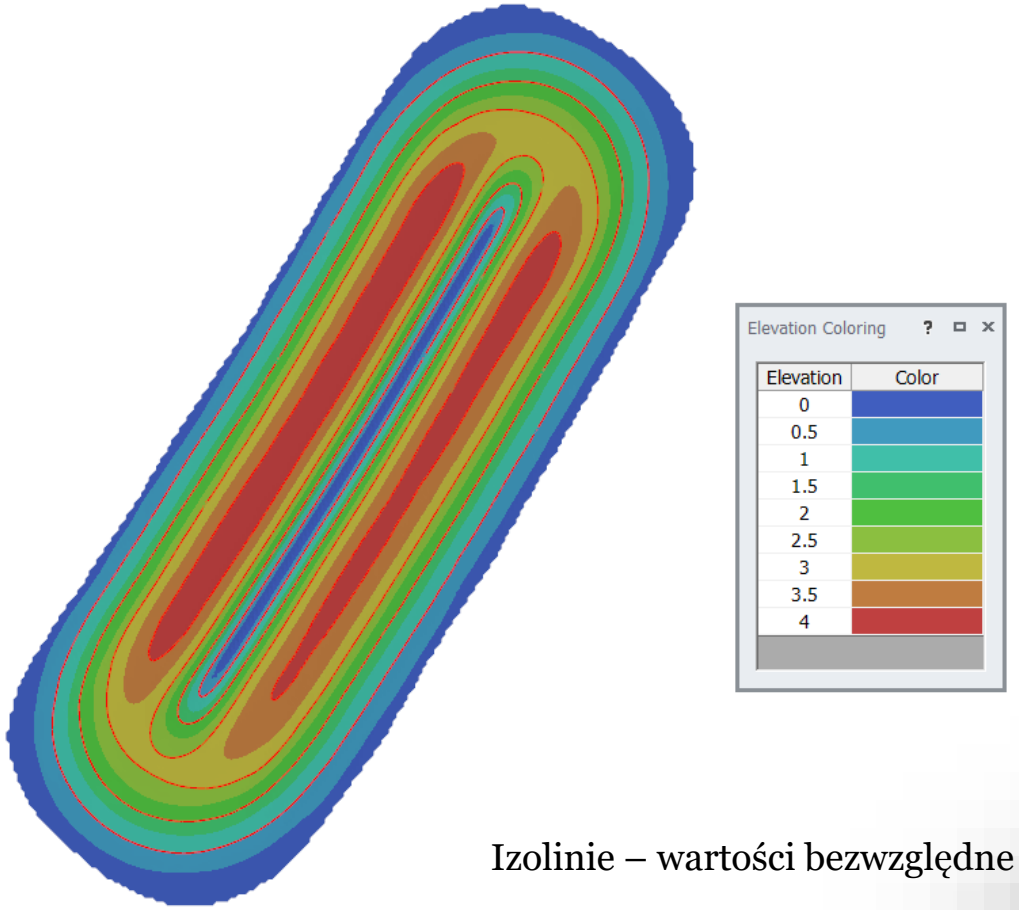


Maksymalne obniżenie – różnica nie większa niż ok. 0.1m

Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

Przekrój poprzeczny – nachylenia maksymalne

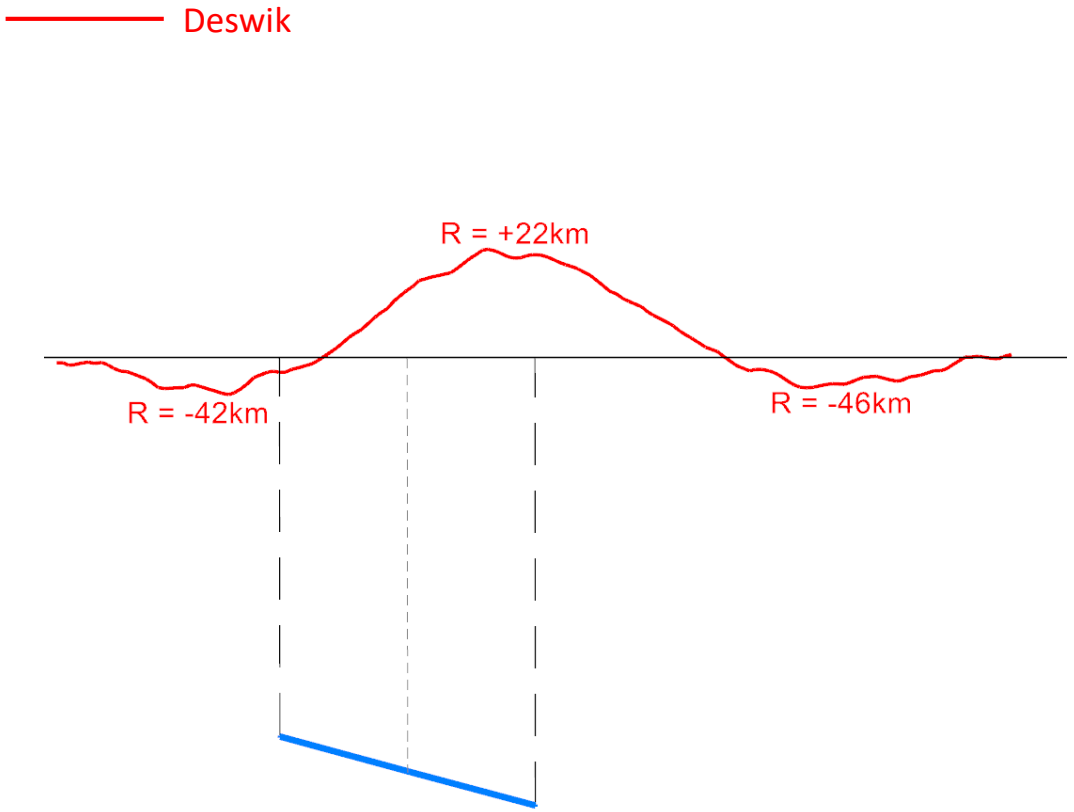


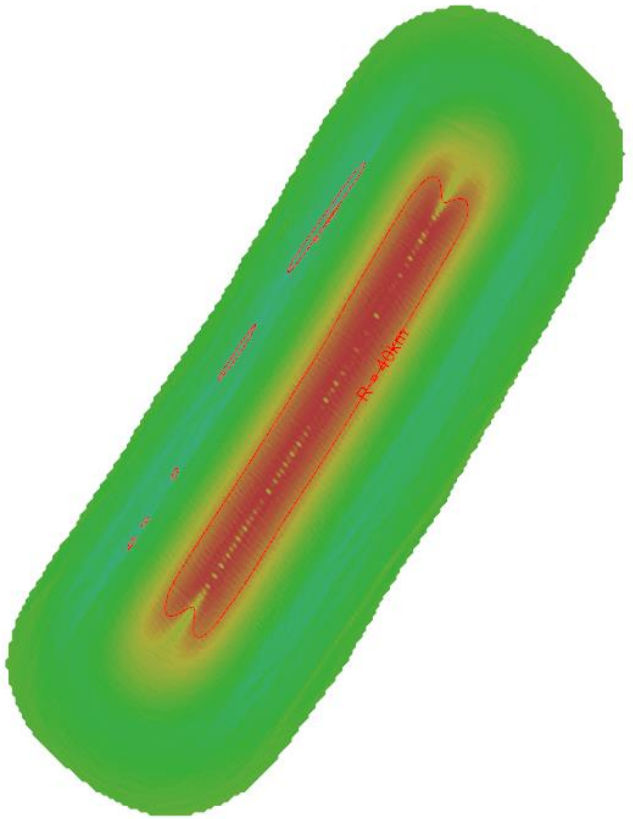


Izolinie – wartości bezwzględne

Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

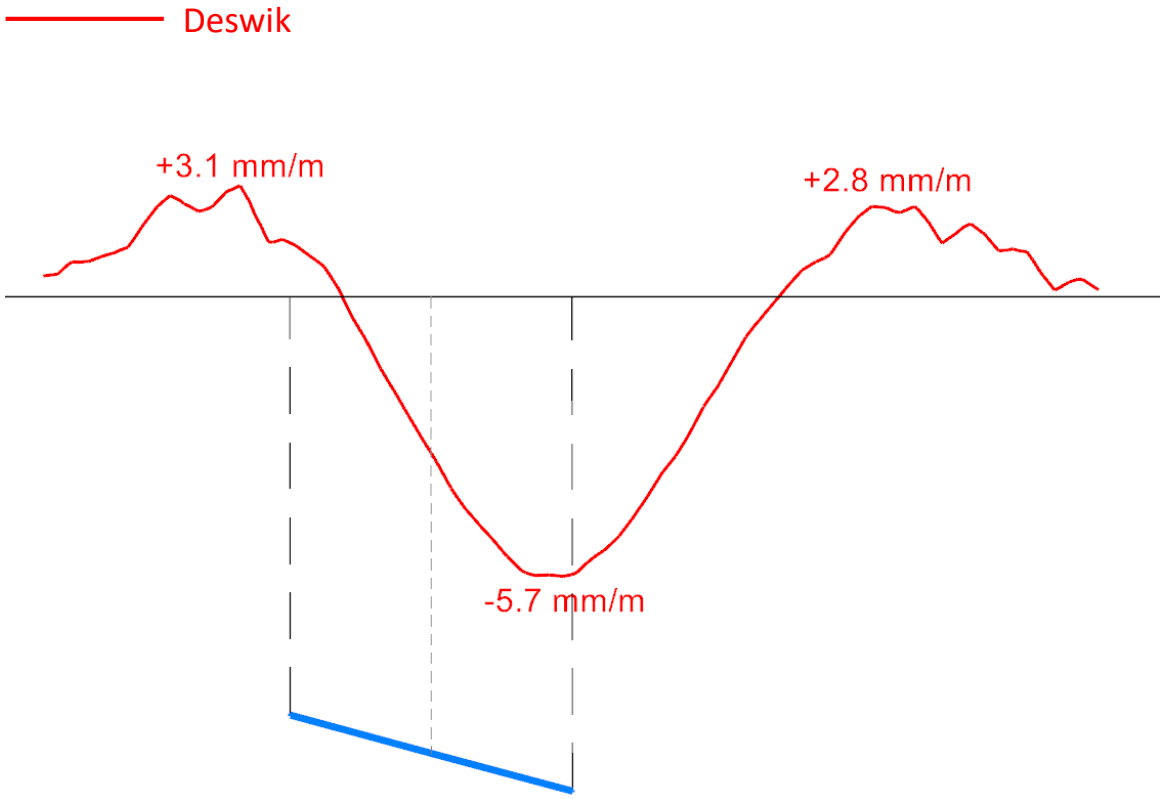
Przekrój poprzeczny – krzywizna, promień krzywizny

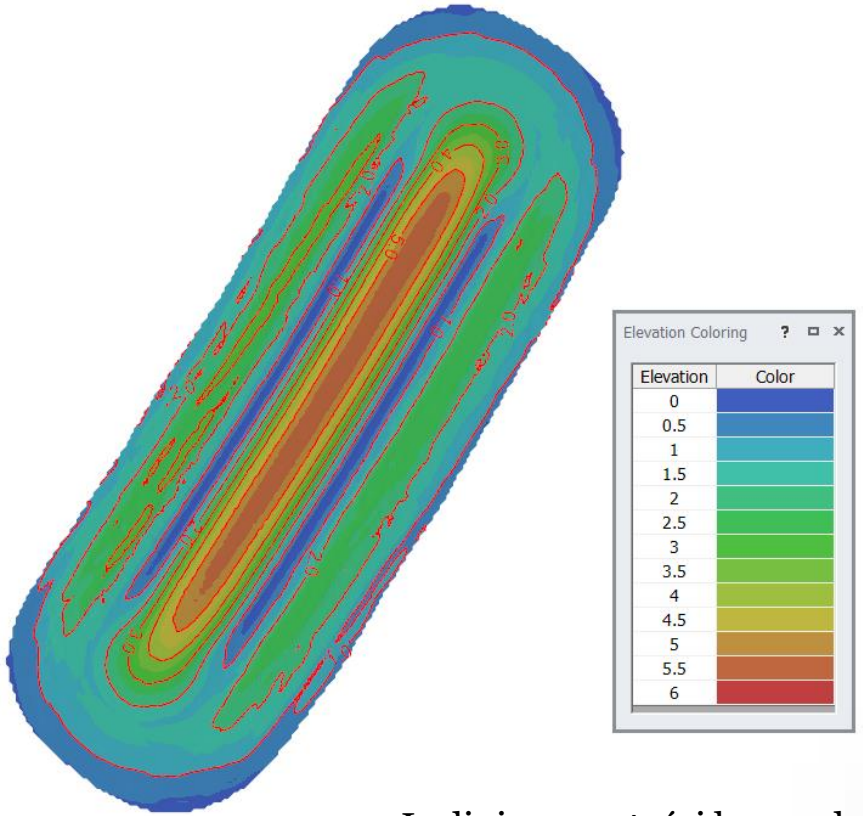




Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

Przekrój poprzeczny – odkształcenia maksymalne

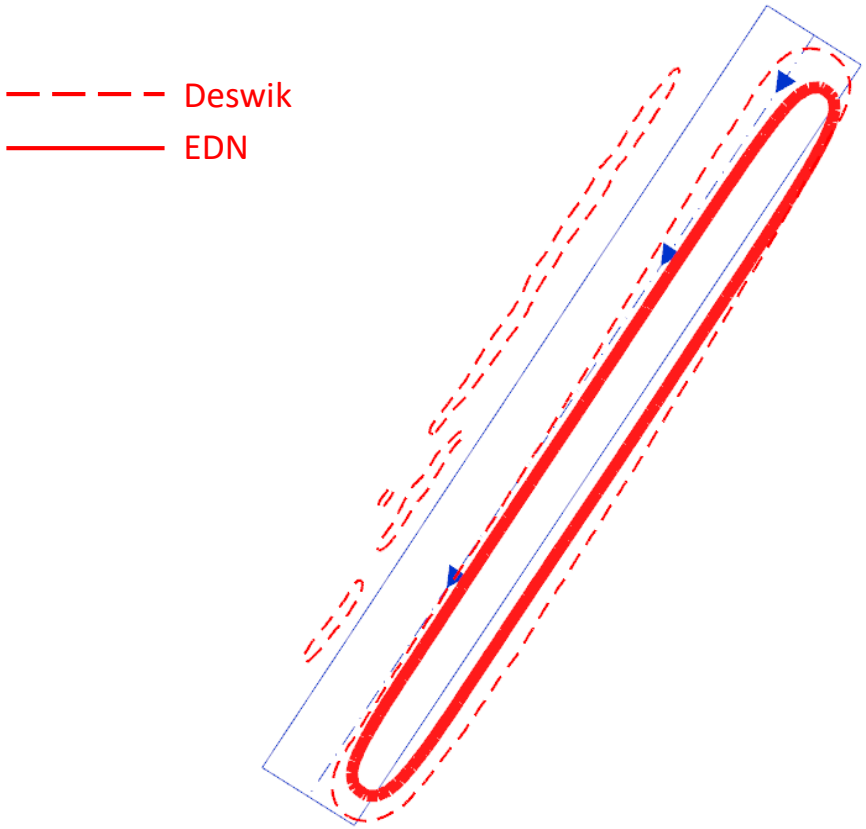




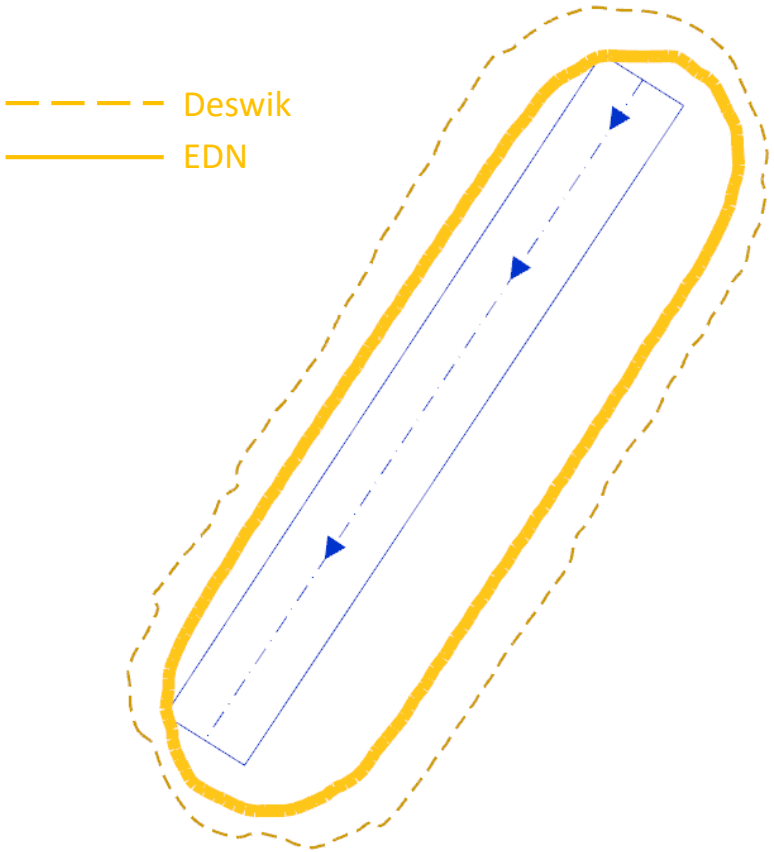
Izolinie – wartości bezwzględne

Porównanie wyników obliczeń modułu do rozwiązania referencyjnego

Kategorie terenu górniczego



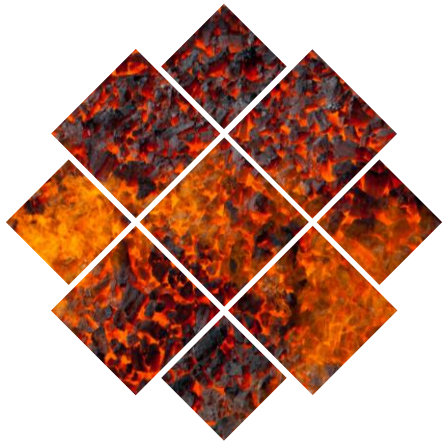
Różnice w przebiegu granicy kategorii III



Różnice w przebiegu granicy kategorii II

WNIOSKI:





- Moduł jest funkcjonalny,
- Integracja ze środowiskiem Deswik pozwala w prosty sposób wykorzystać go podczas projektowania i harmonogramowania eksploatacji,
- Wyniki obliczeń są porównywalne do rozwiązania referencyjnego, obliczona niecka jest prawie identyczna,
- Moduł powinien znaleźć zastosowanie szczególnie na poziomie Biura Przygotowania Produkcji,
- Moduł ciągle jest jeszcze w wersji przedprodukcyjnej i będzie podlegał rozbudowie.

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ

Dominik Galica
IGSMiE PAN
dgalica@min-pan.krakow.pl

Joanna Kuchenbecker-Gacka
St. Inspektor PP JSW S.A.
jogacka@jsw.pl

Tomasz Frycz
Kierownik Działu PP JSW S.A.
tfrycz@jsw.pl





Jastrzębska Spółka Węglowa SA

Aleja Jana Pawła II 4
44-330 Jastrzębie-Zdrój

tel.: +48 32 **756-41-13** , *fax:* +48 32 **476-26-71**
www.jsw.pl , jsw@jsw.pl

Doświadczenia Zakładu Górniczych Robót Inwestycyjnych w zakresie przebudowy skrzyżowań na przykładzie zabudowy skrzyżowania typu PORTAL w KWK „Ruda" Ruch Bielszowice

K. Kuczowicz, T. Śpiewak, P. Sikora
PGG S.A. Oddział Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych

STRESZCZENIE: W referacie przedstawiono prace związane z przebudową skrzyżowania Przekopu południowo-równoległego i Przekopu południowego na poziomie 1000 m w KWK Ruda Ruch Bielszowice oraz przyległych odcinków wyrobisk poprzez zabudowę skrzyżowania typu PORTAL wykonane przez PGG S.A. Oddział Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych. W pracy przedstawiono opis konstrukcji obudowy portalowej oraz szczegóły wykonanych prac, co przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa i utrzymania ww. wyrobisk.

SŁOWA KLUCZOWE: Przebudowa, obudowa portalowa, Przekop

1. WSTĘP

1.1. *Charakterystyka ZGRI*

Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych z siedzibą w Bieruniu jest specjalistyczną Jednostką Organizacyjną PGG S.A wykonującą na rzecz kopalń usługi górnicze w zakresie robót przygotowawczych, przebudowy oraz odtworzenia wyrobisk, a także robót wiertniczych pod kątem odmetanowania oraz szybowych. Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych rozpoczął swoją działalność 1 listopada 1997 r. jako jednostka organizacyjna w ramach Nadwiślańskiej Spółki Węglowej S.A. Wraz z restrukturyzacją sektora górniczego, od 2003 roku Zakład funkcjonował w strukturach Kompanii Węglowej, a od 2016 roku – w strukturach Polskiej Grupy Górniczej S.A.

W obecnym okresie prace związane z przebudową oraz odtworzeniem wyrobisk prowadzone są przez specjalistyczny Oddział GZL Zakładu Górniczych Robót Inwestycyjnych, świadczący usługi w KWK Ruda Ruch Bielszowice, gdzie wykonujemy przebudowę istniejącego i zabudowę nowego skrzyżowania portalowego w Przekopie południowym i południowo-równoległym na poziomie 1000, co jest tematem tego referatu. Jest to pierwsza taka przebudowa skrzyżowania typu portalowego wykonana przez Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych.

1.2. *Wprowadzenie – cel pracy*

W KWK Ruda Ruchu Bielszowice występujące wody zmineralizowane powodują korozję obudowy wyrobisk korytarzowych co przyczynia się do utraty ich stateczności. Z tego powodu występuję konieczność wykonania przebudowy tych wyrobisk w szczególności rejonów skrzyżowań i rozwidleń głównych dróg transportowych i wentylacyjnych. Celem wykonanej pracy była przebudowa istniejącego, mocno skorodowanego skrzyżowania Przekopu południowego z Przekopem południowo-równoległym na poziomie 1000 m wraz z przyległymi odcinkami, dla utrzymania ww. wyrobisk, które stanowią główną nitkę odstawy urobku, transportu maszyn kolei podwieszanej oraz dróg wentylacyjnych.

1.3. *Opis warunków geologiczno-górniczych w rejonie wykonanej przebudowy*

Rejon wykonywanych prac obejmuje swoim zasięgiem Przekop południowo-równoległy poziom 1000 m na odcinku 50 m na północny zachód i na południe od napędu nr 3 głównej odstawy taśmowej. Rozciągłość warstw w rejonie projektowanych robót posiada kierunek od E–W do NE–SW, a upad warstw kształtuje się w granicach 0–15º. Na przedmiotowym odcinku Przekop południowo-równoległego poziom 1000 m prowadzony był w warstwach piaskowca i łupku piaszczystego oraz brekcji tektonicznej związanej ze strefą uskokową o zrzucie 25 m kształtując się na wybiegu wykonywanej przebudowy. W przekroju Przekopu południowo-równoległego poziom 1000 m występują warstwy łupku ilastego, łupku piaszczystego oraz warstwy węgla o miąższości 0,3 m. Skrzyżowanie Przekopu południowo-równoległego z Przekopem południowym wykonane jest w warstwie piaskowca o miąższości w przedmiotowym rejonie około 23 m, nad którą występuje warstwa łupku ilastego, a następnie w odległości około 10 m nad skrzyżowaniem występuje węgiel pokładu 502 o miąższości około 2,45 m.

Zagrożenia naturalne występujące w rejonie wykonywanych prac: I kategoria zagrożenie metanowe, klasa B wybuchu pyłu węglowego oraz I stopień zagrożenia wodnego.

Powyżej ani poniżej projektowanych robót pokładów nie eksploatowano. Prowadzone pracę w całości wykonywane są w całości w filarach ochronnych dla przekopów na poziomie 516 m, 642 m, 840 m.

2. REALIZACJA PRAC

2.1. *Zakres wykonywanych prac*

Prace przewidziane dla wykonania zabudowy skrzyżowania portalowego podzielone zostały na 4 etapy:

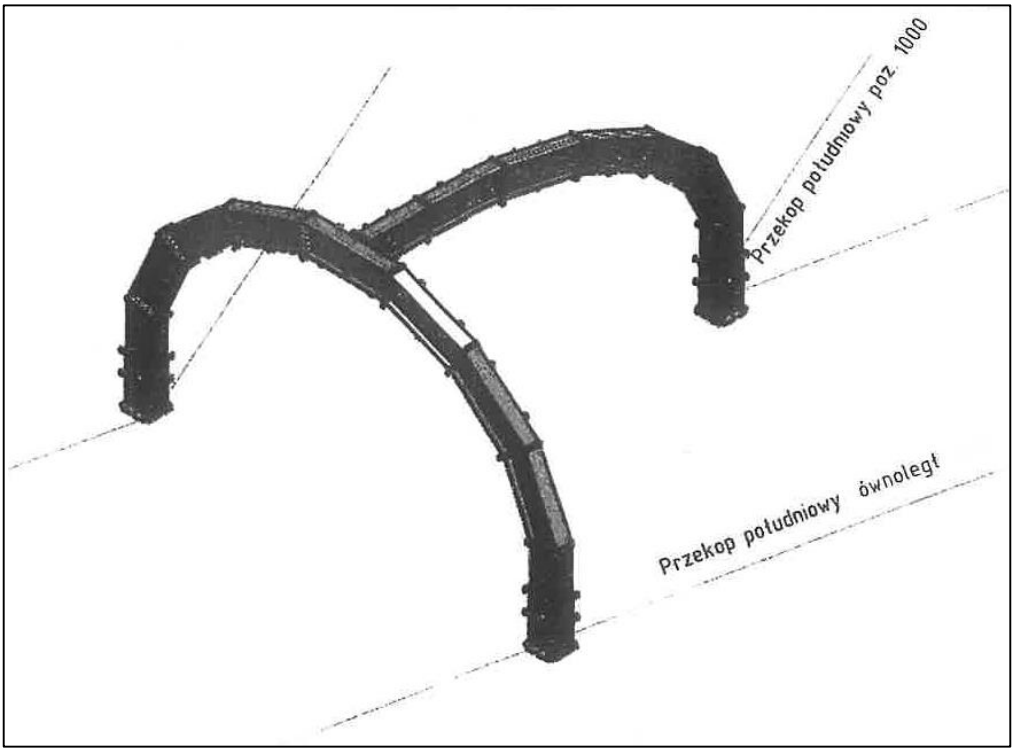
1. Przebudowa obudowy wyrobiska wraz z przybierką spągu na odcinku 5 m.
2. Zabudowa odrzwi przejściowych 1÷32 po przez wykonanie przebudowy wyrobiska wraz z przybierką spągu oraz likwidacją istniejącej wnęki technologicznej.
3. Zabudowa portalu wraz z segmentami upodatniającymi portal UP poprzez wykonanie przebudowy oraz przybierki spągu.
4. Zabudowa wspornika wraz z segmentem upodatniającym UW i odrzwi uzupełniających 33÷60 po przez wykonanie przebudowy oraz przybierki spągu.

2.2. *Opis konstrukcji obudowy portalu*

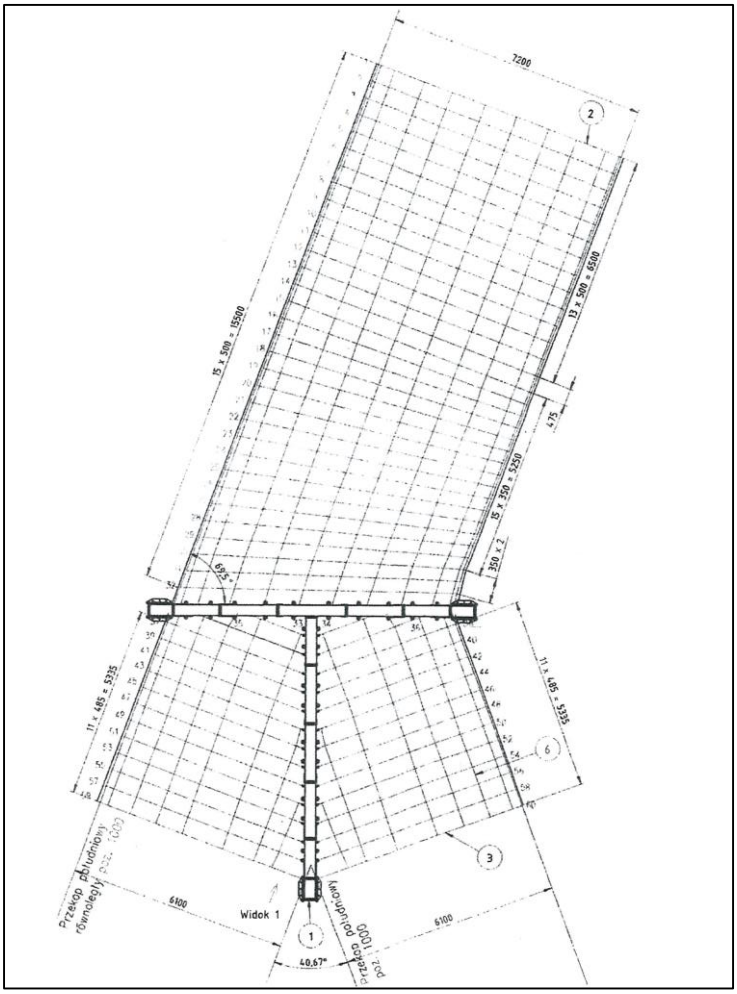
Przekop południowo-równoległy oraz Przekop południowy na poziomie 1000 m przed przebudową wykonane był w obudowie wiodącej ŁP10/V32/A o wymiarach 3,8 m x 5,5 m, miej-

scowo w obudowie ŁPSp3R, natomiast skrzyżowanie ww. Przekopów wykonane było w obudowie stalowej słupowej (szkielet stanowiła dwuteowa belka wsparta na dwóch słupach rurowych uzupełnione odrzwiami z kształtownika obudowy ŁPSp o profilu V32) o wymiarach 3,8 m x 7,2 m.

Nowo projektowana obudowa typu portal (Rys. 1) dla przebudowy istniejącego wyrobiska została wykonana przez Hutę Łabędy S.A. w oparciu o metodykę opracowaną i udokumentowaną w pracy badawczo-rozwojowej Głównego Instytutu Górnictwa pt. „Wykonanie projektu i dokumentacji konstrukcyjnej skrzyżowania portalowego Przekopu południowego i południowo-równoległego na poz.1000 m w Polskiej Grupie Górniczej S.A. Oddział KWK Ruda Ruch Bielszowice" (Rys. 2). Obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji zaprojektowanej obudowy skrzyżowania przeprowadzono metodą elementów skończonych, za pomocą programu COSMOS/M w oparciu o metodykę opracowaną w GIG. Konstrukcja obudowy charakteryzuje się zwiększoną nośnością i stabilnością, niezbędną podatnością oraz wysokością dostosowaną do gabarytów łączących się wyrobisk. Szkielet konstrukcji zasadniczej stanowią dwuteowe belki (HEB550). Szkielet ten uzupełniony jest odrzwiami 1÷60, wykonanymi z kształtownika V36, ze stali S550W o wymiarach 4,5 m x 7,9 m. Odrzwia stabilizowane są za pomocą rozpór międzyodrzwiowych.



Rys. 1. Szkic konstrukcji obudowy portalowej KWK Ruda, Ruch Bielszowice



Rys. 2. Szkic skrzyżowania Przekopu Południowego równoległego poz. 1000 z Przekopem Południowym poz. 1000 w KWK Ruda, Ruch Bielszowice

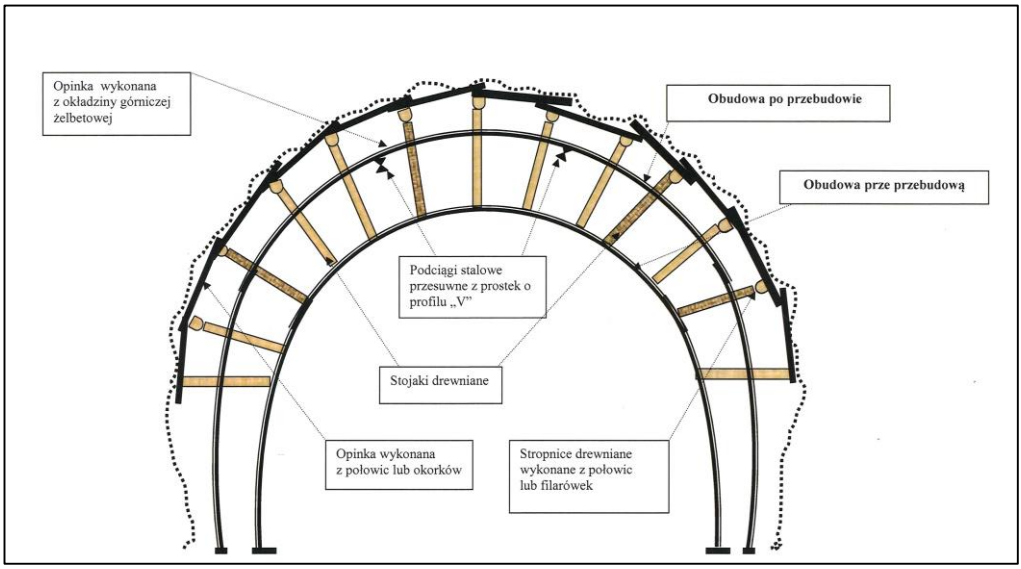
2.3. *Szczegółowy opis realizacji prac*

Prace związane z przebudową wyrobisk prowadzono na podstawie opracowanej i zatwierdzonej Technologii wykonania prac Nr 2/ZGRI-GZL/2021pa. Przed przystąpieniem do robót związanych z przybierką spągu i przebudową Przekopu południowo-równoległego oraz Przekopu południowego poz. 1000 m wykonano wzmocnienie obudowy przed i za frontem przebudowy na odcinku około 10 m po przez zabudowę stojaków ciernych stalowych typu SV o profilu V32 . Stojaki budowano pod każdymi odrzwiami istniejącej obudowy chodnikowej. Zabezpieczono również przed możliwymi uszkodzeniami przewody elektryczne oraz rurociągi przechodzących przez front wykonywanych prac.

Prace związane z demontażem starej i montażem nowej obudowy prowadzono z pomostu roboczego.

Zabudowa elementów nowej obudowy odrzwi przejściowych prowadzona była z dwóch podciągów stalowych z prostek o profilu V32. Podciągi stalowe budowane w stropie na łukach stropnicowych obudowy istniejącej. Podciągi stanowiły wraz ze skręconym łukiem stropnicowym nowobudowanej obudowy, część obudowy tymczasowej dla obudowy zasadniczej.

Obudowę tymczasową stanowiła obudowa drewniana: stropnice drewniane wykonane z połowic i filarówek oraz stojaki drewniane wykonane z króciaków (Rys. 3).



Rys. 3. Obudowa tymczasowa drewniana – rzut z przodu

Do urabiania calizny w stropie i na ociosach stosowano narzędzia ręczne, urządzenia pneumatyczne oraz materiał wybuchowy zgodnie z metrykami strzałowymi.

Wybieranie urobku oraz przybierkę spągu prowadzono ręcznie oraz przy pomocy samojezdnej ładowarki górniczej EZ600. Urobek ładowany na przenośnik zgrzebłowy typu SKAT zabudowany w osi przebudowywanego wyrobiska, następnie transportowany przenośnikami odstawy głównej KWK Bielszowice.

Etap I: Przebudowa obudowy wraz z przybierką spągu na odcinku 5 m.

Etap ten polegał na przebudowie 5 m wyrobiska Przekopu południowo-równoległego poz. 1000 m na odcinku przyległym do projektowanego skrzyżowania portalowego (od strony południowej) z obudowy ŁP10/V32/A na obudowie ŁPSp3RV32/4/7,2x4,1 w rozstawie 0,5 m wraz z wykonaniem przybierki spągu na głębokość do 0,5 m.

Etap II: Zabudowa odrzwi przejściowych portalu 1÷32 wraz z przybierką spągu oraz likwidacją wnęki technologicznej.

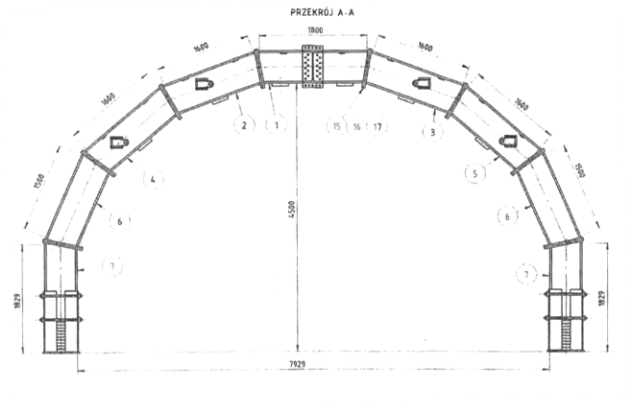
Etap ten polegał na przebudowie wyrobiska z obudowy ŁP10/V32/A i zabudowie odrzwi przejściowych o numerach od 1 do 32 składających się z czterech łuków i różniących się między sobą szerokością i wysokością. Ich szerokość wzrasta od 7210 do 7740 mm, a wysokość od 4500 do 4740 mm. W tym etapie wykonano przybierkę spągu na głębokość do 0,5 m. Wykonano również likwidację istniejącej wnęki technologicznej znajdującej się po stronie południowo-wschodniej przekopu południowo-równoległego poz.1000, o długości około 7,5 m

i szerokości około 1,5 m. Likwidację wnęki wykonano poprzez zabudowę tzw. kasztów przy użyciu okładziny żelbetowej na całej długości i szerokości wnęki.

Etap III: Zabudowa portalu wraz z segmentami upodatniającymi portal UP poprzez wykonanie przebudowy oraz przybierki spągu.

W tym etapie wykonano wyłom (wdzierkę) i zabudowano elementy portalu (Belki: BG, P1, P2, P3, P4, P5; Segmenty upodatniające UP) o wysokości 4500mm i szerokości 7929 mm w świetle skrzyżowania (Rys. 4.). Kolejność prac na tym etapie przedstawiała się następująco:

- wykonano gniazda w ociosach, a następnie stopy fundamentu betonowego o wymiarach około 0,8 x 0,8 x 0,5 m pod segmenty upodatniające UP,
- wykonano wyłom (wdzierkę) o gabarytach umożliwiających swobodną zabudowę portalu. Wyłom do portalu zabezpieczono obudową tymczasową drewnianą. Urobek pozostały z wyłomu i przybierki spągu wybrano ręcznie i przy użyciu ładowarki spągowej,
- odwiercono 12 otworów w stropie i zabudowano kotwy strunowe 10 m wklejane. Na kotwach zamocowano podciągi technologiczne do podnoszenia belek portalu,
- do podciągów technologicznych podwieszono dwie wciągarki łańcuchowe typu PWŁ,
- za pomocą wciągarek PWŁ 3/6, podniesiono pod strop poszczególne belki portalu w miejsce przeznaczenia i tymczasowo wsparto na podciągach stalowych zabudowanych na nowo przebudowanej obudowie, oraz dodatkowo podparto stojakami stalowymi typu SV. Belki portalu łączono ze sobą za pomocą śrub M24 i dokręcono kluczem dynamometrycznym z momentem M_d = 600 Nm,
- po zabudowie i połączeniu wszystkich elementów tzw. BRAMY, sprawdzono jeszcze raz moment dokręcenia śrub a następnie przystąpiono do wykonania prac etapu IV.



Rys. 4. Obudowa portalowa skrzyżowania – BELKI (BRAMA) rzut z przodu

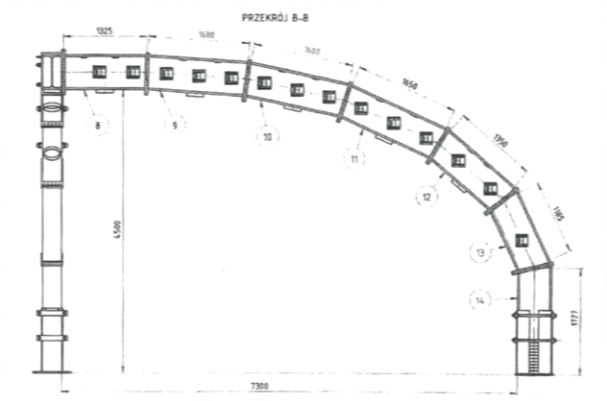
Etap IV: Zabudowa wspornika wraz z segmentami upodatniającymi UW i odrzwi uzupełniających 33÷60 poprzez wykonanie przebudowy oraz przybierki spągu.

Etap ten polegał na wykonaniu wyłomu (wdzierki) i zabudowie elementów portalu (Belki: W1, W2, W3, W4, W5, W6; Segment upodatniający UW) o wysokości 4500 mm i szerokości 7300 mm w świetle skrzyżowania (Rys. 5.) oraz na zabudowie odrzwi uzupełniających. W tym etapie wykonano również przybierkę spągu na głębokość do 0,8m ręcznie oraz przy pomocy samojezdnej ładowarki górniczej. Kolejność prac na tym etapie przedstawiała się następująco:

- wykonano wyłom o wymiarach umożliwiających swobodną zabudowę pierwszej belki wspornika W1. Wyłom zabezpieczono obudową tymczasową drewnianą,
- odwiercono 4 otwory w stropie i zabudowano kotwy strunowe 10 m wklejane. Na kotwach zamocowano podciągi technologiczne do podnoszenia belek wspornika,
- podniesiono belkę wspornika W1(analogicznie ze sposobem podnoszenia belek z Etapu III) i połączono ją śrubami z portalem,
- dodatkowo ustabilizowano zabudowany element W1 stojakami stalowymi typu SV,
- wykonano i zabezpieczono odpowiedni wyłom o wymiarach umożliwiających zabudowę odrzwi uzupełniających o numerach 33÷36 i połączono je z uchami na belce wspornika za pomocą sworzni i zawleczek,
- wykonano wymienione powyżej czynności dla kolejnych belek wspornika (do W5 włącznie). Sukcesywnie zabudowując odrzwia uzupełniające 37÷58,
- belki wspornika W6 połączono z segmentem upodatniającym UW na spągu wyrobiska,
- zabudowano belkę wspornika z segmentem upodatniającym UW na wcześniej wykonanej stopie fundamentu betonowego i połączono z elementem belki wspornika W5,
- zabudowano brakujące odrzwia uzupełniające o numerach 59÷60,
- po zabudowie i połączeniu wszystkich elementów tzw. BRAMY, sprawdzono jeszcze raz moment dokręcenia śrub.

W zakładkach odrzwi uzupełniających stosowano po 3 sztuki strzemion dwujarzmowych SDw32/34/36. Opinkę stropu wykonano za pomocą okładziny żelbetowej ustawianej rębem, natomiast opinkę łuków ociosowych stanowi okładzina żelbetowa budowana na płasko. Odrzwia połączono za pomocą stalowych rozpór rurowych dedykowanych do konkretnych odrzwi uzupełniających. Łuki ociosowe zabudowano na stalowych stopach podporowych.

Po zabudowie całości skrzyżowania portalowego przykotwiono segmenty upodatniające UP oraz UW w otworach do tego przeznaczonych za pomocą kotwi stalowych wklejanych, a także połączono konstrukcję ze wszystkimi trzema rozgałęzieniami za pomocą rozpór wieloelementowych.



Rys. 5. Obudowa portalowa skrzyżowania – WSPORNIK rzut boczny

2.4. *Kontrola wyrobiska po przebudowie*

Po zakończonej przebudowie skrzyżowania Przekopu południowo-równoległego z Przekopem południowym na poz. 1000 m wraz z odcinkami przyległymi dokonano kontroli stanu wyrobi-

ska i obudowy ww. miejscu. W wyniku oględzin miejsca stwierdzono, że przebudowa została wykonana prawidłowo, nowo zabudowana obudowa portalowa spełnia swoją funkcję, a wyrobisko przebudowane znacznie zwiększyło przekrój z około 3,8 x 7,2 m do około 4,5 x 7,9 m. Zamierzone cele przebudowy dla utrzymania odstawy urobku, transportu maszyn podwieszanych oraz dróg wentylacyjnych zostały osiągnięte.

WNIOSKI

W obecnym czasie wykonywanie przebudowy starej skorodowanej obudowy wyrobisk korytarzowych jest szczególnie potrzebne zważając w szczególności na bezpieczeństwo pracowników oraz dalsze funkcjonowanie kopalń. Nowe rozwiązania inżynieryjne takie jak skrzyżowanie typu portal, pozwalają na prowadzenie prac w trudnych miejscach, stwarzając odpowiednio bezpieczne warunki i wprowadzając rozwiązania znacznie ułatwiające wykonywanie robót.

Zrealizowanie prac związanych z przebudową wyrobisk Przekopu południowo-równoległego z Przekopem południowym poz. 1000 w obudowie typu Portal w KWK Ruda Ruchu Bielszowice przebiegało pomyślnie co pozwoliło osiągnąć zamierzony cel i znacząco przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa i utrzymania wyrobisk, co też wydłuży okres użytkowania danego rejonu.

Zastosowanie warstwy torkretu oraz jej zabezpieczenie w agresywnym środowisku kopalnianym na przykładzie KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit

Tomasz Kudłacik
PGG S.A. KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit

Paweł Ficek
PGG S.A. KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit

STRESZCZENIE: Uwzględniając warunki panujące w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit środowisko kopalniane można określić jako jedno z najbardziej agresywnych. Determinowane jest to przez wody kopalniane w szczególności przez wody wypływające z górotworu, które charakteryzują się dużym zasoleniem poprzez reakcję z skałą otaczającą, wymywając substancje rozpuszczalne powodując wzrost mineralizacji wody oraz wzrost wilgotności powietrza. W takich warunkach intensywnie przebiegają procesy korozji obudowy wyrobisk korytarzowych. Torkretowanie wyrobisk jest alternatywną metodą w stosunku do kosztownej, czasochłonnej oraz przede wszystkim niebezpiecznej przebudowy obudowy. Wykonanie warstwy torkretu polega na natryskiwaniu betonu na powierzchnię wyrobiska, w celu poprawy jego stateczności i wzmocnienia obudowy. Liczne wykroplenia wysoce zmineralizowanej wody kopalnianej wpływają również na degradację nałożonej warstwy torkretu. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z charakterystyką pracy warstwy torkretu oraz wpływ oddziaływania wysoko zmineralizowanej wody na warstwę torkretu wraz z wynikami z zastosowania membrany ochronnej nałożonej na warstwę betonu natryskowego w celu jego uszczelniania i ochrony przed występowaniem krystalizacji soli na jego powierzchni

SŁOWA KLUCZOWE: torkret, beton natryskowy, agresywne środowisko kopalniane, membrana.

1. WSTĘP

Wody kopalniane to ogólna nazwa wód wypompowywanych z kopalni. Składają się na nie przede wszystkim wody dopływające do wyrobisk górniczych z drenowanego górotworu (dopływ naturalny) oraz wody technologiczne doprowadzane do kopalni. Na skład wód kopalnianych wpływają dwie podstawowe grupy czynników: budowa geologiczna oraz działalność górnicza [8].

Budowę geologiczną kształtują: tektonika górotworu, litologia, miąższość i przepuszczalność serii złożowej i jej nadkładu. Natomiast działalność górniczą cechują: metody eksploatacji górniczej, czas i głębokość eksploatacji, zasięg i intensywność drenażu górniczego, składowanie odpadów głównie poeksploatacyjnych na powierzchni terenu. Czynniki te wpływają zarówno na chemizm wód, jaki na możliwości zasilania wód podziemnych i kształtowanie się

wzajemnej łączność wód podziemnych z różnych warstw oraz wód powierzchniowych. Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji obserwuje się wzrost mineralizacji wód [4]. Ilości chlorków i siarczanów zawartych w wodach kopalnianych zależą od położenia danej kopalni na mapie hydrologicznej GZW. Kopalnie położone w jego północnej części generują znacznie mniejszą ilość wód kopalnianych i o mniejszym zasoleniu niż znaczenie mniej liczne kopalnie położone w części południowej.

W „Poradniku hydrogeologa w kopalni węgla kamiennego" pod red. M. Rogoża [8] zamieszczono klasyfikację jakości wód kopalnianych sporządzoną w oparciu o stosowaną w polskim górnictwie klasyfikację wód kopalnianych opracowaną przez GIG. Klasyfikacja ta uwzględnia dwa podstawowe kryteria: jakości i przydatności wody do celów pitnych i przemysłowych.

Tabela 1. Klasyfikacja jakościowa wód kopalnianych (wg GIG)
Tab. 1 Mine water quality classification (according to GIG)

Klasa		**Kryteria klasyfikacji**			**Przeznaczenie**
		Mineralizacja g/dm^3	Zawartość $Cl^-+SO_4^{-2}$ g/dm^3	Zawartość SO_4^{-2} g/dm^3	
I Wody pitne	I A wody czyste	Wody pitne o własnościach fizyko-chemicznych zgodnych z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej			- do celów pitnych po ewentualnym uzdatnieniu pod względem bakteriologicznym
	I B wody zanieczyszczone	<1,0	<0,6	-	- do uzdatniania na wodę pitną, - do zasilania łaźni górniczych i innych celów po uzyskania zgody Sanepidu.
II Wody nie nadające się do picia	II A wody przemysłowe	1-3	0,6-1,8	II A_1<0,6	- do obiegów chłodniczych w elektrowniach po częściowym uzdatnieniu
				II A_2>0,6	- do obiegów wodnych przeróbki mech. węgla, - do zasilania rurociągów ppoż. po uzdatnieniu pod względem bakteriologicznym.
	II B wody słone	3-70	1,8-42	-	II B_1 (miernie zasolone) - do wykorzystania we własnym zakresie na cele techn, - do zatężenia do grupy II B_2, - odprowadzanie przez systemy hydrotechniczne.
		>70	>42	-	II B_2 (solanki) - do przeróbki na sól kuchenną i wodę użytkową, - do podsadzki samozestal.

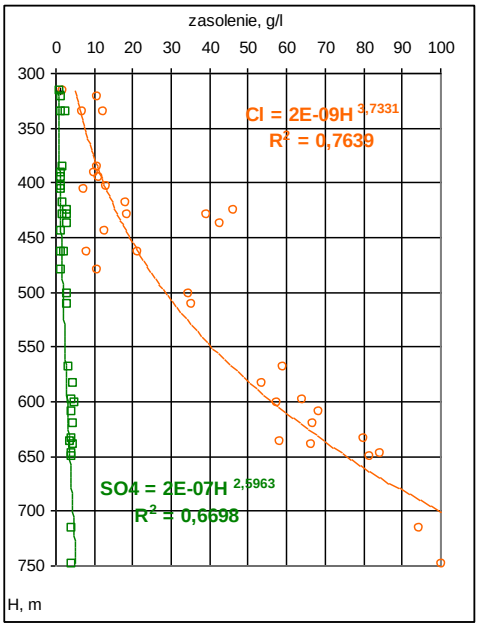
Przykładowo, zastosowanie metod izotopowych do prześledzenia genezy wód zasolonych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym pozwoliło na wyróżnienie następujących ich typów [11]:

- solanek sedymentacyjnych miocenu,
- solanek paleoinfiltracyjnych występujących w głębszych partiach karbonu i starszych utworach całego obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- solanek, które powstały w trzeciorzędzie po ostatniej transgresji morskiej w wyniku infiltracji wód opadowych,
- wód holoceńskich, interglacjalnych i glacjalnych (powstałych w czwartorzędzie),
- solanek siarczanowych powstałych w wyniku infiltracji przedtortońskiej,

- solanek powstałych w wyniku infiltracji przedtortońskiej, niezawierających siarczanów,
- wód, które zostały zidentyfikowane jako mieszanina wyżej wymienionych rodzajów wód.

2. CHARAKTERYSTYKA WÓD KOPALNIANYCH W KWK PIAST-ZIEMOWIT RUCH ZIEMOWIT

W KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit spotyka się zazwyczaj wody słone, za wyjątkiem wód występujących na poziomie I (200m). Wody dopływające do poziomu II (500 m), to w większości wody miernie zasolone klasy IIB1(wg klasyfikacji GIG), o zawartości jonów Cl + SO_4 od 0,5÷35 g/l (uśrednione w pompowni głównej do zawartości 7–11 g/l Cl + SO_4) i średniej mineralizacji nie przekraczającej 20 g/l. Do poziomu III (650 m) dopływają wody słone generalnie klasy IIB2, lokalnie miernie zasolone klasy IIB1(wg klasyfikacji GIG) zawierające maksymalnie do 100 g/l jonów Cl + SO_4. Po zmieszaniu w pompowni głównej całości wód z tego poziomu, zawartość Cl + SO_4 waha się w granicach 53–65 g/l, a mineralizacja nie przekracza 110 g/l. Generalnie można przyjąć, że stopień zmineralizowania wód dołowych, uzależniony jest od głębokości zalegania kompleksów wodonośnych oraz budowy geologicznej warstw nadległych i występowania w nich kompleksów izolacyjnych. Na zamieszczonym poniżej wykresie przedstawiono zależność między zawartością jonów Cl^- i SO_4^{2+} a głębokością w wodach w złożu „Ziemowit". Otrzymane zależności są dla jonu Cl^- w postaci $Cl = 2 \cdot 10^{-09} \cdot H^{3,7331}$ i jonu SO_4^{2-} w postaci $SO_4 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot H^{2,5963}$.



Rys. 1. Zależność zawartości jonów Cl i SO_4 od głębokości dla złoża „Ziemowit"
Figure 1. Dependence of the content of Cl and SO4 ions on the depth for the "Ziemowit" deposit

Tab 2. Przykładowe właściwości fizyko-chemiczne wody w KWK Piast- Ziemowit Ruch Ziemowit w danym punkcie pomiarowym.
Table 2. Exemplary physical and chemical characteristics of water in Ziemowit part of Piast -Ziemowit coal mine at a given measuring point

Wyrobisko	Substancje rozpuszczone [mg/dm3]	pH	Twardość ogólna [°n]	Kationy [mg/dm^3]		Aniony[mg/dm^3]		
				Ca^{+2}	Mg^{+2}	Cl^-	SO_4^{-2}	HCO_3^-
Poziom II, Przekop P-1	5 265	7,72	22	59	85	2180	509	581
Poziom III, Przekop C-2	101 718	6,41	1 019	2 680	2 814	64 373	3 021	137
Poziom III, Chodnik 951	82 616	6,82	907	2573	2379	55904	3080	189

Zawartość poszczególnych soli w wodzie jest przyczyną twardości, zasadowości i kwasowości wody. Oprócz rodzaju i stężenia soli istotnym czynnikiem charakteryzującym wody kopalniane jest stężenie jonów wodorowych (pH).

Na podstawie badań i obserwacji stwierdzono, że o agresywności wód kopalnianych decydują cztery podstawowe składniki zawarte w wodach:
- stężenie jonów wodorowych (pH),
- twardość ogólna,
- ilość chlorków,
- ilość siarczanów.

Woda ma szczególny wpływ na przyspieszenie procesów korozyjnych konstrukcji górniczych. Woda przedostająca się do kopalni ma zarówno bezpośredni kontakt z urządzeniami i konstrukcjami kopalni, jak również powoduje wzrost wilgotności powietrza. W górniczych suchych wyrobiskach szybkość korozji stali niestopowych może być 100-krotnie mniejsza od szybkości korozji tych stali w wyrobiskach mokrych [4, 11].

3.ZAGADNIENIA ZWIĄZANE Z WZMOCNIENIEM SKORODOWANEJ OBUDOWY ODRZWIOWEJ ZA POMOCĄ TORKRETU

Pomimo stosowania w polskim górnictwie węglowym warstwy torkretu jako wzmocnienia skorodowanej obudowy wyrobisk korytarzowych od ponad 20 lat, aktualne pozostają problemy związane z nośnością obudowy mieszanej oraz podatnością warstwy betonu natryskowego. Najbardziej aktualnym zagadnieniem z którym przychodzi się zmierzyć kadrze inżynieryjno-technicznej jest eksploatacja oraz degradacja warstwy torkretu w agresywnym środowisku kopalnianym.

3.1. *Nośności obudowy mieszanej- stalowej odrzwiowej, pokrytej warstwą betonu natryskowego*

Ocena wpływu korozji na spadek nośności obudowy łukowej jest niezwykle trudna, także z tej przyczyny, że zachodzi ona na łuku w sposób bardzo nieregularny. Korodowanie wewnętrznej powierzchni kształtownika jest szczególnie niebezpieczne ze względu na utrudnioną kontrolę oraz na możliwość bardzo głębokich ubytków prowadzących do ograniczenia nośności. Proces korozji może zachodzić również lokalnie w szczelinach między łukami łączonymi na zakładkę

oraz między łukiem a strzemieniem, a także między jarzmem a nakrętką i między nakrętką a śrubą [5,6,9].

Tylko w niektórych przypadkach z dużą dozą ostrożności i znajomości tematu można pokusić się o obliczenia spadku nośności ze względu na ubytek korozji kształtownika. Obliczenia spadku podporności obudowy polegają na założeniu, że korozja kształtownika stalowej obudowy powoduje zmniejszenie pola jego przekroju poprzecznego. W wyniku tego zmniejsza się wytrzymałość kształtownika, a tym samym zmniejsza nośność odrzwi [10].

Odpowiedzią na powszechnie występujące zjawisko korozji jest stosowana metoda natrysku betonem, tzw. torkretowanie. W kopalniach podziemnych obudowa torkretowa stosowana jest najczęściej w wyrobiskach o kapitalnym przeznaczeniu: przecznicach, przekopach, komorach funkcyjnych, zajezdniach [1,5,7].

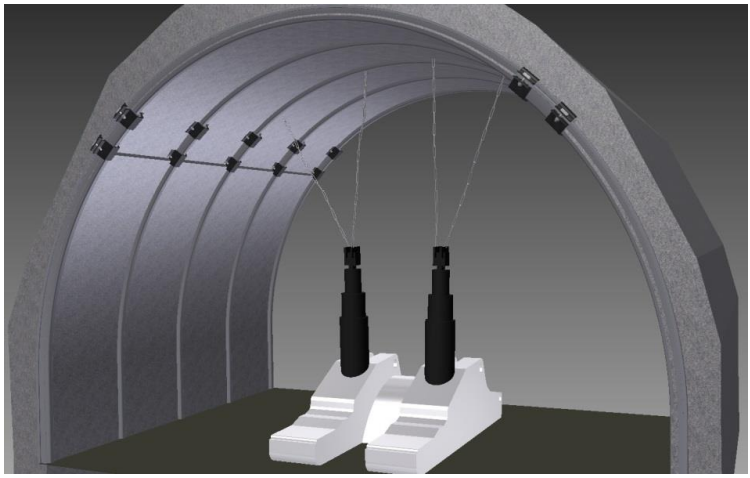


Rys. 2. Natryskiwanie warstwy torkretu w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit
Figure 2. Spraying a layer of shotcrete in Ziemowit.part of Piast-Ziemowit coal mine

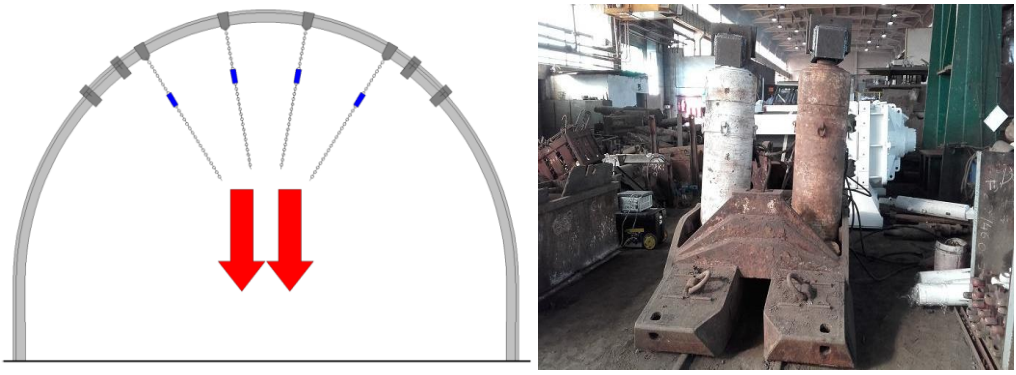


Rys. 3. Obudowa odrzwiowa pokryta warstwą torkretu w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit
Figure 3. The steel arch support covered with a shotcrete layer in Ziemowit
part of Piast-Ziemowit coal mine

W KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit opracowano układ obciążający w celu określenia nośności obudowy mieszanej- stalowej odrzwiowej, pokrytej warstwą betonu natryskowego [2]. Wykorzystano do tego elementy sekcji obudowy zmechanizowanej. Przyjęto, że odrzwia będą obciążane przez 4 cięgna łańcuchowe z wpiętymi czujnikami siły podłączonymi do wzmacniacza i rejestratora. Łańcuchy zamocowano na odrzwiach z wykorzystaniem zawiesi kolejki podwieszonej. Przyjęto również, że elementy układu obciążającego zostaną rozparte poza badanym obszarem obudowy za pomocą stojaków. Dodatkowo, dla zapewnienia właściwej współpracy obudowy torkretowej z odrzwiami w warunkach obciążania przez cięgna, zastosowano specjalne haki.



Rys. 4. Wizualizacja układu obciążającego.
Figure 4. Visualization of the loading system.



Rys. 5. Sposób badania nośności obudowy (z lewej) i układ obciążający (z prawej).
Figure 5. Method of testing the bearing capacity of support (left) and loading system (right).

Określenie nośności obudowy stalowej odrzwiowej pokrytej warstwą betonu natryskowego ma istotne znaczenie dla zapewnienia stateczności wyrobiska oraz odpowiedniego poziomu

bezpieczeństwa załóg górniczych. Waga tego zagadnienia wynika z popularności torkretowania stosowanego jako wzmocnienie skorodowanej obudowy. Zaprezentowana metodyka badań obudowy pozwala w warunkach dołowych określić nośność obudowy mieszanej – odrzwiowej pokrytej torkretem – z uwzględnieniem czynników dotychczas pomijanych w trakcie obliczeń analitycznych.

3.2. *Zmiana charakterystyki pracy skorodowanych złączy ciernych*

Wielu projektantów oraz autorów wskazuje jako wadę obudowy torkretowej, zmianę charakterystyki pracy obudowy stalowej poprzez jej usztywnienie warstwą torkretu. W 2018 roku w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit przeprowadzono badania mające na celu określenie nośności skorodowanych złączy ciernych obudowy odrzwiowej [3].

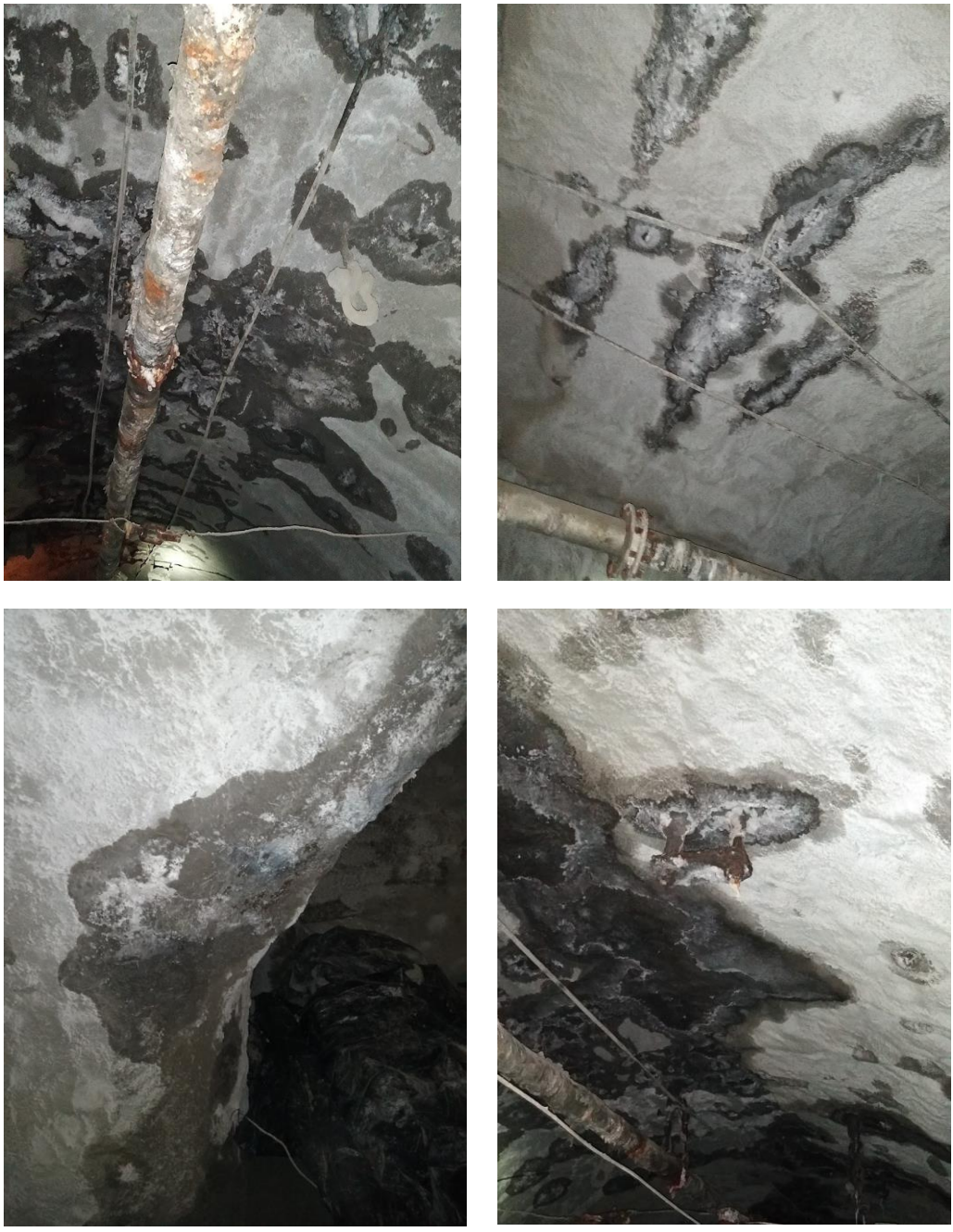


Rys. 6. Widok złączy ciernych przygotowanych do badań.
Figure 6. View of friction joints prepared for testing.

Badania bardzo silnie skorodowanych złączy wykazały, że korozja ma duży wpływ na adhezję kształtowników w złączu. W zależności od stanu strzemion w złączu, które decydują o sile docisku kształtowników, procesy korozji mogą doprowadzić do całkowitego zablokowania się złącza lub sytuacji, gdy jego nośność jest znacznie większa od nośności nominalnej. Paradoksalnie skutkuje to wzrostem nośności odrzwi, gdyż zmienia się ich charakterystyka z podatnej na sztywną, jednak za cenę utraty podatności całkowitej. W badaniach wykazano, że obudowa silnie skorodowana, która głównie podlega wzmocnieniu za pomocą torkretu, poprzez szczepienie się kształtowników w złączu już w czasie swojej eksploatacji zmienia swoją charakterystykę z podatnej na sztywną.

3.3. *Degradacja warstwy torkretu w agresywnym środowisku kopalnianym*

Liczne wykroplenia wysoce zmineralizowanej wody kopalnianej wpływają również na degradację nałożonej warstwy torkretu. Degradację oraz niszczenie warstwy torkretu poprzez występowanie wykwitów solnych związanych z wysoko zmineralizowaną wodą kopalnianą, stwierdzono na warstwie betonu natryskowego nałożonego na obudowę w objeździe przy szybie Szewczyk na poziomie III (rys. 7). Wykwity solne na warstwie torkretu związane są również z hydratacją betonu natryskowego. Analizę wody dopływającej do szybu Szewczyk na poz. III przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 7. Wykwit solny na warstwie torkretu w objeździe przy szybie Szewczyk na poziomie III.
Figure 7. Salt efflorescence on the shotcrete layer on the passby near the Szewczyk shaft on level III.

Tabela 2. Analiza wody dołowej – dopływ naturalny do szybu Szewczyk.
Tab. 2 Underground water analysis - natural inflow to the Szewczyk shaft.

NAZWA OZNACZENIA	JEDNOSTKA	STĘŻĘNIE
Zawiesina ogólna	mg/dm^3	43,2
pH		7,0
Gęstość	g/cm^3	1.095
Substancje rozpuszczone	mg/dm^3	146900
Chlorki	mg/dm^3	83310
Siarczany	mg/dm^3	3302
Twardość ogólna	n^0	1372,0
Twardość węglanowa	n^0	4,5
Twardość niewęglanowa	n^0	1367,5
Wapń	mg/dm^3	4008
Magnez	mg/dm^3	3526
Zasadowość „p”	$mval/ dm^3$	0,0
Zasadowość „m”	$mval/ dm^3$	1,6
Wodorowęglany	mg/dm^3	97,6
Węglany	mg/dm^3	0,0
Żelazo ogólne z próby surowej	mg/dm^3	0,7
Żelazo ogólne z przesączu	mg/dm^3	0,0

Degradacja warstwy torkretu poprzez występowanie wykwitów solnych może doprowadzić do jego odspojenia od obudowy, a co za tym idzie obniżenia parametrów wytrzymałościowych całego wyrobiska. Uzupełnienie ubytków w warstwie torkretu wiąże się z koniecznością natryśnięcia kolejnej warstwy betonu natryskowego bądź przebudową obudowy wyrobiska.

Aby zapobiec występowaniu kolejnych wykwitów solnych, na warstwę torkretu natryśnięto membranę elastyczną MSM. Membrana MSM jest dwukomponentową mieszanką organiczno-mineralną, która po zmieszaniu składników w odpowiedniej proporcji służy do natryskiwania elastycznej membrany. Komponent A to proszek na bazie cementu, natomiast komponent B to ciekła wodna dyspersja polimerowa.

Zakres zastosowania:
- jako powłoka membranowa współpracująca z warstwą torkretu,
- jako powłoka membranowa współpracująca z obudową kotwiową,
- do izolowania ociosów i stropów od gazów i wycieków wody,
- do zabezpieczania skał przed wietrzeniem,
- do uszczelniania tam izolacyjnych,
- do zabezpieczania antykorozyjnego elementów metalowych.

Właściwości:
- czas żelowania -2 godz. 15 min,
- grubość nakładanej warstwy: 2÷6 mm,
- trudnopalna,
- właściwości antyelektrostatyczne - rozpraszające.



Rys. 8. Warstwa membrana nałożona na torkret.
Figure 8. Membrane layer overlaid on shotcrete.



Rys. 9. Warstwa torkretu przed i po nałożeniu membrany.
Figure 9. A layer of shotcrete before and after applying the membrane.



Rys. 10. Warstwa membrany nałożona w objeździe przy szybie Szewczyk na poziomie III.
Figure 10. The membrane layer applied in the passby at the Szewczyk shaft at level III.

Przed nakładaniem warstwy membrany tak jak przed natryskiwaniem torkretu należy zabezpieczyć takie elementy jak: przewody i kable elektryczne, oświetlenie trakcję, rurociągu itp. Natomiast nakładanie warstwy membrany było zabiegiem zdecydowanie szybszym, niż wykonywanie warstwy z betonu natryskowego. Ponad to nie powstawał dodatkowy odpad wynikający z natrysku. Cienka warstwa membrany do 5mm, szczelnie wypełniła porowatości torkretu, związanego z napowietrzaniem betonu natryskowego podczas nakładania metodą suchą. Kontrole warstwy membrany nie wykazały powstawania wykwitów solnych na jej powierzchni.
Nałożona membrana dzięki elastycznym właściwościom i jej dobrej przyczepności do warstwy torkretu, pozwala na utrzymanie spękanej warstwy torkretu w stanie pewnej równowagi. Wpływa to również na zwiększenie nośności i pracy warstwy torkretu z membraną.

WNIOSKI

Zastosowanie warstwy torkretu jako wzmocnienie skorodowanej obudowy odrzwiowej jest jedną z najbardziej skutecznych metod ze względu na szybkość, efektywność oraz stosunkową niską ceną w stosunku do tradycyjnej przebudowy obudowy. Pomimo stosowania metody torkretowania w polskim górnictwie węglowym na szeroką skalę od ponad 20 lat, aktualne pozo-

stają pytania odnośnie jej charakterystyki pracy, nośności oraz dalszej eksploatacji w agresywnym środowisku korozyjnym. Badania nad pracą skorodowanych złączy ciernych wykazały, że w agresywnym środowisku kopalnianym w dłuższym czasie eksploatacji zmienia się charakterystyka pracy odrzwi z podatnych na sztywną, z co za tym idzie wzmocnienie obudowy za pomocą torkretu nie zmienia charakterystyki jej pracy. Opracowanie układu obciążającego odrzwia pokryte warstwą torkretu pozwala na określenie nośności obudowy zespolonej, a w konsekwencji na odpowiedni dobór grubości warstwy torkretu. Degradacja warstwy torkretu jest zagadnieniem stosunkowo nowym z uwagi na czas eksploatacji betonu natryskowego. Wpływ wysoce zmineralizowanej wody na warstwę torkretu został uwidoczniony w postaci wykwitów solnych w objeździe przy szybie Szewczyk na poziomie III w KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit. Nałożenie cienkiej warstwy membrany elastycznej pozwoliło uszczelnić powierzchnię torkretu oraz zapobiec dalszemu występowaniu wykwitów. Membrana elastyczna zabezpieczyła warstwę torkretu przed jej dalszą degradacją oraz koniecznością jej dodatkowego wzmocnienia bądź przebudowy.

LITERATURA

[1] Duży S., Głuch P., Ratajczak A., Giza D.: Przyczyny zawałów wyrobisk korytarzowych i wybrane sposoby wzmacniania obudowy. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Rok 2017, nr 97, str. 173 – 188

[2] Ficek P., Rozmus A., Rotkegel M., Maślanka J., Określenie nośności obudowy wyrobisk korytarzowych w warunkach dołowych, Cuprum: czasopismo naukowo-techniczne górnictwa ruda, 2019.

[3] Horst R., Modrzik M., Ficek P., Rotkegel M., Pytlik A.: Badania nośności skorodowanych złączy ciernych obudowy odrzwiowej na przykładzie KWK Piast-Ziemowit. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2018, Materiały Konferencyjne

[4] Lebecka J. (1996): *Oczyszczanie wód kopalnianych z radu*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 5.

[5] Prusek S., Rajwa S., Rotkegel M.: Obudowa torkretowa w polskich kopalniach węgla kamiennego. Nowe spojrzenie na wybrane zagrożenia naturalne w kopalniach. Praca zbiorowa pod redakcją S. Pruska i J. Cygankiewicza. GIG Katowice, 2012. str. 131-137

[6] Prusek S., Rotkegel M., Małecki Ł.: Wybrane sposoby wzmacniania skorodowanej stalowej obudowy odrzwiowej. Przegląd Górniczy 5/2015, Katowice 2015 str. 71-77.

[7] Rak Z., Siodłak Ł., Stasica J., 2007: Możliwości wzmocnienia obudowy podporowej wyrobisk korytarzowych z wykorzystaniem torkretowania. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Miesięcznik WUG nr 5

[8] Rogoż M. (1994): Słone wody kopalniane w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym i możliwość ich wtłaczania do górotworu. Wiadomości Górnicze nr 9.

[9] Rotkegel M., Prusek S., 2005: Korozja obudowy wyrobisk korytarzowych. Wiadomości Górnicze nr 7–8.

[10] Setlak K., Moszko M., Siodłak Ł., Rak Z., Stasica J., Jendryś M., 2010: Możliwości stosowania i kontroli obudowy torkretowej wyrobisk korytarzowych na przykładzie KWK „Ziemowit". Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 8, str. 23-36.

[11] Smoliński A. 2006: Gospodarka zasolonymi woadmi kopalnianymi, Prace Naukwe GIG Górnictwo i Środowisko, Kwartalnik, 1/2006.

THE USE OF SHOTCRETE LAYER AND ITS PROTECTION IN AN AGGRESSIVE MINING ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF ZIEMOWIT PART OF PIAST-ZIEMOWIT COAL MINE

Taking under consideration the conditions in Ziemowit part of Piast-Ziemowit coal mine, the mine environment can be described as one of the most aggressive. It is determined by mine water, in particular by water flowing from the rock mass, which are characterized by high salinity by reaction with the surrounding rock, rinsing out soluble matter, causing an increase in water mineralization and an increase in air humidity. Under such conditions, the corrosion processes of the steel support of the roadway intensively take place. Shotcreting of roadway's steel support is an alternative method to the costly, time-consuming and, above all, dangerous reconstruction of the roadway support. Application of a shotcrete layer is performed by spraying concrete on the surface of the ort in order to improve its stability and strengthen the support. Numerous condensation of highly mineralized mine water also affects the degradation of the applied shotcrete layer. The article presents the impact of highly mineralized water on the shotcrete layer and the results of the application of membranes applied to the shotcrete layer in order to seal it and protect it against salt crystallization on its surface.

Uniwersytet Wrocławski

Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska

60 LAT KGHM POLSKA MIEDŹ

Oddział Zakłady Wzbogacania Rud

Paweł Kurzydło

Prognoza wzbogacania minerałów miedzi przy zmianie reżimu odczynnikowego flotacji czyszczących

Promotor
dr hab. Antoni Muszer

Promotor pomocniczy (KGHM)
dr inż. Witold Pawlos

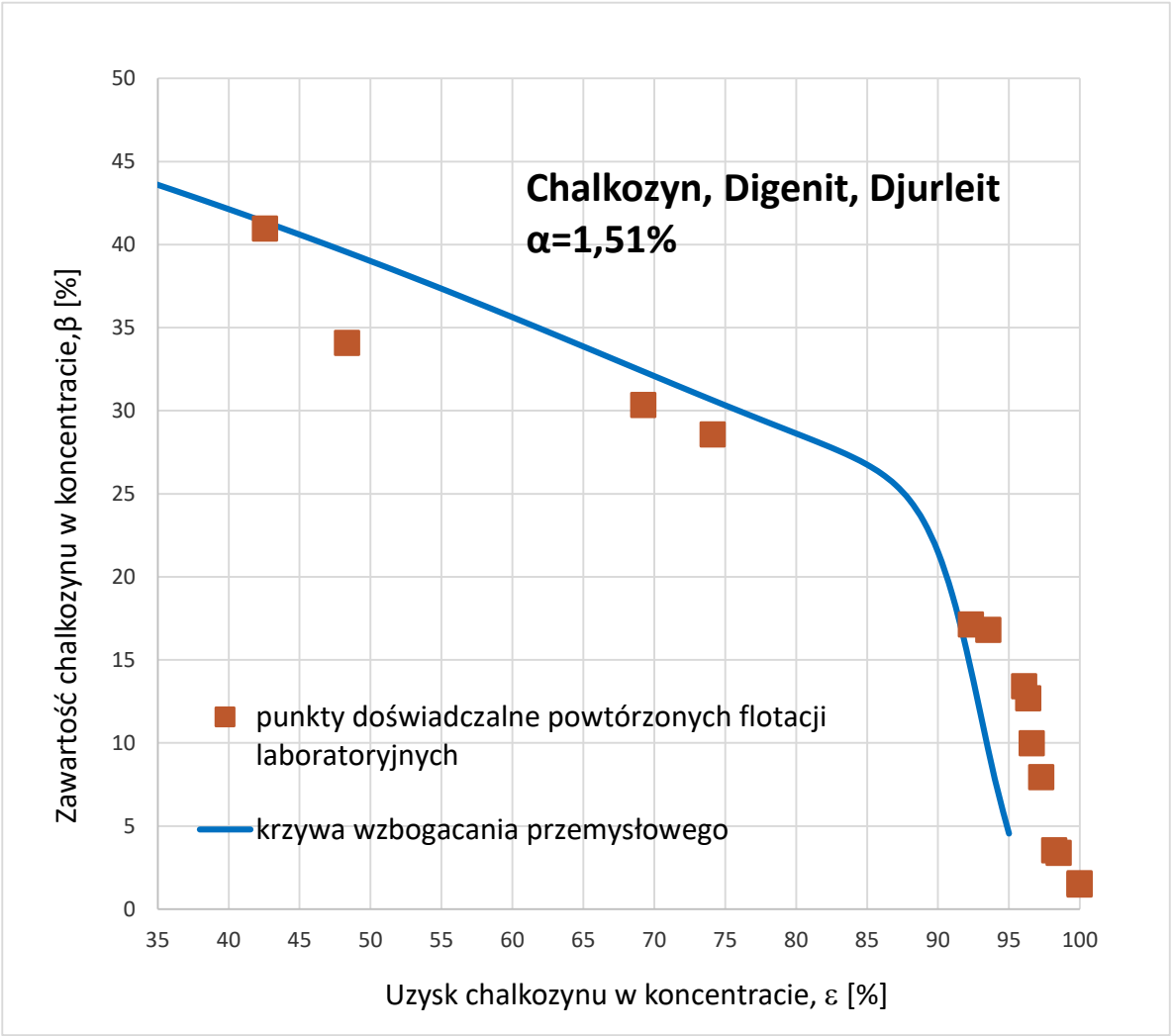
CEL PRACY

Opracowanie sposobu przewidywania wskaźników efektywności wzbogacania flotacyjnego w warunkach przemysłowych przy wprowadzaniu nowych odczynników zbierających.

PLAN PRACY

1. ✓ Badania wzbogacania minerałów siarczkowych w warunkach laboratoryjnych równolegle z obserwacją warunków przemysłowych wzbogacalności – przy standardowym reżimie odczynnikowym.
2. ✓ Wyznaczenie formuł przeniesienia skali wzbogacania poszczególnych minerałów.
3. ✓ Prognozowanie wzbogacania w skali przemysłowej przy wprowadzeniu modyfikacji stosowanych odczynników flotacyjnych.
4. Opracowanie nowych procedur badań laboratoryjnych.
5. Opracowanie i weryfikacja formuł prognozowania wzbogacania poprzez przeprowadzenie testów przemysłowych przy wprowadzonych nowych odczynnikach.

Podsumowanie wyników I etapu pracy



Odtworzenie krzywej wzbogacania przemysłowego na podstawie wyników laboratoryjnych

Stosowane standardowo odczynniki zbierające:

mieszanina 1:1 ksantogenianu sodowoetylowego (SEX) z ksantogenianem sodowoizobutylowym (SIBX)

Wskaźnik zużycia: 100 g / Mg nadawy w.s.

Cel obecnie realizowanego etapu pracy

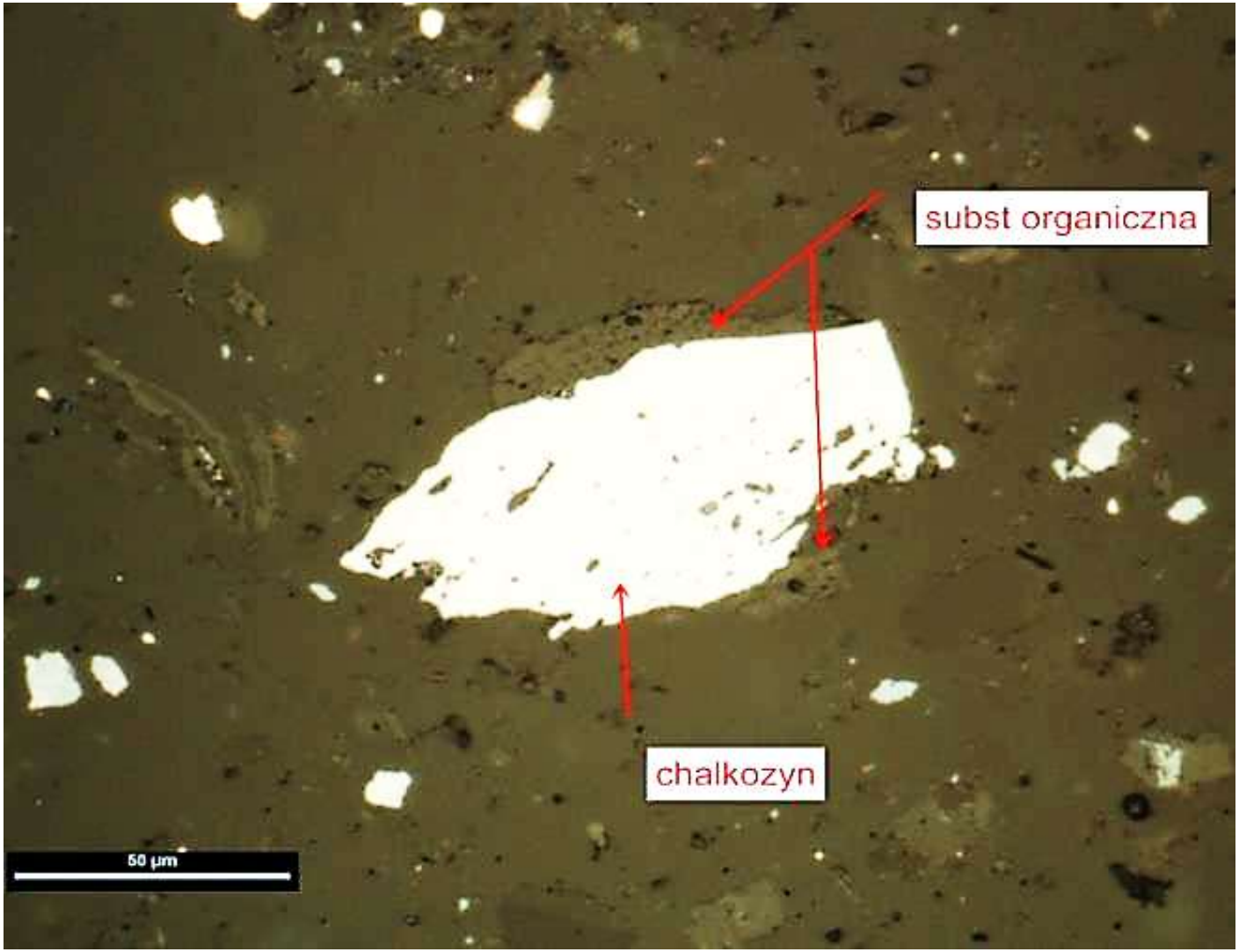
Ocena możliwości prognozowania warunków wzbogacania po zastosowaniu maltodekstryny jako odczynnika wspomagającego flotację

Zastosowanie maltodekstryny w warunkach przemysłowych ma na celu zmniejszenie zawartości całkowitego węgla organicznego (TOC) w koncentratach końcowych procesu flotacji.

Szkodliwy wpływ obecności TOC w koncentratach obejmuje:

- nadmierne zwiększanie kaloryczności wsadu w procesach pirometalurgicznych
- obniżenie jakości koncentratów (zawartości metali w koncentratach)
- problemy technologiczne z odwadnianiem koncentratów

Występowanie węgla organicznego w rudach miedzi



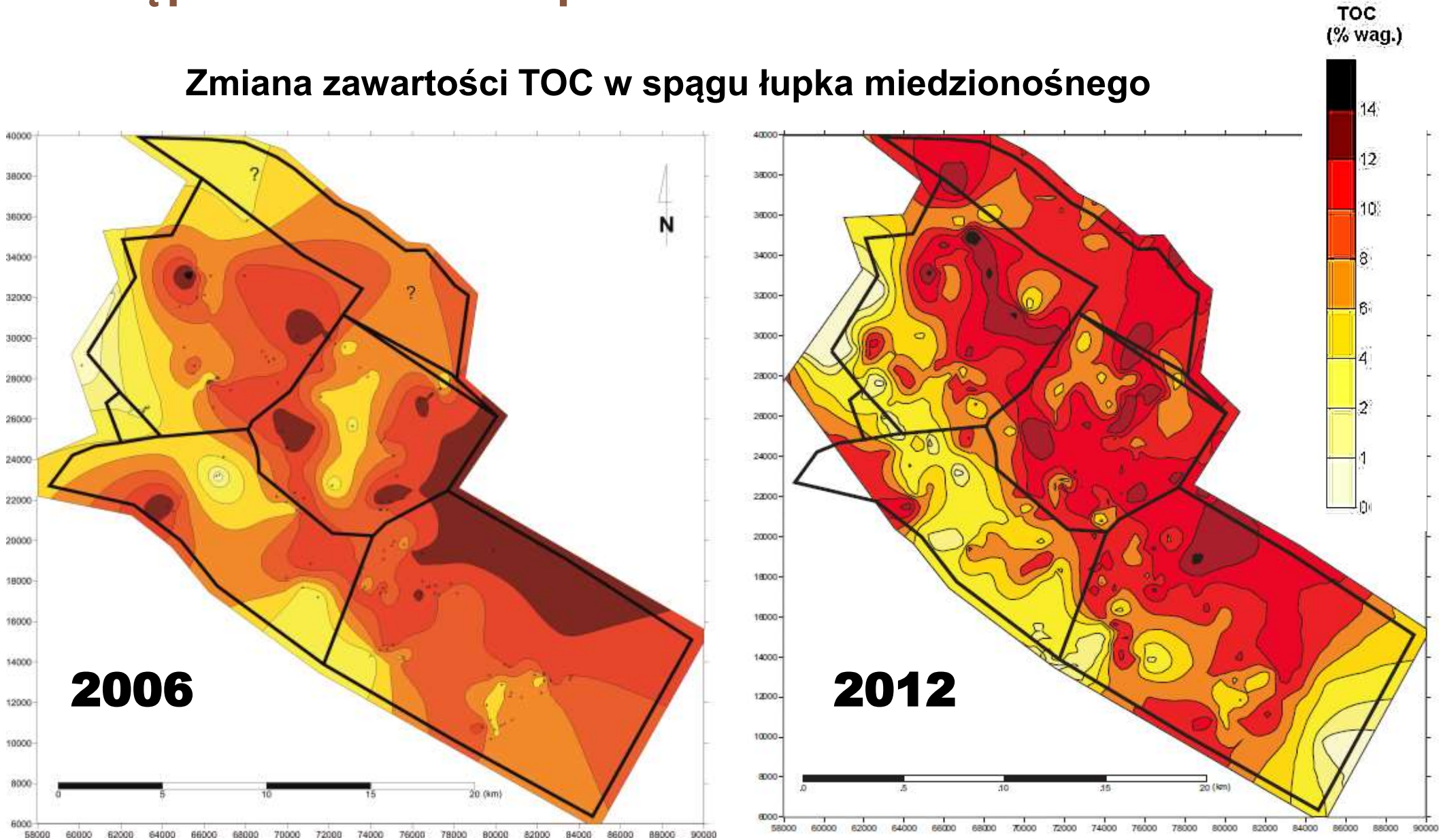
Fot. Pieczonka, Pieszczyński, 2011

Źródło węgla organicznego to kopalna materia organiczna pochodząca głównie z organizmów morskich (algi, bakterie, fitoplankton)

Formy występowania:
- laminy, okruchy, skupienia
- przerosty z minerałami ilastymi
- zrosty z siarczkami metali

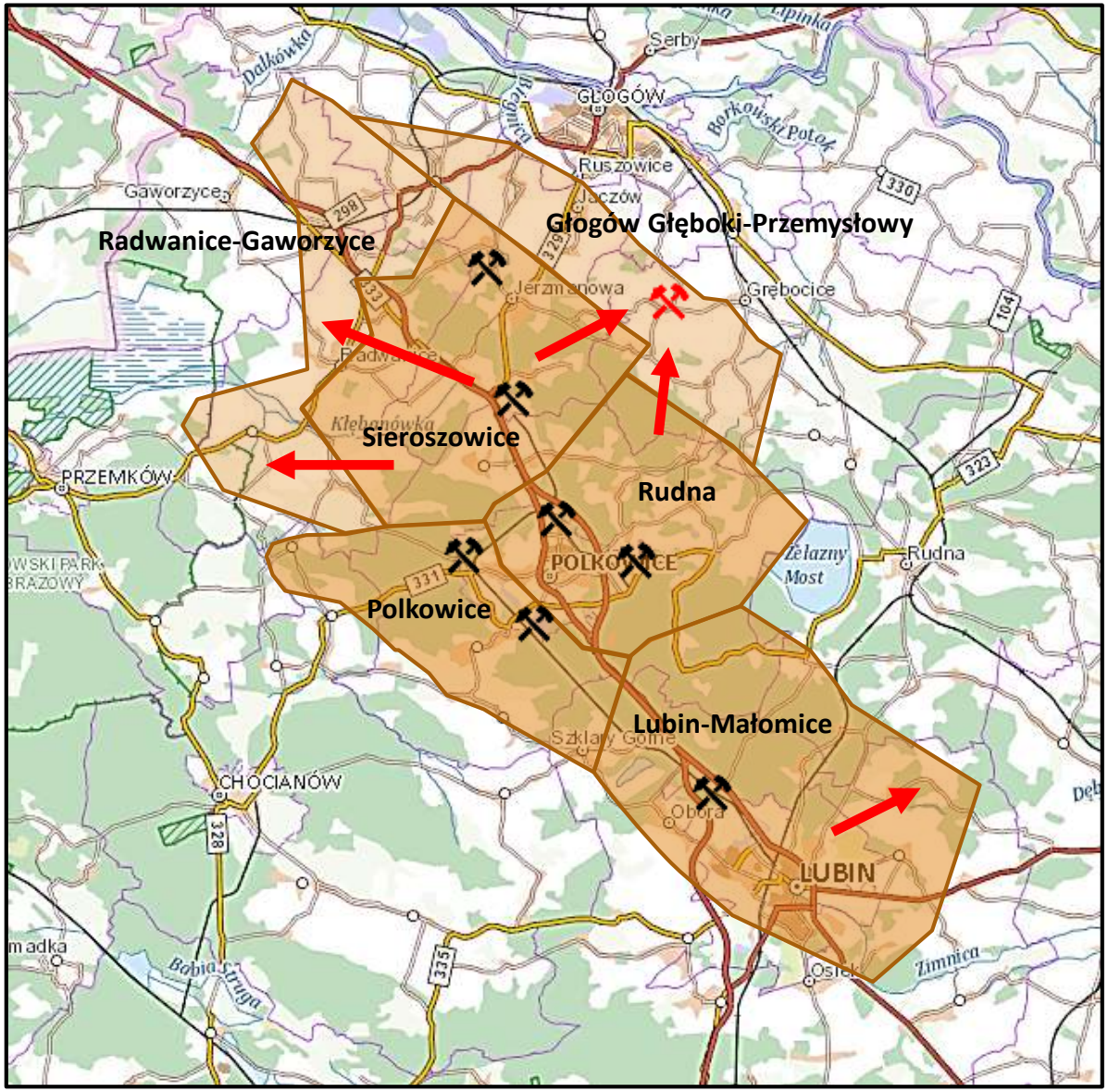
Postęp badań nad rozpoznaniem zawartości TOC w złożu

Zmiana zawartości TOC w spągu łupka miedzionośnego



Rys. 3.33. Mapa wartości TOC w spągu łupku miedzionośnego w obszarach kopalnianych KGHM P.M. S.A.

Kierunki ekspansji zagospodarowania złoża LGOM



Istniejące szyby wydobywcze

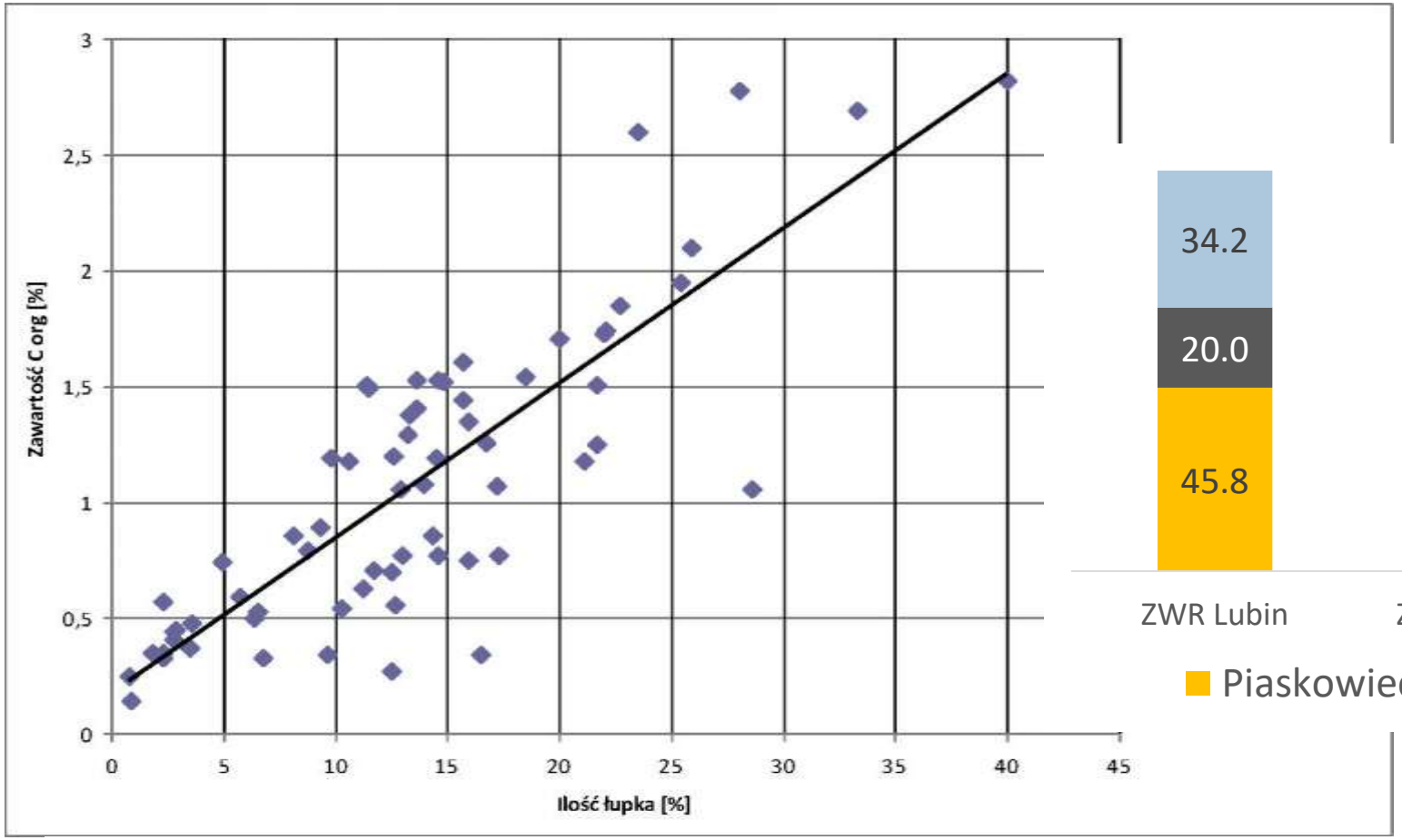
Pola szybowe w budowie

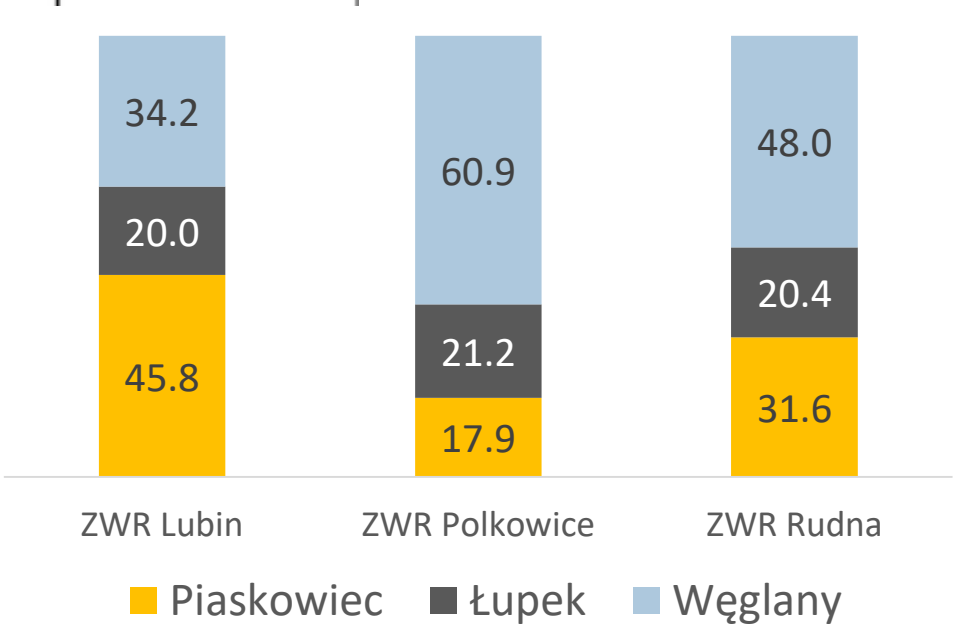
Kierunki udostępniania złoża / robót przygotowawczych

Zawartości TOC w udostępnianych i perspektywicznych obszarach złoża mogą sięgać 10% (jeszcze w obecnej dekadzie) .

Zawartość TOC w urobku a litologia złoża

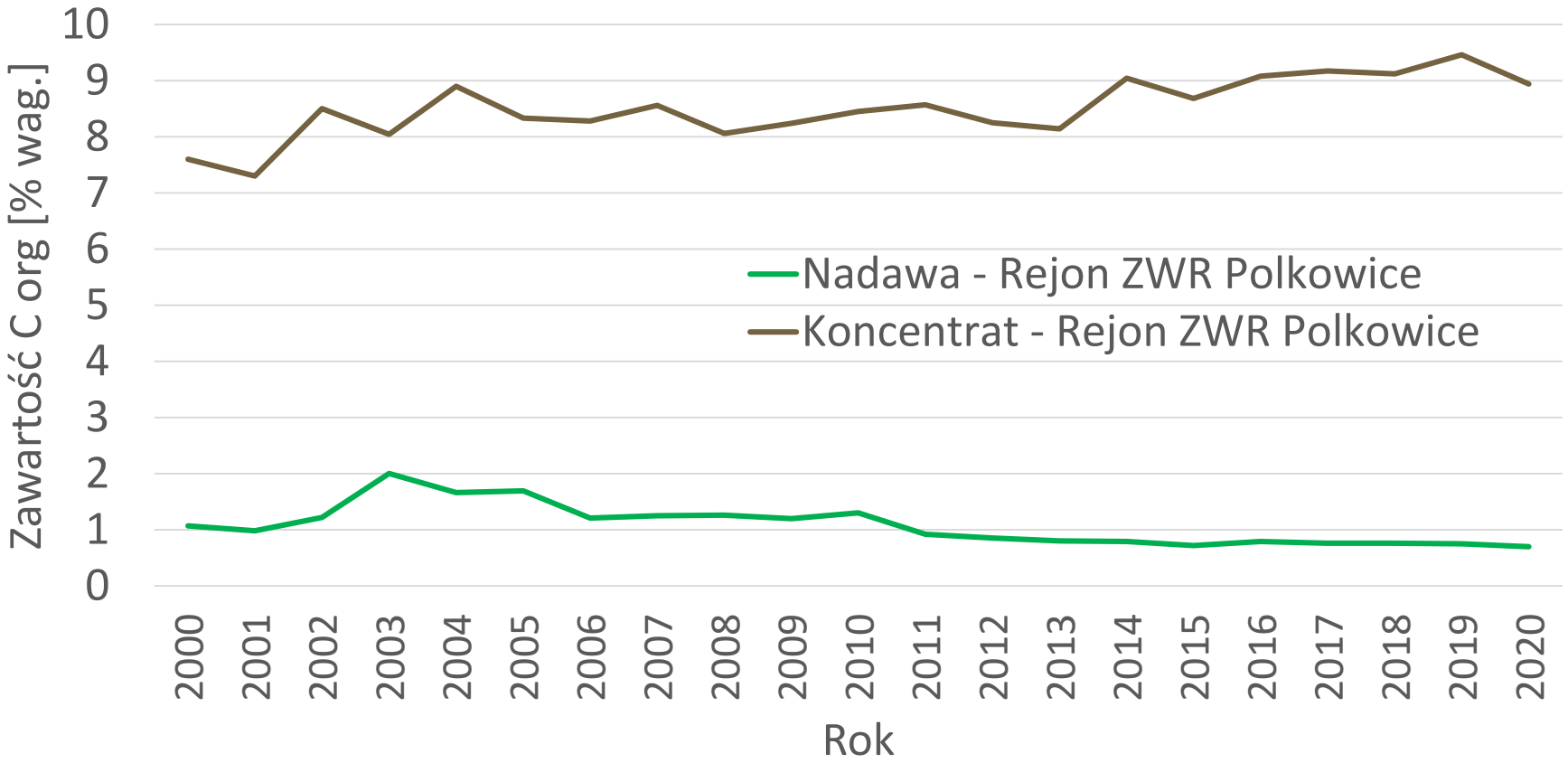
Zależność pomiędzy zawartością łupków w nadawie a zawartością węgla organicznego.





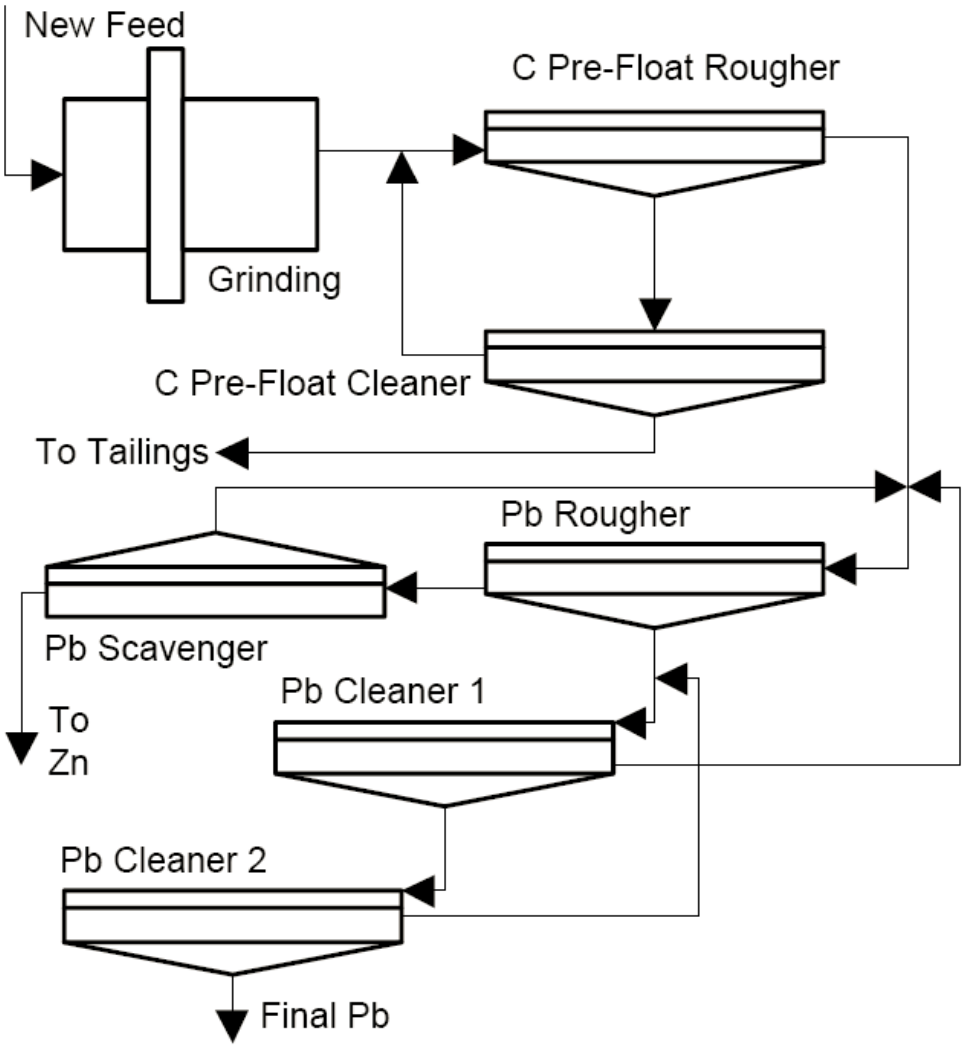
Pępkowski, Silski, 2013

Kinetyka wzbogacania Corg



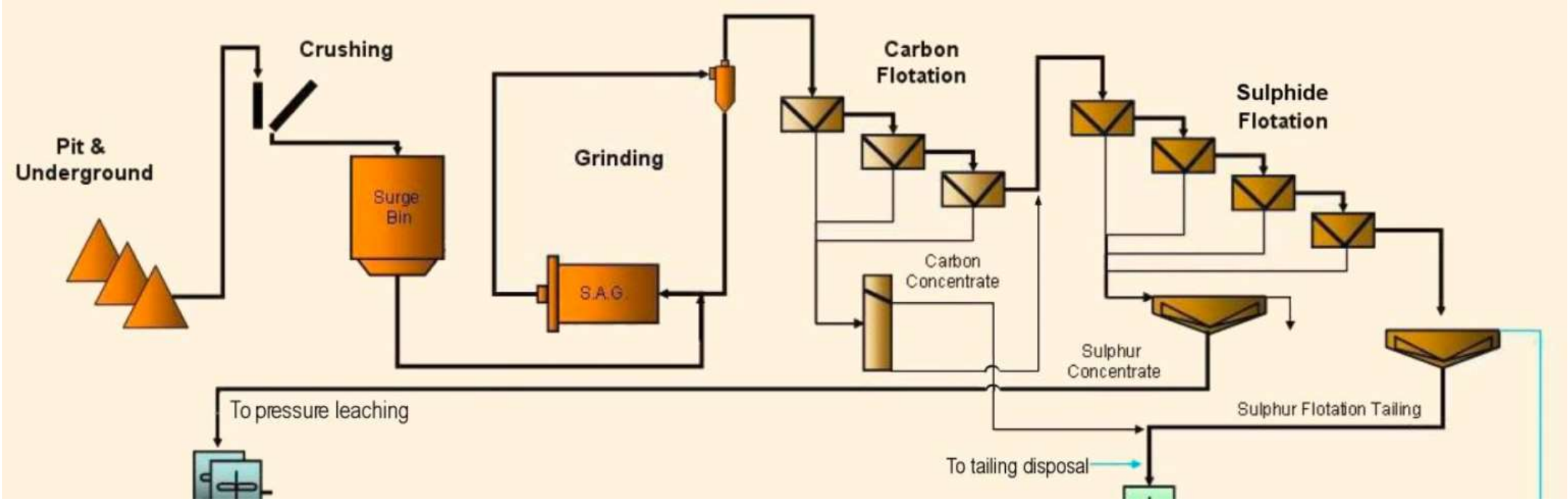
Zbliżona kinetyka flotacji węgla organicznego do siarczków miedzi powoduje postępujący wzrost zawartości C_{org} w koncentratach rejonów produkcyjnych KGHM

Eliminacja węgla organicznego – przykład Century Mine, NW Quensland Australia (Healy 2005)



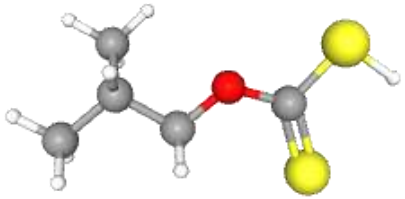
- Flotacja wstępna prowadzona bez odczynników zbierających,
- Flotacja główna prowadzona z odczynnikami zbierającymi (ksantogeniany) przy jednoczesnej depresji TOC dekstryną.

Eliminacja węgla organicznego – przykład Kittila Mine w północnej Finlandii (Doucet i in. 2009)

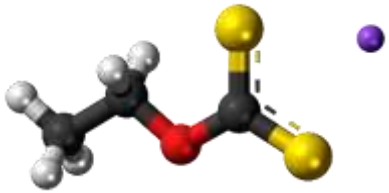


Preflotacja prowadzona jedynie z odczynnikami pianotwórczymi, koncentrat kierowany do kolumny separacyjnej, skąd bogaty w TOC koncentrat traktowany jest jako odpad.

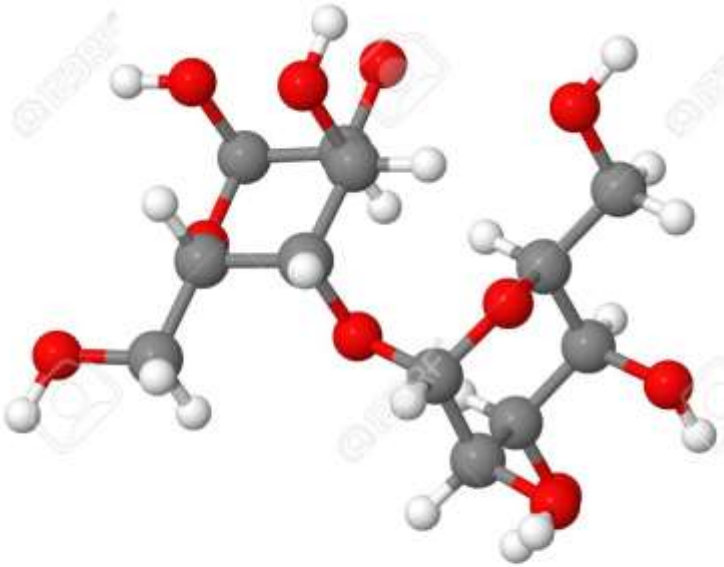
Maltodekstryna – depresor TOC w procesie flotacji



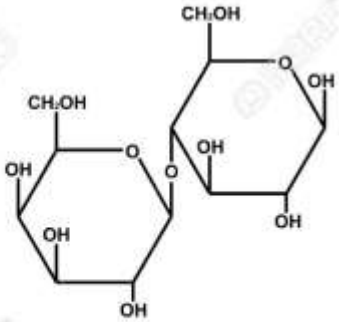
SEX



SIBX

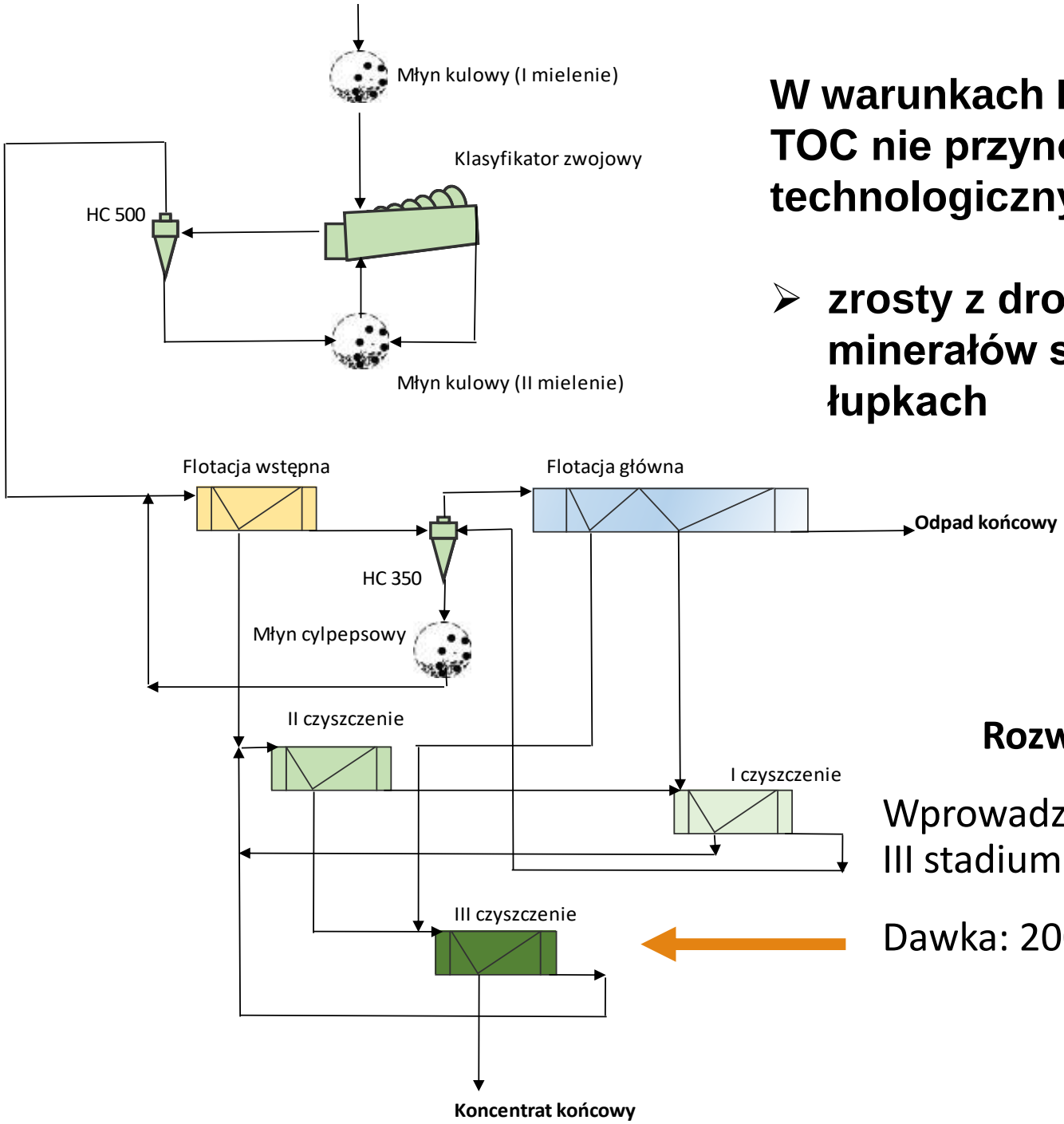


Monomer maltodekstryny



$C_{12}H_{22}O_{11}$

Porównanie mas cząsteczkowych i właściwości depresujących maltodekstryny wobec węgla organicznego



W warunkach KGHM preflotacja TOC nie przynosi efektów technologicznych:

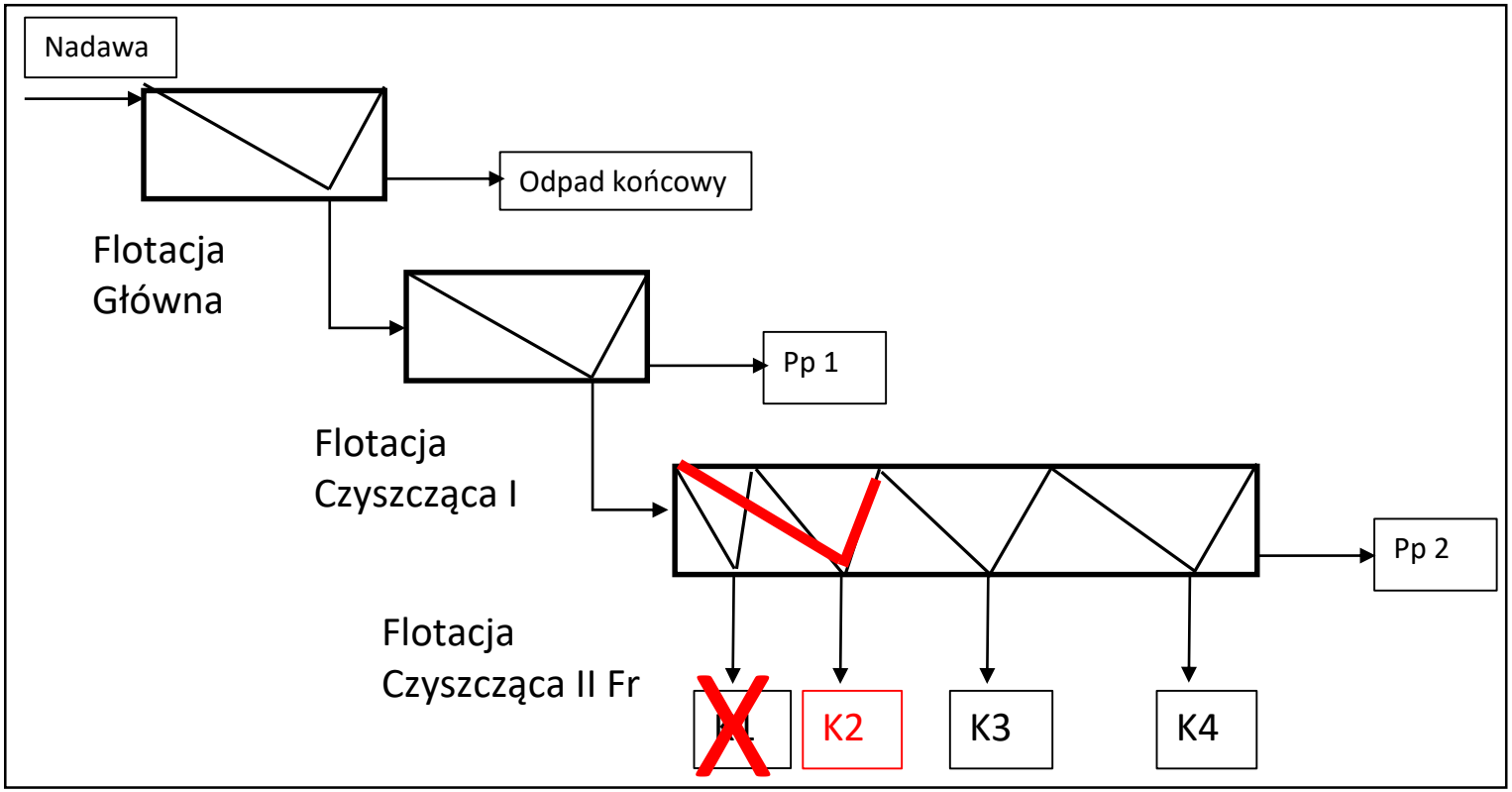
- **zrosty z drobnymi ziarnami minerałów siarczkowych w łupkach**

Rozwiązanie alternatywne

Wprowadzenie maltodekstryny do III stadium flotacji czyszczących.

Dawka: 200g / t nadawy na III czyszcz.

Część doświadczalna – modyfikacja schematu flotacji



Warunki prowadzenia eksperymentów flotacyjnych:

- maszynka flotacyjna typu Denver, komory o pojemnościach 2,5 dm^3 (FG i FCz I) oraz 1,5 dm^3 (FCz II Fr)
- zagęszczenie części stałych 300 g/dm^3
- odczynnik zbierający: mieszaninę etylowego i izobutylowego ksantogenianu sodu (60:40) – dawka 80g/Mg
- **odczynnik depresujący – maltodekstryna – dawka 200g/Mg**
- odczynnik pianotwórczy; mieszanina alkilopoliglikoli – dawka 20g/Mg

Wszystkie stadia eksperymentu przeprowadzono dwukrotnie

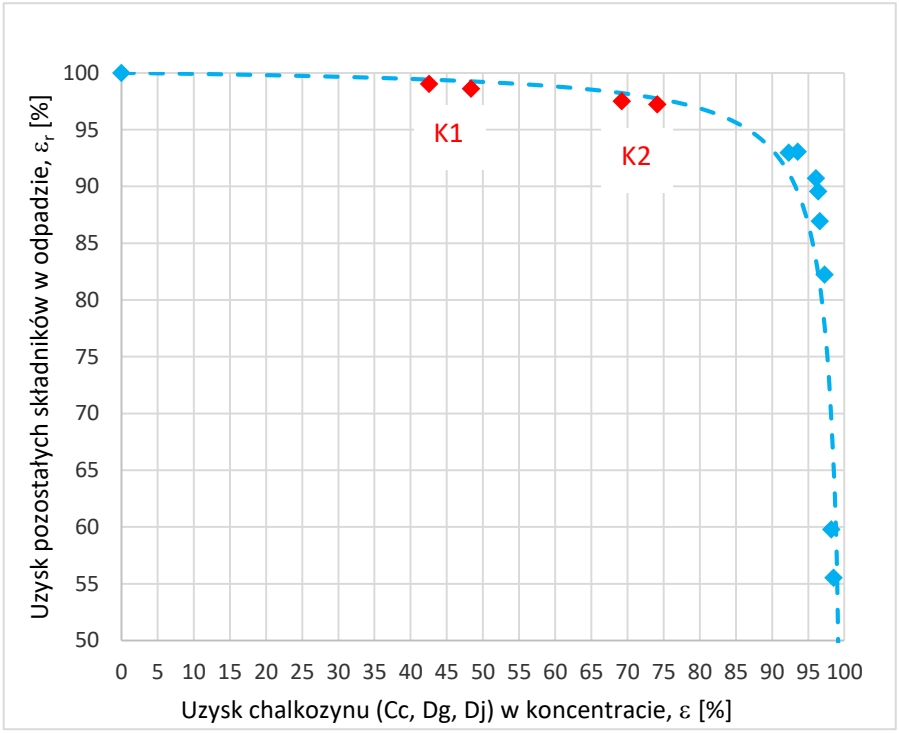
Część doświadczalna – nikły wpływ wydzielania I koncentratu

Flotacja laboratoryjna - I eksperyment

Etap flotacji	Czas flotacji [min]	Produkt	Wychód g[%]	Zawartość Cc I[%]	Zawartość Cc skumul. b[%]	Uzysk Cc e[%]	Uzysk Cc skumul. Se[%]	Uzysk nieuż. w odp. skum. Se_r[%]	Krzywa Feurstenaua symetryczna		
									Krzywa regresji f(Se,a)	Wskaźnik a	Kwadrat różnicy $(f(Se)-Se_r)^2$
	0						0,00	100,00	100,00	100,83	0,00
FCz II	1,5	K1	1,61	40,944	40,944	42,58	42,58	99,03	99,40		0,13
FCz II	4	K2	1,93	21,441	30,326	26,65	69,24	97,50	98,19		0,48
FCz II	10	K3	4,82	7,424	17,116	23,10	92,34	92,97	91,02		3,79
FCz II	20	K4	3,42	1,829	12,678	4,04	96,37	89,56	82,13		55,21
FCz II	20	P2	7,23	0,197	7,930	0,92	97,29	82,23	77,26		24,71
FCz I	25	P1	26,30	0,072	3,368	1,22	98,52	55,53	64,77		85,41
FG	35	OK	54,70	0,042	1,549	1,48	100,00	0,00	0,00		0,00
	Nadawa		100,00	1,549						Suma	169,73
			Nad. ozn.	1,482							

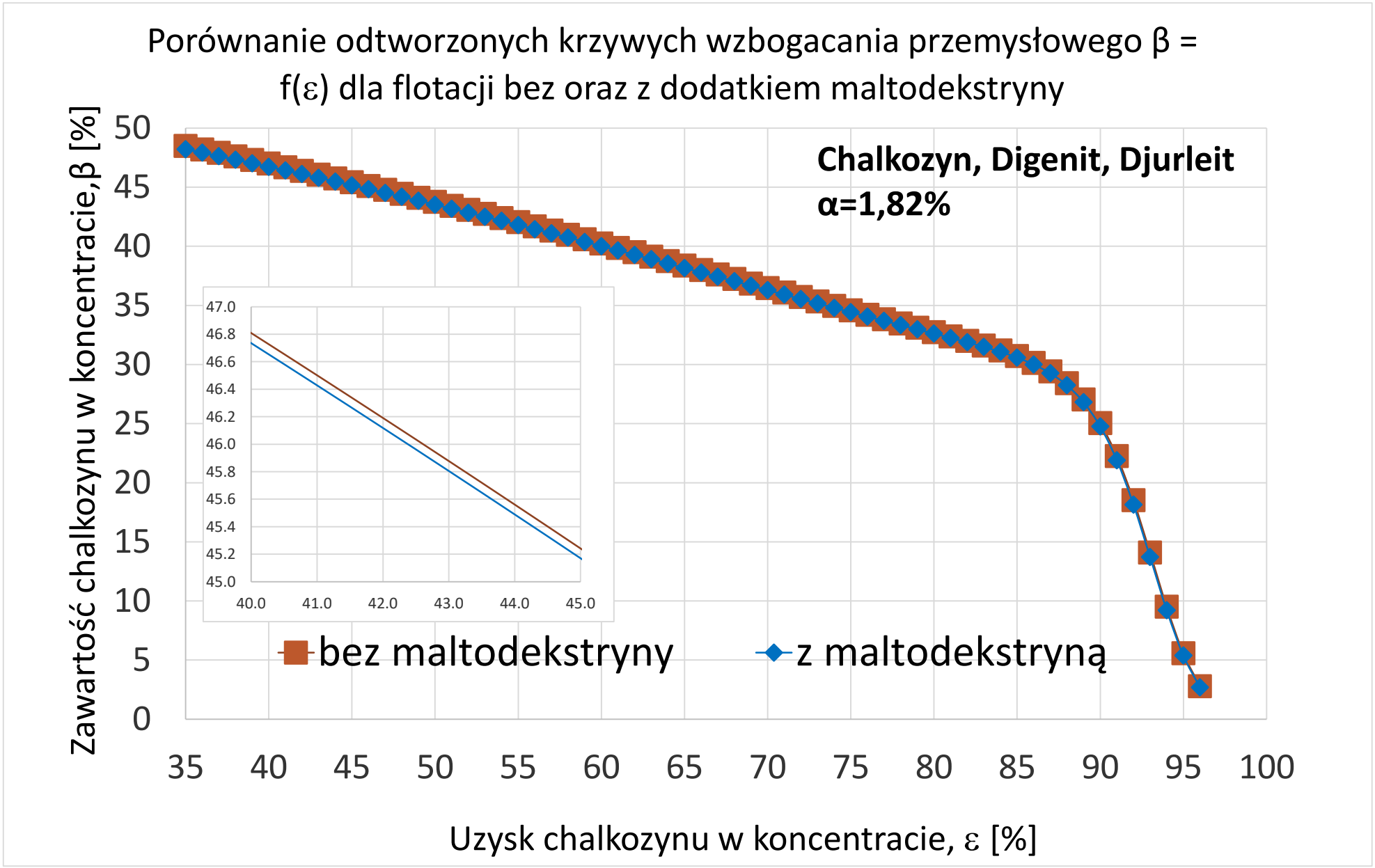
Flotacja laboratoryjna - II eksperyment

Etap flotacji	Czas flotacji [min]	Produkt	Wychód g[%]	Zawartość Cc I[%]	Zawartość Cc skumul. b[%]	Uzysk Cc e[%]	Uzysk Cc skumul. Se[%]	Uzysk nieuż. w odp. skum. Se_r[%]	Krzywa Feurstenaua symetryczna		
									Krzywa regresji f(Se,a)	Wskaźnik a	Kwadrat różnicy $(f(Se)-Se_r)^2$
	0						0,00	100,00	100,00	100,80	0,00
FCz II	1,5	K1	2,09	34,073	34,073	48,37	48,37	98,60	99,26		0,44
FCz II	4	K2	1,74	21,896	28,553	25,78	74,14	97,22	97,77		0,30
FCz II	10	K3	4,39	6,525	16,786	19,43	93,57	93,05	89,62		11,82
FCz II	20	K4	2,35	1,574	13,406	2,51	96,08	90,71	83,68		49,38
FCz II	20	P2	3,72	0,216	9,976	0,54	96,62	86,94	81,45		30,17
FCz I	25	P1	26,78	0,087	3,528	1,58	98,20	59,79	69,70		98,18
FG	35	OK	58,93	0,045	1,475	1,80	100,00	0,00	0,00		0,00
	Nadawa		100,00	1,475						Suma	190,28
			Nad. ozn.	1,257							

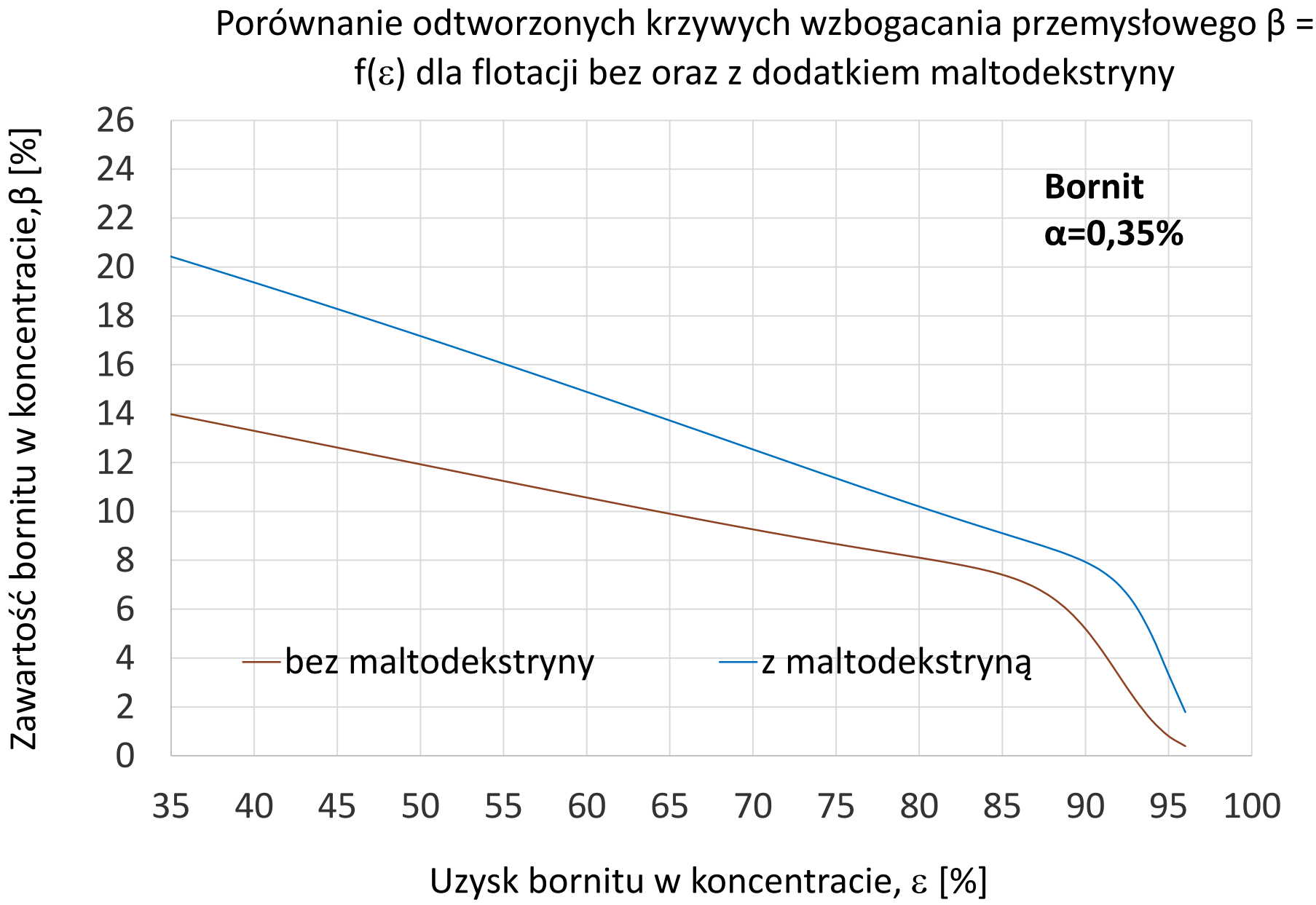


- maszynka

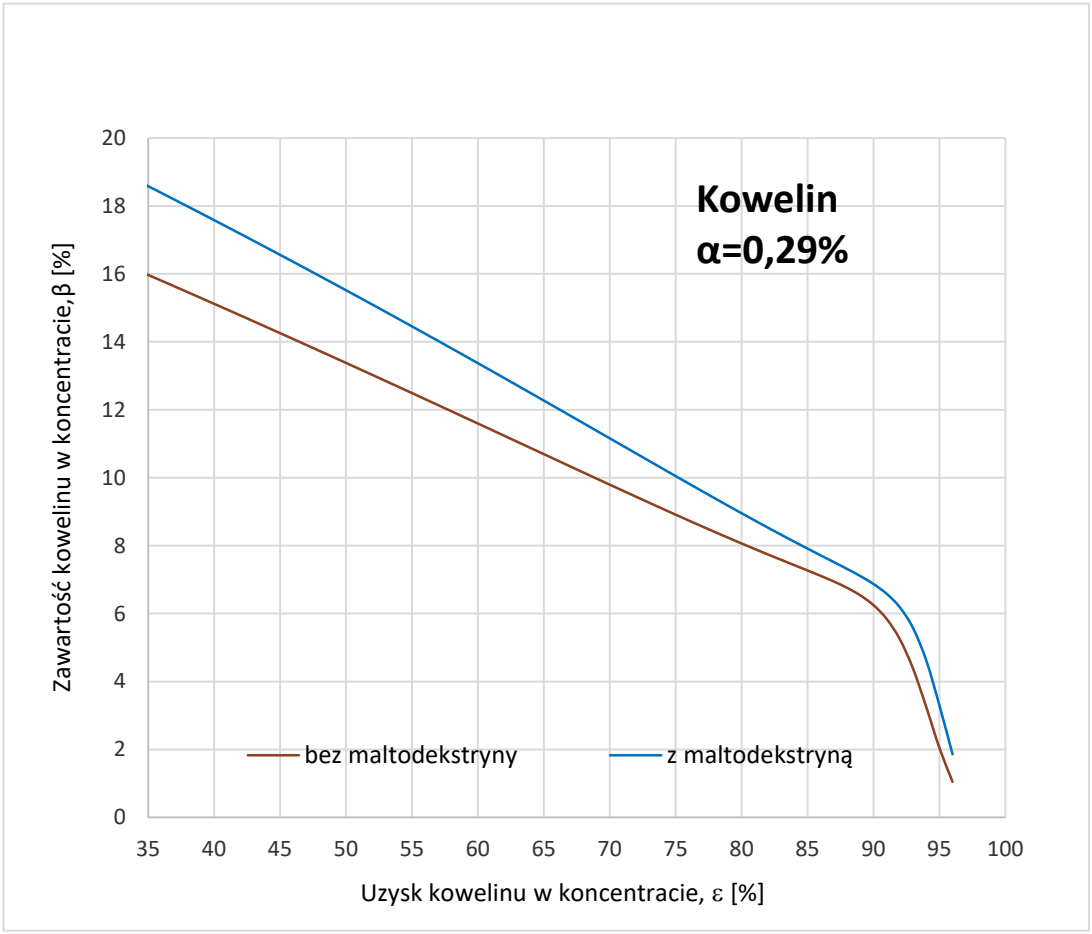
Wyniki badań – porównanie wzbogacania chalkozynu

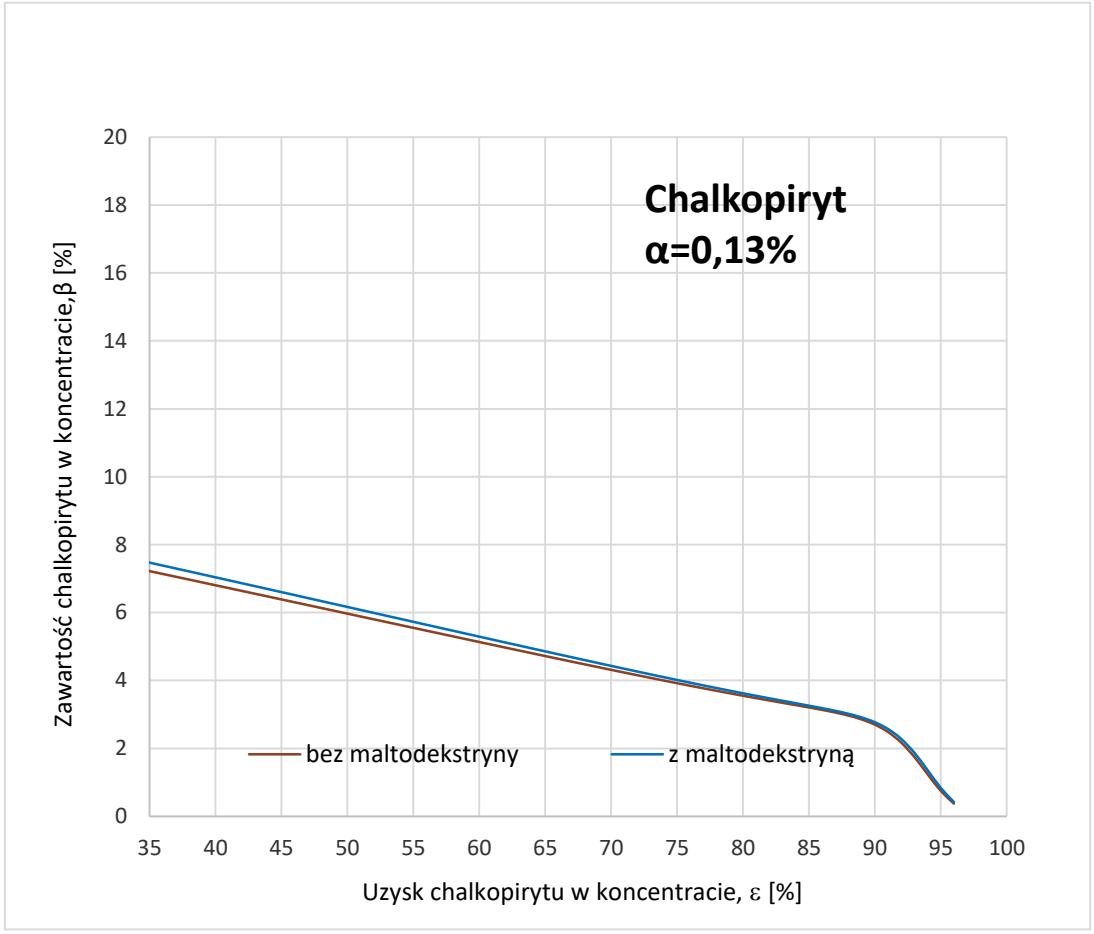


Wyniki badań – porównania dla pozostałych siarczków Cu

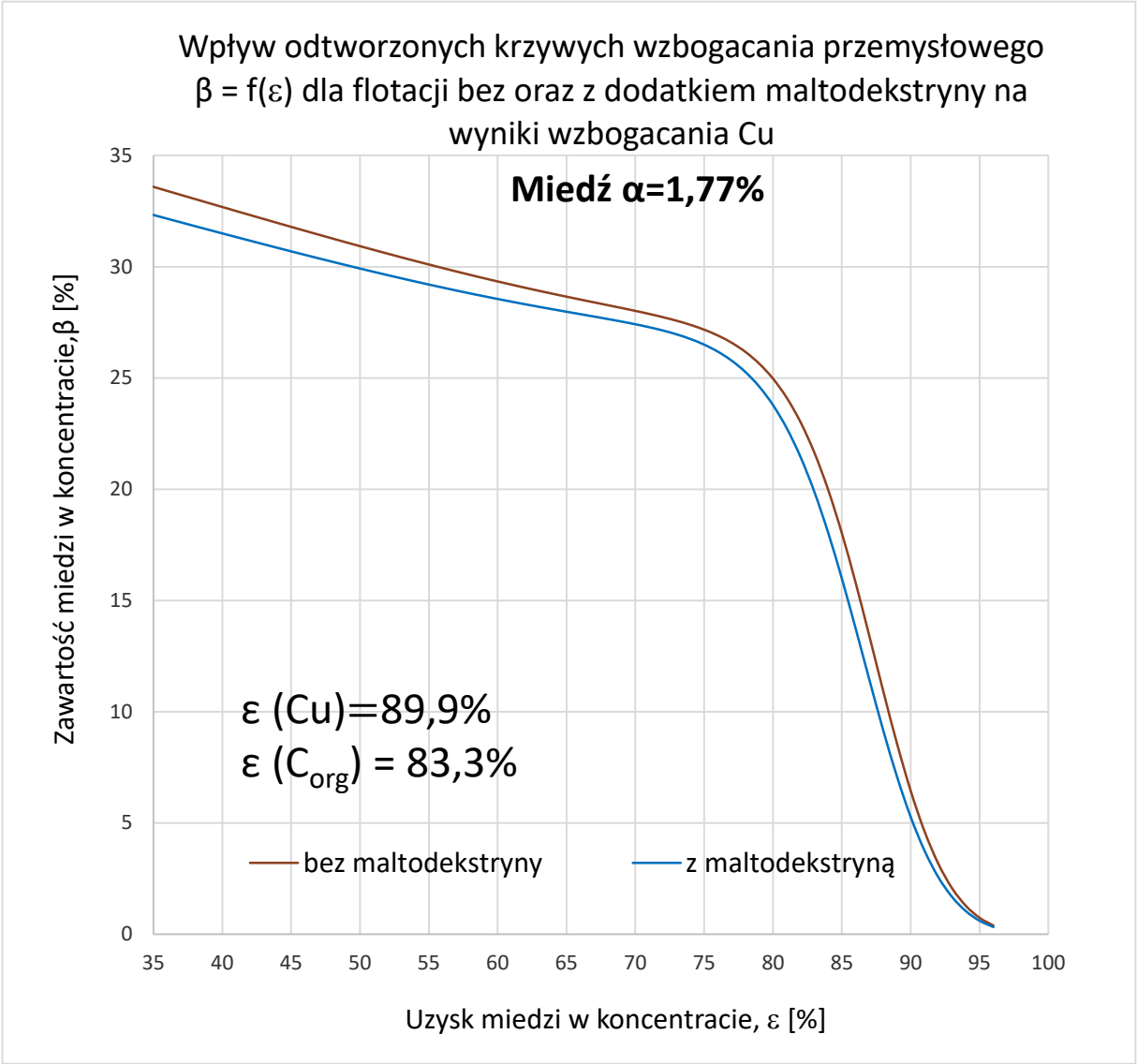


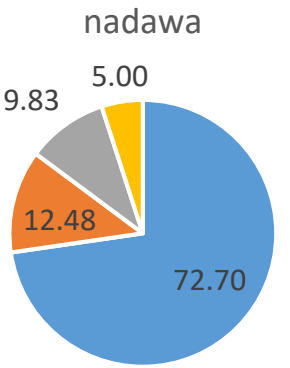
Wyniki badań – porównania dla pozostałych siarczków Cu

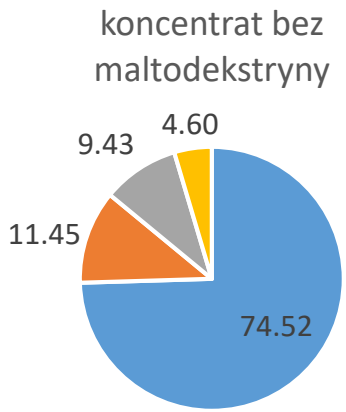


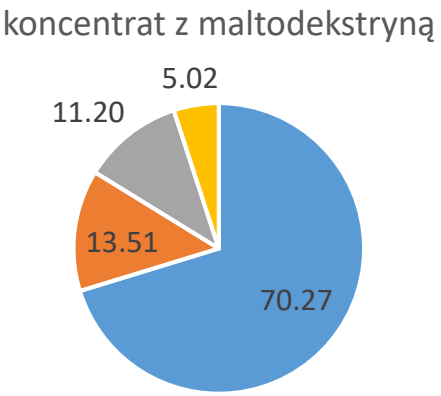


Wyniki badań – krzywa wzbogacania siarczków vs. Cu



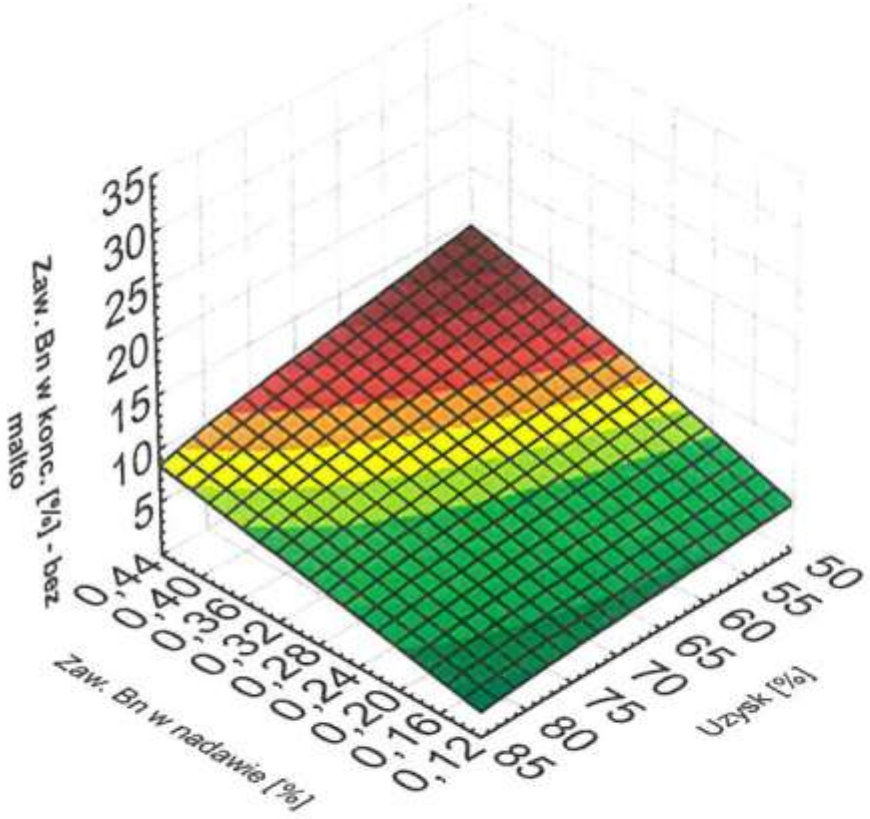


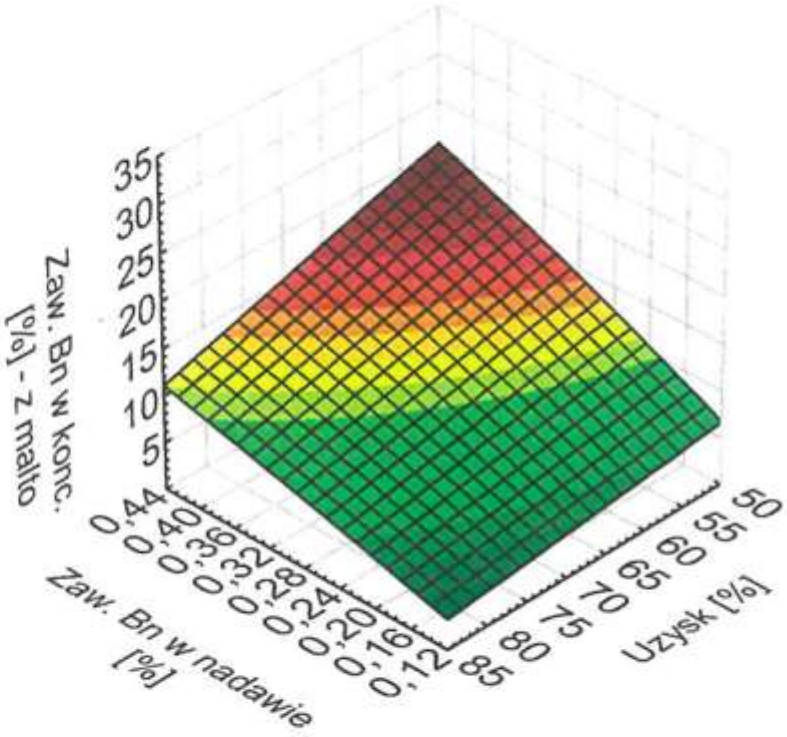




Chlakozyn
Bornit
Kowelin
Chalkopiryt

Wyniki badań – wpływ zastosowania maltodekstryny na parametry wzbogacania bornitu





$$\beta = f(\varepsilon, \alpha) = \frac{100\alpha\varepsilon}{100(100 - \varepsilon_r - \alpha) + \alpha(\varepsilon + \varepsilon_r)}$$

Podsumowanie przeprowadzonych eksperymentów oraz wytyczenie kierunków dalszych badań

1. Zastosowanie maltodekstryny różnicuje zachowanie siarczków w procesie flotacji.
2. Procedura prognozowania wyników wzbogacania przemysłowego może być zastosowana także przy modyfikacjach reżimów odczynnikowych.
3. Dalsze badania chciałbym ukierunkować na:
   - podjęcie próby prognozowania wyników wzbogacania siarczków miedzi dla różnych zawartości minerałów w nadawie (funkcja dwóch zmiennych?),
   - powtórzenie eksperymentu na wybranym ciągu technologicznym przy okazji wprowadzenia innych niż maltodekstryna modyfikacji reżimów odczynnikowych.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



Ocena efektywności wzbogacania minerałów siarczkowych miedzi przy zmianie reżimu odczynnikowego flotacji czyszczących.

Paweł Kurzydło
Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska
KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Zakłady Wzbogacania Rud

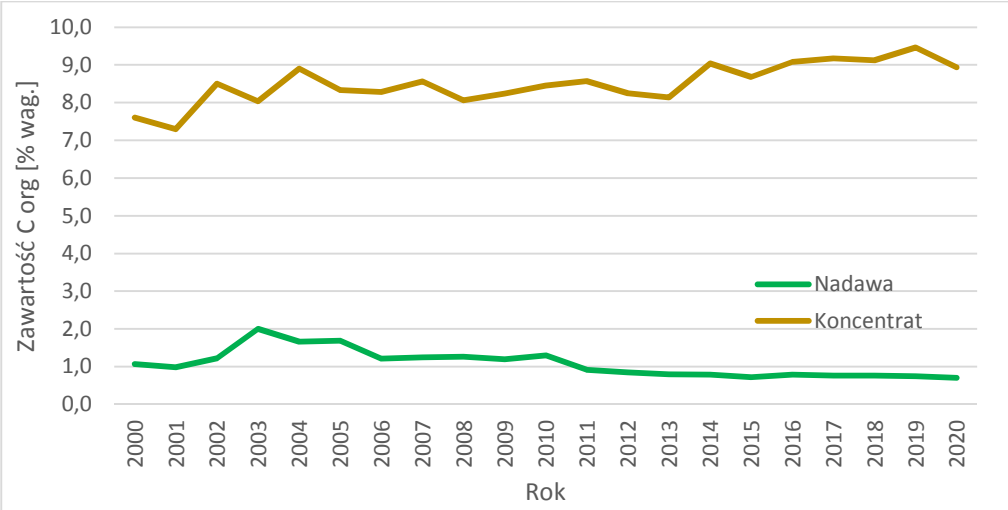
Witold Pawlos
KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Zakłady Wzbogacania Rud

STRESZCZENIE:
Przy wprowadzaniu zmian w procesie wzbogacania flotacyjnego istotnym zagadnieniem jest poprawna ocena ich wpływu na osiągane wyniki produkcyjne. Prognoza parametrów wzbogacania w skali przemysłowej opiera się na przeskalowaniu wyników laboratoryjnych przy pomocy algorytmów. W ostatnim czasie prognozowanie wyników wzbogacania opiera się na analizach mineralogicznych. W referacie omówiono wpływ zmiany reżimu odczynnikowego flotacji czyszczących na efektywność wzbogacania minerałów siarczkowych miedzi w jednym z zakładów KGHM. Doświadczenia laboratoryjne przeprowadzono przy zastosowaniu maltodekstryny niskoscukrzonej jako odczynnika wspomagającego proces flotacji, których celem było podniesienie jakości koncentratów. Dokonano oceny wpływu na efektywność wzbogacania po jej wprowadzeniu w skali przemysłowej. Do interpretacji zmian efektywności przyjęto zależność jakości koncentratu jako funkcji dwóch zmiennych: uzysku i zawartości siarczków w nadawie $\beta = f(\varepsilon,\alpha)$.

SŁOWA KLUCZOWE:
minerały siarczkowe miedzi, flotacja, maltodekstryna, efektywność wzbogacania

1. WPŁYW WYSTĘPOWANIA WĘGLA ORGANICZNEGO W ZŁOŻACH RUD MIEDZI LGOM NA JAKOŚĆ PRODUKOWANYCH KONCENTRATÓW

Dla zapewnienia optymalnej efektywności procesu wzbogacania realizowanego w zakładach KGHM istotne znaczenie ma zawartość i forma występowania domieszek szkodliwych, mających negatywny wpływ na flotację siarczków miedzi. Jedną z substancji wybitnie pogarszających wyniki flotacji jest węgiel organicznego (TOC). Średnia zawartość węgla organicznego we wszystkich odmianach litologicznych rudy wynosi około 1%, jednak największe jego ilości, dochodzące sporadycznie do 10% występują w obszarach złoża o przeważającej litologii łupkowej [6]. Biorąc pod uwagę kierunki ekspansji górniczo-wydobywczej przewiduje się stały wzrost zawartości węgla organicznego w urobku. Negatywny wpływ na proces flotacji i uzyskiwaną jakość koncentratów mają właściwości fizykochemiczne TOC i siarczków, co przekłada się na podobną kinetykę flotacji tych składników. Ponadto substancja organiczna charakteryzuje się silną absorpcją odczynników zbierających, co zwiększa wskaźniki zużycia stosowanych kolektorów [2].



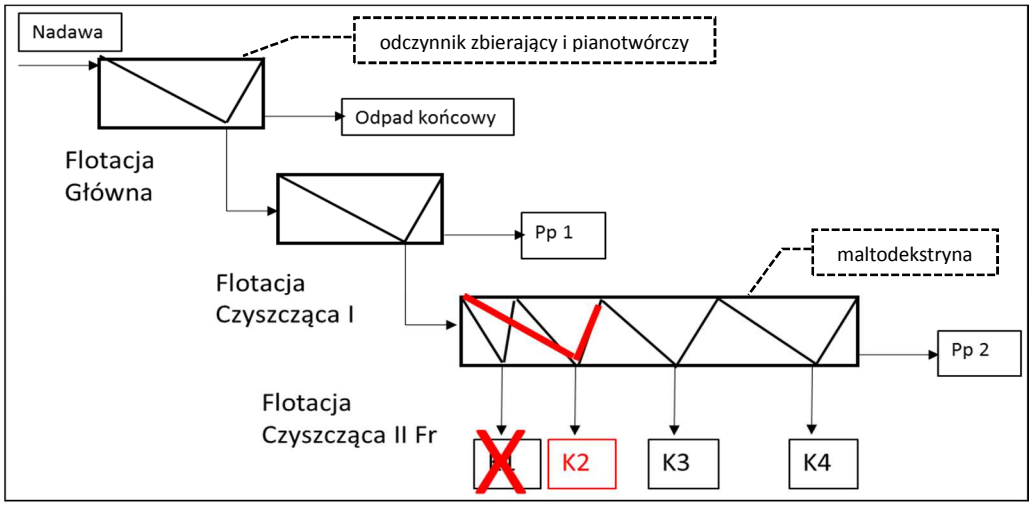
Rys. 1. Zawartość węgla organicznego w nadawie i koncentracie Rejonu ZWR Polkowice.
Fig. 1. The content of total organic carbon in feed and concentrate of Polkowice Plant.

Na podstawie analiz rocznych obserwuje się systematyczny wzrost poziomu węgla organicznego w koncentracie, nawet przy widocznym spadku zawartości Corg w nadawie dostarczanej do zakładu (Rys. 1). Świadczy to o wzrastającej wzbogacalności węgla organicznego w eksploatowanych obecnie partiach złoża, gdzie wzrasta tendencja współwzbogacania TOC wraz z minerałami kruszcowymi.
Znaczne ilości węgla organicznego w koncentracie podwyższają jego kaloryczność ponad limity bezpiecznego prowadzenia procesów pirometalurgicznych w piecach zawiesinowych hut miedzi. Powszechnie stosowaną w światowych zakładach przeróbczych metodą usuwania węgla organicznego jest jego wstępna flotacja (preflotacja) przed stadiami flotacji minerałów użytecznych. W warunkach KGHM zastosowanie procesu preflotacji uniemożliwia produkcję koncentratu o wysokiej jakości bez nadmiernych strat miedzi i innych metali w odpadach ze względu na drobnoziarniste zrosty węgla organicznego z minerałami kruszcowymi. Alternatywnym rozwiązaniem jest zastosowanie maltodekstryny niskoscukrzonej w stadiach flotacji czyszczących w celu depresowania węgla organicznego i zredukowania jego ilości w części produkowanego koncentratu miedzi. Należy jednak zaznaczyć, że ta metoda nie prowadzi do całkowitej eliminacji TOC z produktów wzbogacania rud miedzi.

2. METODYKA BADAWCZA

Zastosowana procedura badawcza obejmowała flotacje w skali laboratoryjnej rudy surowej pobranej z procesu przemysłowego, natomiast ocenę wzbogacalności przemysłowej przeprowadzono na drodze kinetycznego rozflotowanie ostatecznych produktów przemysłowych (koncentrat i odpad końcowy). Wszystkie badania odbywały się w reżimie odczynnikowym obejmującym dozowanie maltodekstryny (Rys. 2). W warunkach laboratoryjnych wykonano flotacje w układzie otwartym z kinetycznym rozflotowaniem produktów ostatniego stadium. Metodyka badawcza została ustalona podczas eksperymentów

prowadzonych przez ten sam zespół badawczy w ramach prac nad porównaniem wzbogacania minerałów siarczkowych miedzi w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych [1].
Wprowadzono modyfikację metody badawczej polegającą na rezygnacji z wydzielania pierwszego koncentratu w drugim stadium flotacji czyszczącej obejmującej rozflotowanie kinetyczne (Rys. 2). Przyczyną modyfikacji była obserwacja podczas poprzedniej tury badań niewielkiego wpływu wydzielania pierwszego koncentratu na wyznaczone równania regresji krzywych wzbogacania.



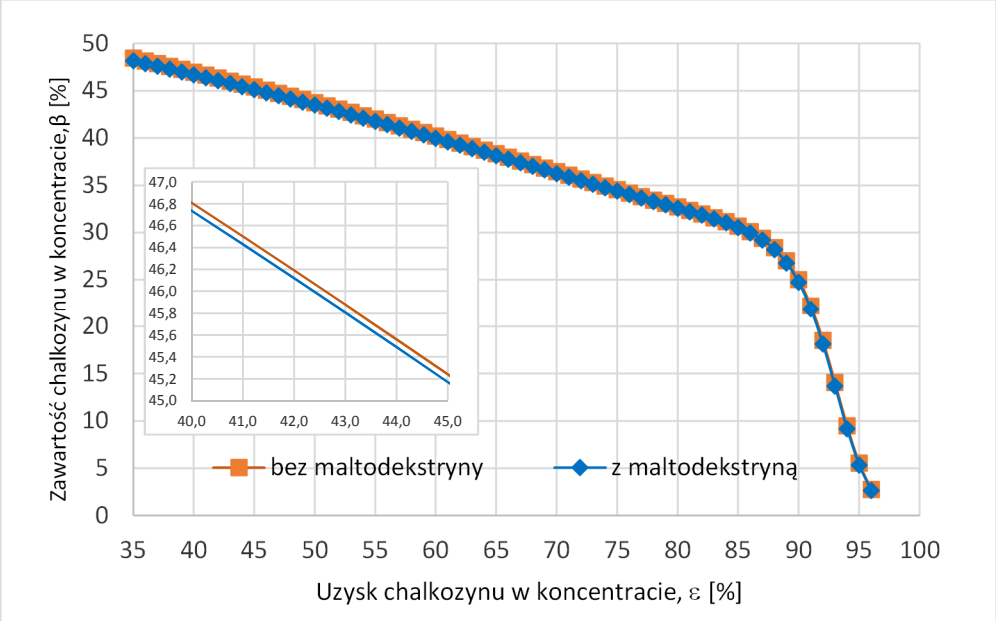
Rys. 2. Modyfikacja badań w skali laboratoryjnej.
Fig. 2. The alteration of experiments in laboratory scale.

Pobrane z procesu przemysłowego próbki rudy surowej poddano rozdrabnianiu w czasie 80 minut w laboratoryjnym młynku kulowym o pojemności 2,5 dm^3 wypełnionym w 40% ładunkiem kul ze stali nierdzewnej o średnicach od 10 do 30 mm, jednorazowy wsad do mielenia składał się z 800 g rudy i 500 cm^3 wody pobranej z badanego ciągu technologicznego. Próbki koncentratu i odpadu końcowego zostały bezpośrednio poddane eksperymentom flotacyjnym.
Badania flotacyjne prowadzono w laboratoryjnej mechanicznej maszynce flotacyjnej typu Denver D12, z samozasysającym powietrze wirnikiem, w komorach o pojemnościach 2,5 dm^3 (FG i FCz I) oraz 1,5 dm^3 (FCz II Fr). Zagęszczenie części stałych w komorze flotacyjnej na początku eksperymentów wynosiło około 300 g/dm^3.
Badania flotacyjne produktów przemysłowych polegały na przeprowadzeniu jednostadialnego rozflotowania kinetycznego próbek i wydzieleniu pięciu produktów pianowych dla koncentratu końcowego i trzech dla odpadu.
W badaniach użyto takich samych odczynników jak stosowane w warunkach przemysłowych:
– odczynnik zbierający: mieszaninę etylowego i izobutylowego ksantogenianu sodu (60:40),
– odczynnik pianotwórczy; mieszanina alkilopoliglikoli.
– odczynnik wspomagający: maltodekstryna niskoscukrzona
Wszystkie odczynniki flotacyjne dozowano do zawiesiny flotacyjnej w postaci wodnych roztworów. Każdy z roztworów przygotowywano bezpośrednio przed rozpoczęciem testu flotacji.

Podczas flotacji nadaw odczynnik zbierający był podawany na początku flotacji głównej, przy czym całkowitą dawkę (80 g/Mg) rozdzielano na dwie części: 60% odczynnika było podawane na początku flotacji głównej, natomiast 40% po upływie 5 minut. Spieniacz był dozowany jednorazowo na początku eksperymentu w dawce 20 g/Mg. Podczas flotacji koncentratu końcowego do zawiesiny nie dodawano odczynników flotacyjnych, natomiast w przypadku odpadu końcowego flotacją prowadzono w obecności odczynnika zbierającego w ilości 5 g/Mg. Maltodekstrynę dozowano jedynie do drugiego stadium flotacji czyszczącej.
Każdy z otrzymanych produktów flotacji przemywano wodą destylowaną w celu wypłukania soli rozpuszczonych w wodzie technologicznej filtrując zawiesiny na lejku Büchnera. Produkty następnie ważono i przygotowywano uśrednione próbki do oznaczeń laboratoryjnych na zawartość miedzi oraz analiz mineralnych techniką QEMSCAN.

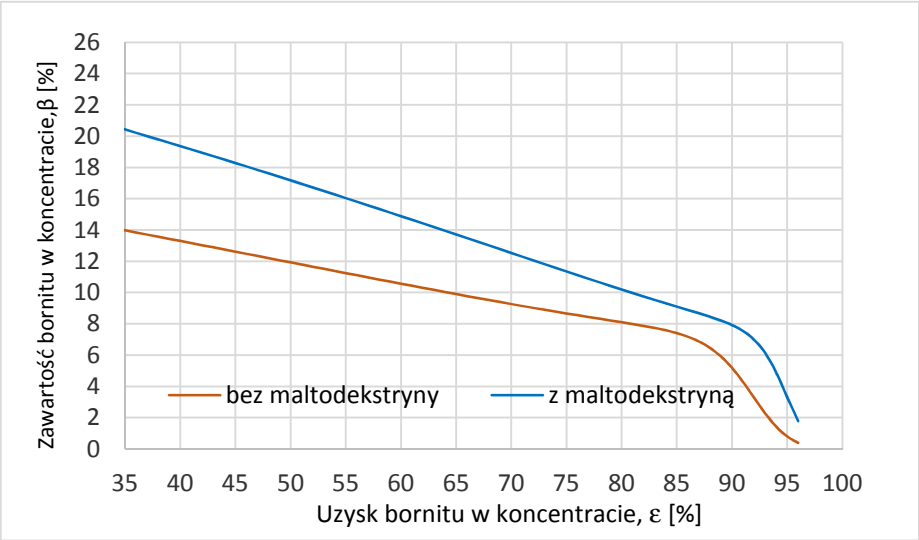
3. PRZEDSTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ LABORATORYJNYCH

Wykonane oznaczenia mineralogiczne umożliwiły sporządzenie bilansów flotacyjnych dla czterech, najbardziej miedzionośnych, minerałów: chalkozynu (jako suma chalkozynu, digenitu i djurleitu), bornitu, kowelinu i chalkopirytu. Na ich podstawie sporządzono krzywe wzbogacania Halbicha dla każdego z minerałów. Na rys. 3-6 przedstawiono porównanie efektywności wzbogacania minerałów bez dodatku oraz przy wprowadzeniu maltodekstryny jako środka wspomagającego proces flotacji. Widoczny jest niewielki wpływ zastosowania maltodekstryny na chalkozyn, dominujący pod względem ilościowym minerał miedzionośny.

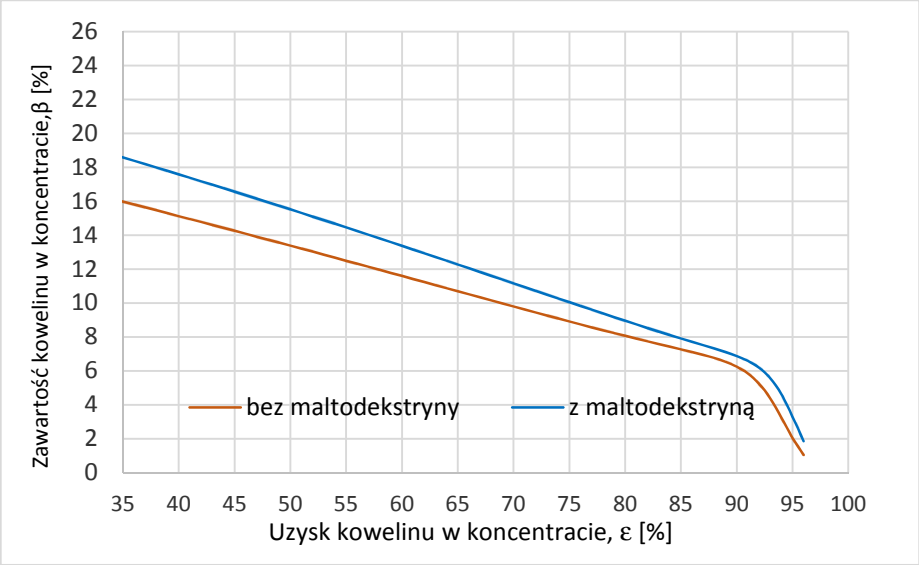


Rys. 3. Porównanie wzbogacania chalkozynu dla flotacji bez oraz z dodatkiem maltodekstryny (powiększony obszar dla uzysków w zakresie ε = 40-45%).
Fig. 3. The comparison of beneficiation of chalcocite for flotation without and with addition of maltodextrine (enlarged area for recoveries in range ε = 40-45%).

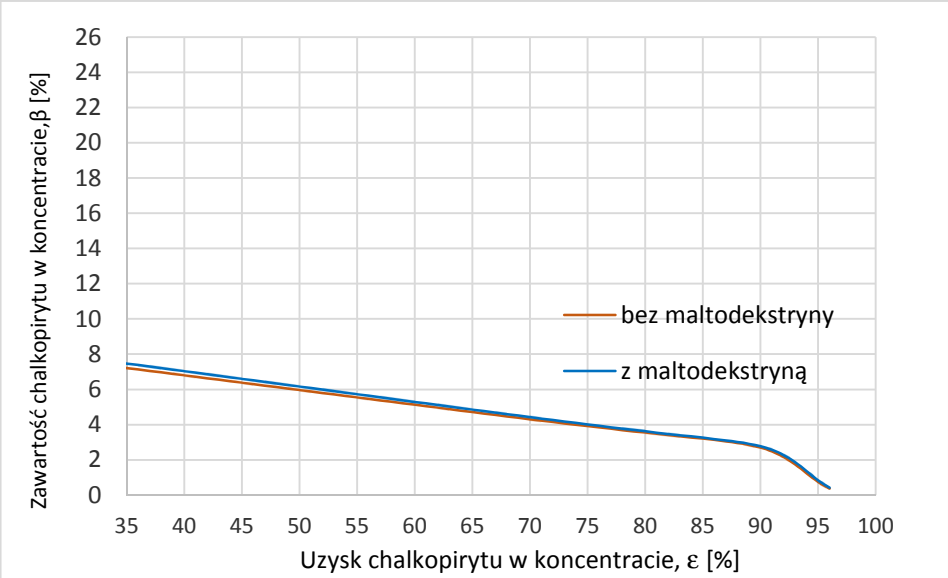
W odróżnieniu od chalkozynu przeprowadzone badania wskazują na wyraźnie zauważalną wyższą efektywność wzbogacania pozostałych minerałów siarczkowych miedzi po wprowadzeniu maltodekstryny.



Rys. 4. Porównanie wzbogacania bornitu dla flotacji bez oraz z dodatkiem maltodekstryny.
Fig. 4. The comparison of beneficiation of bornite for flotation without and with addition of maltodextrine.



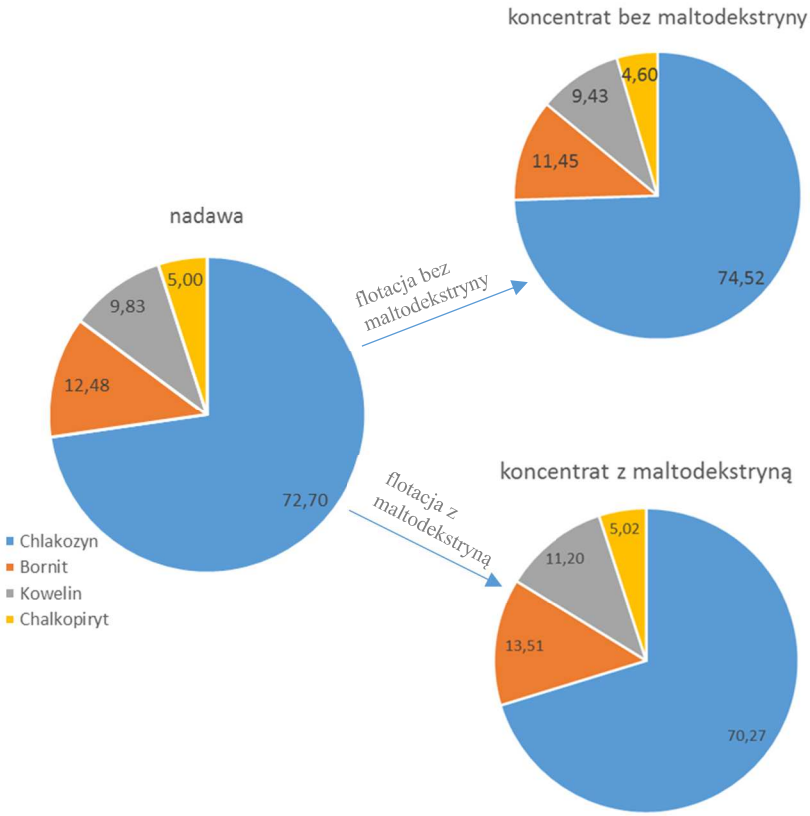
Rys. 5. Porównanie wzbogacania kowelinu dla flotacji bez oraz z dodatkiem maltodekstryny.
Fig. 5. The comparison of beneficiation of covellite for flotation without and with addition of maltodextrine.



Rys. 6. Porównanie wzbogacania chalkopirytu dla flotacji bez oraz z dodatkiem maltodekstryny.
Fig. 6. The comparison of beneficiation of chalcopyrite for flotation without and with addition of maltodextrine.

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Obserwacje efektywności wzbogacania poszczególnych minerałów pozwalają dostrzec różnicę wpływu maltodekstryny na jakość otrzymywanych koncentratów. W badanym materiale głównym minerałem siarczkowym jest chalkozyn, jednakże jego kinetyka flotacji nie uległa widocznej zmianie po wprowadzeniu maltodekstryny. Odmiennie zachowują się pozostałe siarczki miedzi, lecz ich udział w nadawie jest wyraźnie mniejszy, zatem wzrost efektywności ich flotacji nie przekłada się na wyraźnie polepszenie jakości koncentratów, mierzonej zawartością Cu. Fenomen zróżnicowanego zachowania się siarczków w obecności maltodekstryny jako depresora materii organicznej wymaga pogłębionej analizy literatury oraz potwierdzenia na drodze dalszych badań laboratoryjnych.
Przeprowadzone analizy mineralogiczne produktów wzbogacania w warunkach przemysłowych pozwoliły także na potwierdzenie wpływu maltodekstryny na strukturę udziałów siarczków miedzi w otrzymywanych koncentratach (Rys. 7). Niezależnie od rozpoznania przyczyn pomijalnego znaczenia wprowadzenia depresora węgla na wzbogacanie chalkozynu, otrzymane wyniki umożliwiły szerszą interpretację danych, istotnych dla prowadzenia procesu w skali przemysłowej. Zróżnicowane pod względem mineralogicznym złoże LGOM stanowi duży potencjał badawczy dotyczący wpływu maltodekstryny na wzbogacanie siarczków miedzi. Wschodnia część złoża (obszar Lubin-Małomice) obejmuje strefę bogatego występowania bornitu, chalkopirytu, a także towarzyszących minerałom miedzi sfalerytu i galeny. Przeprowadzone badania uzasadniają rozszerzenie eksperymentów na inne obszary złożowe.



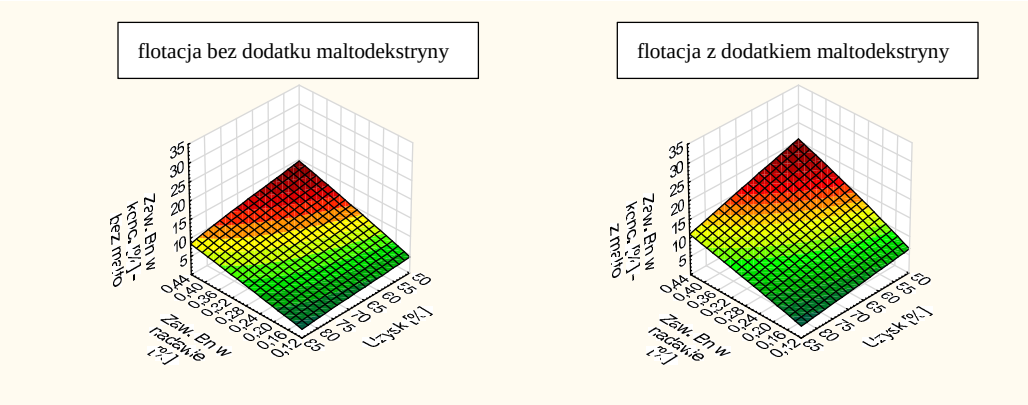
Rys. 7. Udział % wag. czterech głównych minerałów miedzi w nadawie oraz w koncentratach otrzymanych bez oraz przy dodatku maltodekstryny.
Fig. 7. The share [%w/w] of four major copper minerals in the feed and concentrates produced without and with addition of maltodextrine.

Przy praktycznej interpretacji i wykorzystaniu otrzymanych wyników badań należy także uwzględnić wpływ zmiennej jakości nadawy (zawartości minerałów kruszcowych w urobku) na efektywność flotacji wyrażona jakością koncentratu. W tym celu bardziej praktyczne niż przedstawione powyżej krzywe wzbogacania Halbicha wydaje się zastosowanie zależności dwuwymiarowych i graficzne przedstawienie wyników w postaci wykresu funkcji $\beta = f(\varepsilon,\alpha)$, który jest opisany zależnością:

$$\beta = \frac{100\alpha\varepsilon}{100(100 - \varepsilon_r - \alpha) + \alpha(\varepsilon + \varepsilon_r)}$$

gdzie:
β - zawartość minerału kruszcowego w koncentracie
ε - uzysk minerału kruszcowego w koncentracie
ε_r - uzysk pozostałych minerałów w odpadzie
α - zawartość minerału kruszcowego w nadawie

Poniższy wykres przedstawia zaproponowaną interpretacje graficzną wyników sporządzoną dla wyników doświadczalnych wzbogacania bornitu przy zastosowaniu maltodekstryny.



Rys. 8. Porównanie wykresów powierzchniowych zależności $\beta = f(\varepsilon,\alpha)$, dla wzbogacania bornitu bez oraz z dodatkiem maltodekstryny.

Fig. 8. The comparison of surface graph of relation $\beta = f(\varepsilon,\alpha)$, for the bornite upgrading without and with malodextrine addition.

5. PODSUMOWANIE

Wykonane badania wskazują, że zastosowanie maltodekstryny pozytywnie wpływa na efektywność wzbogacania poprzez podniesienie zawartości minerałów kruszcowych w koncentracie. Jednocześnie potwierdzono zróżnicowany wpływ maltodekstryny niskoscukrzonej na proces wzbogacania poszczególnych minerałów siarczkowych miedzi. Na podstawie przeprowadzonych badań na urobku zawierającym chalkozyn jako dominujący siarczek, zauważono słaby wpływ maltodekstryny na zmianę efektywności procesu. Pozostałe przebadane siarczki, bornit, kowelin i chalkopiryt wykazują istotnie wyższe zawartości w koncentracie po wprowadzeniu maltodekstryny jako środka wspomagającego proces flotacji.
Odmienne zachowanie się minerałów siarczkowych miedzi podczas stosowania maltodekstryny przemawia za kontynuacją badań nad wzbogacaniem rudy miedzi pochodzącej z innych obszarów złożowych LGOM lub frakcji litologicznych urobku, w których nie występuje tak znaczna dominacja chalkozynu. W przemysłowej praktyce, przy wykorzystaniu wyników badań do kontroli procesu, przydatne jest posługiwanie się interpretacją graficzną efektywności wzbogacania, gdzie jakość koncentratu jest funkcją dwóch zmiennych: zawartości minerału użytecznego w nadawie i założonego uzysku technologicznego.

LITERATURA

[1] Kurzydło P., Pawlos W. 2020 – The Comparison of main copper sulphide minerals beneficiation under laboratory and industrial conditions at the KGHM Concentration Plant, Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society, No 1(45), vol. 1, p. 7 – 12.

[2] Pawlos W., Poznar E., Krzemińska M. 2017: Wpływ litologicznego zróżnicowania nadawy na wskaźniki technologiczne w Zakładach Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, nr 469, str. 67-74

[3] Salama A.I.A „On the application of a universal separation index in mineral processing”, Mineral Engineering, 2001
[4] Konieczny A., Pawlos W., Krzemińska M., Kaleta R., Kurzydło P. Evaluation of organic carbon separation from copper ore by pre-flotation, Physicochemical Problems of Mineral Processing 49(1), 2013
[5] Pępkowski R., Silski M. Poprawa jakości koncentratu w Rejonie ZWR Rudna z punku widzenia potrzeb Huty Miedzi Głogów, Proceedings of the Mineral Engineering Conference MEC2013, 2013
[6] Kucha H. „Mineralogia kruszcowa i geochemia ciała rudnego złoża Lubin-Sieroszowice”, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 2007
[7] Pieczonka J. „Prawidłowości w rozmieszczeniu minerałów kruszcowych w złożu rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej”, Wydawnictwa AGH, 2011
[8] Drzymała J. Generating upgrading curves used for characterizing separation processes (*Technical note)* Journal of the Polish Mineral Engineering Society, 2001
[9] Yianatos J. et al. „Modelling and simulation of rougher flotation circuits”, International Journal of Mineral processing, 2012
[10] Duchnowska M., Drzymała J., Transformation of equation y=a(100-x)/(a-x) for approximation of separation results plotted as Fuerstenau’s upgrading curve for application in other upgrading curves, Physicochemical Problems of Mineral Processing 47(2011), 123-130

The effectiveness assessment of copper sulphide minerals beneficiation upon the alteration of reagents regime in cleaning flotation.

Once introducing any technology modification in flotation ore processing, the critical aspect is the correct assessment of its influence on achieved production outcomes. The prognosis of upgrading parameters in industrial scale is based on scaling up laboratory results involving algorithms. In the latest years, the prediction of ore beneficiation results is based on mineralogical analysis are included. In this paper the influence of modification of cleaning flotation reagent regime on upgrading effectiveness of copper sulphide minerals in one of KGHM plant has been described. The laboratory research has been conducted with addition of low-saccharified maltodextrine as a flotation support reagent aimed to maximize the concentrate grade. The assessment of influence of maltodextrine as an additive of regular used flotation reagent on upgrading effectiveness in industrial scale has been performed. For interpretation of change in the upgrading effectiveness, the relationship between concentrate grade as the function of ore grade and recovery has been selected.

KEY WORDS:
copper sulphide minerals, flotation, maltodextrine, upgrading effectiveness



POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

PGGREEN – dywersyfikacja źródeł energii poprzez systemy fotowoltaiczne w PGG S.A.

Wojciech Kuster

Kraków, 27-29 września 2021 r.

POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Plan prezentacji

1. Potencjał fotowoltaiczny PGG.
2. Instalacje dachowe.
3. Instalacje naziemne.
4. Napotkane problemy.
5. Realizacje.
6. Podsumowanie.

POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Potencjał fotowoltaiczny PGG











95 MW_p

0 MW_p

POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Instalacje dachowe

Tabela 1. Potencjał mocy

Lp.	Nazwa Zakładu	Potencjał mocy, kW_p
1.	KWK Bolesław Śmiały	**1 047,60**
2.	KWK Sośnica	**1 036,00**
3.	KWK Ruda Ruch Bielszowice	**1 016,60**
4.	KWK Murcki-Staszic	**985,20**
5.	KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit	**823,80**
6.	KWK ROW Ruch Chwałowice	**682,40**
7.	KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast + ZRP	**540,60**
8.	KWK ROW Ruch Marcel	**509,40**
9.	KWK Ruda Ruch Halemba	**480,40**
10.	KWK ROW Ruch Rydułtowy	**381,00**
11.	KWK Ruda Ruch Pokój	**379,60**
12.	KWK Wujek	**282,00**
13.	ZPE Wola	**246,40**
14.	KWK Mysłowice-Wesoła	**240,80**
15.	**MOC ŁĄCZNA wg. STC**	**8 651,80**

POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Instalacje dachowe

Tabela 2. Analiza techniczno-ekologiczno-ekonomiczna

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
1.	Potencjał mocy	kW_p	**8 651,80**
2.	Jednostkowy koszt instalacji	PLN/kW	**3 500,00**
3.	Zakładany koszt inwestycyjny	PLN	**30 281 300,00**
4.	Roczna produkcja energii elektrycznej	MWh/rok	**8 651 800,00**
5.	Łączna produkcja energii elektrycznej (25 lat)	MWh	**200 072 875,00**
6.	Wskaźnik emisji CO_2 dla węgla kamiennego	kg/MWh	**758,00**
7.	Roczne ograniczenie emisji CO_2	kg/rok	**6 558 064,40**
8.	Łączne ograniczenie emisji CO_2 (25 lat)	kg	**151 655 239,25**
9.	Cena energii elektrycznej	PLN/MWh	**380,00**
10.	Zaoszczędzone koszty energii elektrycznej (25 lat)	PLN	**76 027 692,50**

POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Instalacje naziemne

Tabela 3. Analiza techniczno-ekologiczno-ekonomiczna

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość			
			PGGREEN 1	PGGREEN 2	PGGREEN 3	Suma
1.	Potencjał mocy	MW_p	**20,0**	**5,8**	**2,5**	**28,3**
2.	Zakładany koszt inwestycyjny	PLN	**68 142 070**	**18 445 500**	**7 778 500**	**94 366 069**
3.	Jednostkowy koszt instalacji	PLN/kW	**3 407**	**3 180**	**3 111**	**-**
4.	Roczna produkcja energii elektrycznej	MWh/rok	**21 000**	**6 090**	**2 625**	**29 715**
5.	Łączna produkcja energii elektrycznej (25 lat)	MWh	**485 625**	**140 831**	**60 703**	**687 159**
6.	Wskaźnik emisji CO_2 dla węgla kamiennego	kg/MWh	**778**	**778**	**778**	**-**
7.	Roczne ograniczenie emisji CO_2	Mg/rok	**16 338**	**4 738**	**2 042**	**23 118**
8.	Łączne ograniczenie emisji CO_2 (25 lat)	Mg	**377 816**	**109 567**	**47 227**	**534 610**
9.	Cena energii elektrycznej	PLN/MWh	**350**	**350**	**350**	**-**
10.	Zaoszczędzone koszty energii elektrycznej (25 lat)	PLN	**169 968 750**	**49 290 938**	**21 246 094**	**240 505 782**

POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Napotkane problemy

Gdzie pozostałe megawaty?

- *Niezgodność z MPZP.*
- *Czas oczekiwania na warunki przyłączenia OSD.*
- *Odległość od najbliższego przyłącza energetycznego.*
- *Sposób finansowania.*
- *Stan termiczny i techniczny obiektów pogórniczych (hałd).*
- *Brak doświadczenia w montażu konstrukcji pod PV na zboczach hałd.*



POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Realizacje

„Opracowanie dokumentacji projektowej wraz z budową instalacji fotowoltaicznych dla lokalizacji dachowych w PGG S.A. Oddział KWK Ruda Ruch Halemba”

- *Kwota inwestycji: 1 420 000 PLN netto.*
- *Moc instalacji: 410,33 kW_p.*
- *Panele fotowoltaiczne: Q.PEAK L-G4.4 370.*
- *Ilość paneli: 1 109 szt.*
- *Inwertery: Huawei SUN2000-33KTL, SUN2000-12KTL, SUN2000-8KTL.*
- *Konstrukcje balastowe lub kotwione chemicznie w zależności od konstrukcji dachu obiektu.*
- *Optymalizery mocy: TS4-R-O firmy TIGO*



Instalacje PV w KWK Ruda Ruch Halemba - galeria zdjęć













POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

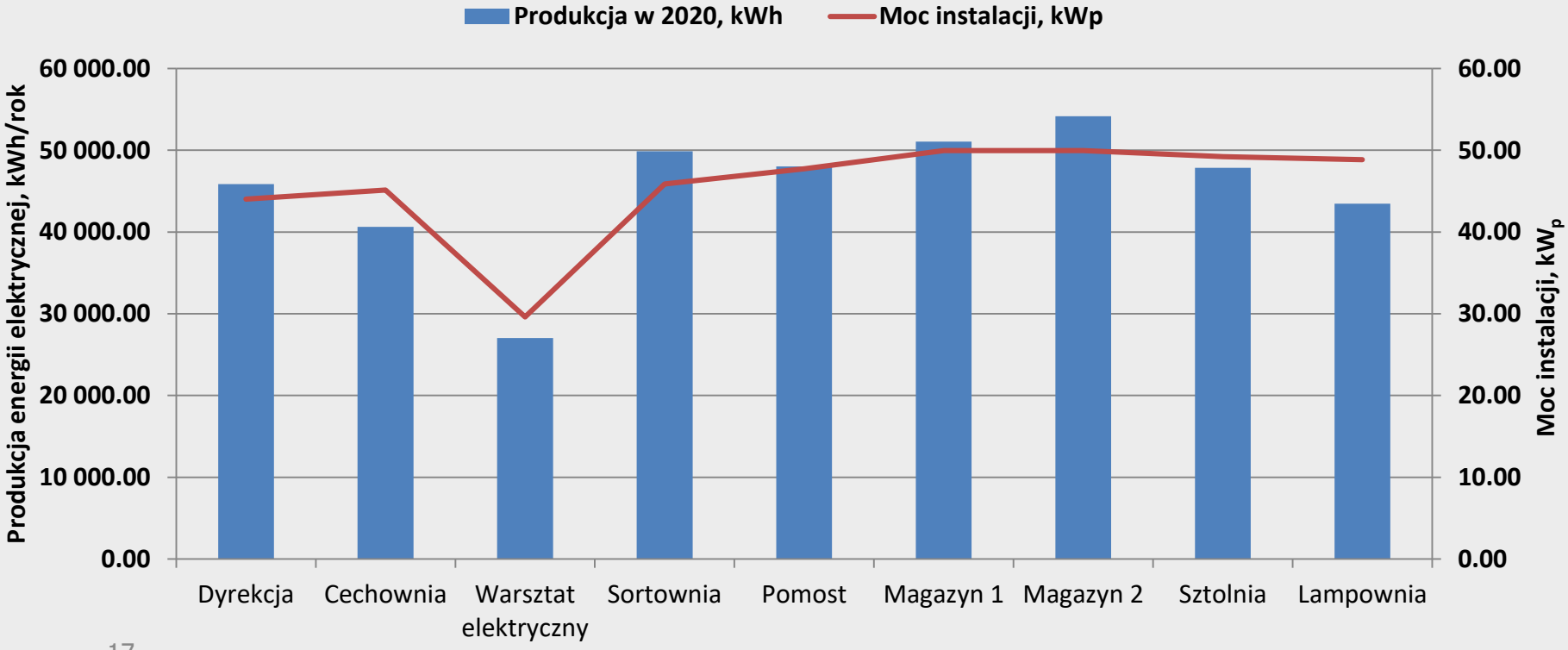
Analiza rocznej pracy instalacji

Tabela 4. Analiza rocznej pracy instalacji

Lokalizacja	Produkcja w 2020, kWh	Moc instalacji, kW_p	Produkcja jednostkowa, kWh/kWp	Odchylenie od średniej
Dyrekcja	45 865,45	44,03	1 041,69	4,8%
Cechownia	40 616,66	45,14	899,79	-9,5%
Warsztat elektryczny	27 024,37	29,60	912,99	-8,2%
Sortownia	49 863,29	45,88	1 086,82	9,3%
Pomost	48 011,43	47,73	1 005,90	1,2%
Magazyn 1	51 076,20	49,95	1 022,55	2,8%
Magazyn 2	54 182,07	49,95	1 084,73	9,1%
Sztolnia	47 860,96	49,21	972,59	-2,2%
Lampownia	43 471,43	48,84	890,08	-10,5%
Podsumowanie	**407 971,86**	**410,33**	**994,25 (średnia)**	

POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Analiza rocznej pracy instalacji



POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Podsumowanie

1. PGG prowadzi projekt fotowoltaiczny, aby dywersyfikować swoją działalność i pozyskiwać dodatkowe źródła przychodu.
2. Popyt na energię elektryczną w PGG oscyluje w okolicach **1,65 TWh/rok**. Zabudowa **95 MW_p** mocy w fotowoltaice może zmniejszyć zapotrzebowanie na energię elektryczną z sieci elektroenergetycznej o ok. **0,1 TWh/rok**, czyli ok. **6,1%**, co wiąże się ze zmniejszeniem kosztów zakupu energii z sieci zewnętrznej o ok. **33-35 MLN PLN/rok**.
3. Zabudowa **95 MW_p** mocy w instalacjach fotowoltaicznych prócz efektu ekonomicznego przynosi również zyski ekologiczne w postaci zaoszczędzenia emisji ok. **73 tys. Mg CO_2/rok**, co wpływa pozytywnie na jakość powietrza w województwie śląskim.





POLSKA GRUPA GÓRNICZA
ODDZIAŁ ZAKŁAD ELEKTROCIEPŁOWNIE

Dziękuję za uwagę!

PGGREEN – dywersyfikacja źródeł energii poprzez systemy fotowoltaiczne w PGG S.A.

Wojciech Kuster
PGG S.A. Oddział Zakład Elektrociepłownie

STRESZCZENIE: Referat przedstawia realizowany w PGG S.A. projekt fotowoltaiczny mający na celu dywersyfikację źródeł energii dla spółki oraz ograniczenie emisji szkodliwych substancji do otoczenia. Na początku został omówiony ogólny potencjał fotowoltaiczny PGG S.A. poprzez wykorzystanie nieużytkowych terenów powydobywczych oraz obiektów budowlanych należących do spółki. Następnie omówiono szczegółowo potencjał na obiektach budowlanych, zgodnie z wykonaną inwentaryzacją przez jedną z firm zajmujących się fotowoltaiką w Polsce. Przedstawiono zarówno potencjał mocy do zainstalowania, jak i analizę techniczną, ekologiczną oraz ekonomiczną całości projektu zabudowy obiektów budowlanych PGG S.A. instalacjami fotowoltaicznymi. Następnie omówiono szczegółowo potencjał fotowoltaiczny na terenach nieużytkowych należących do PGG S.A. Referat skoncentrowano na trzech projektach zgłoszonych do konkursu NFOŚiGW na dofinansowanie instalacji fotowoltaicznych. Również przedstawiono potencjał mocy w fotowoltaice oraz analizę techniczną, ekologiczną oraz ekonomiczną projektu. W dalszej kolejności przedstawiono przykładowe problemy z jakimi PGG S.A. spotkała się realizując projekt fotowoltaiczny, a które znacząco wpłynęły na sposób jego realizacji. Dalej omówiono już wybudowaną przez PGG S.A. instalację fotowoltaiczną na terenie KWK Ruda Ruch Halemba o mocy 410 kW_p wraz z relacją zdjęciową wykonaną za pomocą drona z realizacji budowy. Do tego przedstawiono analizę rocznej pracy instalacji fotowoltaicznej w porównaniu do założeń. Na koniec referat podsumowano kilkoma słowami i danymi związanymi z całym projektem fotowoltaicznym w PGG S.A.

SŁOWA KLUCZOWE: Fotowoltaika, Polska Grupa Górnicza S.A., oszczędność energii, ograniczenie emisji CO_2

1. WPROWADZENIE

PGG S.A. jest liderem na rynku górnictwa węglowego, co przy restrykcyjnych obostrzeniach związanych z emisją szkodliwych substancji do otoczenia, wiąże się koniecznością wprowadzania nowoczesnych rozwiązań z zakresu energetyki w obszarze działalności Spółki.

Innowacyjność i ekonomia są stale obecne w działaniach PGG S.A., dlatego też, choć węgiel kamienny jest kluczowym paliwem polskiej energetyki, wskazano nowy obszar zainteresowań Spółki, jakim stają się alternatywne źródła energii. Obszar OZE w kontekście realizacji zadań przedsiębiorstw górniczych stanowi nowość, dając niewykorzystany potencjał w obszarze pro-

dukcji energii elektrycznej. Rosnące ceny energii elektrycznej, polityka energetyczna, środowiskowa i klimatyczna kraju oraz UE przyczyniły się do podjęcia decyzji o rozpoczęciu działalności PGG S.A. w obszarze OZE.

2. POTENCJAŁ FOTOWOLTAICZNY PGG S.A.

W listopadzie 2018 roku przeprowadzono audyt mający na celu określenie potencjału wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, z wykorzystaniem terenów należących do PGG S.A., w kontekście planowanych instalacji fotowoltaicznych. Audyt obejmował wskazane przez PGG S.A. obiekty i tereny będące własnością Spółki.

Projektowane instalacje fotowoltaiczne staną na poprzemysłowych gruntach – Spółka chce wykorzystać m.in. zasypane zbiorniki, hałdy i tereny pokopalniane. Nawet po rekultywacji obszary, na których zdeponowano skałę płonną, uchodzą za mało przyjazne dla roślinności i nieatrakcyjne dla gmin i inwestorów.

Według audytu energetycznego sumaryczna moc możliwa do uzyskania po realizacji instalacji fotowoltaicznych wynosi ok. 95 MW_p [1].



Rys. 1. Potencjał fotowoltaiczny PGG S.A.
Figure 1. Photovoltaic potential in PGG S.A.

Tabela 1. Potencjał fotowoltaiczny w instalacjach dachowych PGG S.A.
Table 1. Photovoltaic potential in PGG S.A.'s roof installations

LP.	NAZWA ZAKŁADU	POTENCJAŁ MOCY kW_p
1.	KWK Bolesław Śmiały	1 047,60
2.	KWK Sośnica	1 036,00
3.	KWK Ruda Ruch Bielszowice	1 016,60
4.	KWK Murcki-Staszic	985,20
5.	KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit	823,80
6.	KWK ROW Ruch Chwałowice	682,40
7.	KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast + ZRP	540,60
8.	KWK ROW Ruch Marcel	509,40
9.	KWK Ruda Ruch Halemba	480,40
10.	KWK ROW Ruch Rydułtowy	381,00
11.	KWK Ruda Ruch Pokój	379,60
12.	KWK Wujek	282,00
13.	ZPE Wola	246,40
14.	KWK Mysłowice-Wesoła	240,80
15.	MOC ŁĄCZNA wg. STC	8 651,80

Prócz instalacji fotowoltaicznych, które mają powstać na nieużytkowych powierzchniach dachów budynków kopalnianych PGG S.A. posiada wiele terenów, m.in. pokopalnianych, powydobywczych, hałd, zasypanych zbiorników, itd., które po głębokiej analizie techniczno-ekonomiczno-ekologicznej mogą nadawać się do zabudowy instalacji OZE. Mając na uwadze gwałtowny rozwój fotowoltaiki w Polsce i stale rosnące ceny energii elektrycznej inwestycja w produkcję energii elektrycznej z energii promieniowania słonecznego wydaje się być pożądana spółkach górniczych.

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKOLOGICZNO-EKONOMICZNA ZABUDOWY INSTALACJI PV

Po rozeznaniu rynku fotowoltaicznego oraz na podstawie własnego doświadczenia i wiedzy inżynierów PGG S.A. wykonano analizę zabudowy instalacji fotowoltaicznych, zarówno na powierzchniach dachowych obiektów kopalnianych, jak również terenach naziemnych należących do Spółki.

W pierwszej kolejności przedstawiono w tabeli 2 analizę dotyczącą instalacji PV na dachach budynków kopalnianych zgodnie z tabelą 1.

Tabela 2. Analiza zabudowy instalacji fotowoltaicznych na dachach budynków kopalnianych
Table 2. Analysis of the installation of photovoltaic installations on the roofs of mine buildings

LP.	WYSZCZEGÓLNIENIE	JEDNOSTKA	WARTOŚĆ
1.	Potencjał mocy	kW_p	8 651,80
2.	Jednostkowy koszt instalacji	zł/kW	3 500,00
3.	Zakładany koszt inwestycyjny	zł	30 281 300,00
4.	Roczna produkcja energii elektrycznej	kWh/rok	8 651 800,00
5.	Łączna produkcja energii elektrycznej (25 lat)	kWh	200 072 875,00
6.	Wskaźnik emisji CO_2 dla odbiorców końcowych energii elektrycznej	kg/MWh	758,00
7.	Roczne ograniczenie emisji CO_2	kg/rok	6 558 064,40
8.	Łączne ograniczenie emisji CO_2	kg	151 655 239,25
9.	Cena energii elektrycznej	zł/MWh	350,00
10.	Zaoszczędzone koszty energii elektrycznej	zł	76 027 692,50

Analiza została wykonana bez uwzględnienia stopy dyskonta oraz wzrostu cen energii elektrycznej. Pod uwagę wzięto jedynie spadek produkcji instalacji fotowoltaicznych w związku z degradacją paneli PV. Założono, że po 25 latach panel będzie miał 85% wydajności, a spadek roczny jest funkcją liniową [2].

Przedstawiona analiza wskazuje, że przez 25 lat eksploatacji zabudowane instalacje fotowoltaiczne wyprodukują sumarycznie ponad 200 GWh energii elektrycznej. Porównując przed-stawioną wartość do rocznego zużycia energii elektrycznej w PGG S.A., tj. ok. 1,65 TWh, można oszacować, że będzie to stanowić jedynie ok. 12,1%. Strona ekonomiczna projektu pokazuje, że zysk z zabudowy instalacji fotowoltaicznych na dachach obiektów kopalnianych będzie ok. 2-krotnie wyższy niż zakładany koszt inwestycyjny.

Następnie pod analizę poddano 3 projekty instalacji fotowoltaicznych zgłoszone do NFOŚiGW w ramach konkursu *1.1.1 Wspieranie inwestycji dotyczących wytwarzania energii z odnawialnych źródeł KONKURS VI-Śląsk*.

Tabela 3. Analiza zabudowy instalacji fotowoltaicznych w projekcie PGGREEN
Table 3. Analysis of the installation of photovoltaic installations in PGGREEN project

LP.	WYSZCZEGÓLNIENIE	JED-NOSTKA	WARTOŚĆ			
			PGGREEN 1	PGGREEN 2	PGGREEN 3	Suma
1.	Potencjał mocy	MW_p	20,00	5,80	2,50	28,30
2.	Zakładany koszt inwestycyjny	zł	68 142 069,53	18 445 500,00	7 778 500,00	94 366 069,53
3.	Jednostkowy koszt instalacji	zł/kW	3 407,10	3 180,26	3 111,40	9 698,76
4.	Roczna produkcja energii elektrycznej	MWh/rok	21 000,00	6 090,00	2 625,00	29 715,00
5.	Łączna produkcja energii elektrycznej (25 lat)	MWh	485 625,00	140 831,25	60 703,13	687 159,38
6.	Wskaźnik emisji CO_2 dla odbiorców końcowych energii elektrycznej	kg/MWh	758,00	758,00	758,00	758,00
7.	Roczne ograniczenie emisji CO_2	Mg/rok	15 918,00	4 616,22	1 989,75	22 523,97
8.	Łączne ograniczenie emisji CO_2	Mg	368 103,75	106 750,09	46 012,97	520 866,81
9.	Cena energii elektrycznej	zł/MWh	380,00	380,00	380,00	380,00
10.	Zaoszczędzone koszty energii elektrycznej	zł	184 537 500,00	53 515 875,00	23 067 187,50	261 120 562,50

Podobnie jak dla analizy instalacji dachowych nie wzięto pod uwagę stopy dyskonta oraz wzrostu cen energii elektrycznej, lecz uwzględniono jedynie liniowy spadek wydajności instalacji do 85% pod 25 latach eksploatacji [2].

Przedmiotowa analiza pokazuje, iż przez 25 lat eksploatacji zabudowane instalacje fotowoltaiczne wyprodukują sumarycznie prawie 700 GWh energii elektrycznej. Ponownie porównując oszacowaną wartość do rocznego zużycia energii elektrycznej w PGG S.A., tj. ok. 1,65 TWh, można stwierdzić, że będzie to stanowić jedynie około 42% rocznego zapotrzebowania Spółki. Należy zaznaczyć, że produkcję podano dla całego okresu eksploatacji instalacji fotowoltaicznych, tj. 25 lat, a porównanie dotyczy zużycia energii elektrycznej w całym PGG S.A. tylko przez 1 rok kalendarzowy.

4. NAPOTKANE PROBLEMY W PROCESIE INWESTYCYJNYM

Analizując treść punktu 3 można zadać pytanie: „Gdzie pozostałe megawaty?”. Potencjał został oszacowany na 95 MW_p, zaś analiza przedstawia ok. 37 MW_p. Co z resztą?

Realizując projekt zespół ds. projektu fotowoltaicznego w PGG S.A. napotkał wiele problemów uniemożliwiających bądź odkładających w czasie realizację zabudowy instalacji fotowoltaicznych na terenach należących do Spółki. Przykładowo problemem może być niezgodność rodzaju inwestycji z Miejscowym Planem Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP). Usta-wa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym w chwili obecnej pozwala na zabudowę wolnostojącej instalacji fotowoltaicznej o mocy do 100 kW [4], jednak trwają prace, aby zmienić ustawę modyfikując ten zapis, aby możliwe było posadowienie wolnostojących instalacji PV o mocy do 1 MW lub nadachowych instalacji PV (bez limitu mocy).

Innym problemem napotkanym w czasie inwestycji może być również odległość od punktu przyłączenia się do sieci elektroenergetycznej, co będzie miało znaczenie zarówno w aspekcie technicznym, jak i ekonomicznym. Ponadto dla inwestycji na terenach górniczych należy zwrócić szczególną uwagę na ich stan techniczny ze względu m.in. na możliwość „palenia się hałdy”,

tj. ich stan termiczny wynikający ze sposobu wydobycia węgla i pozostałości części palnych w kamieniu powydobywczym. Na zabudowę instalacji fotowoltaicznych, odnosząc się do stanu technicznego terenów górniczych, ma również brak doświadczenia z zakresu zabudowy konstrukcji na skarpach hałd, przez co konieczne jest wykonywanie badań geologicznych lub przykładowo prób rwania celem określenie parametrów jakie muszą spełniać konstrukcje, aby wytrzymały naprężenia wynikające m. in. ciężaru samych paneli, ale również oporów wiatru. Oczywiście problemem można również nazwać sposób finansowania wielomilionowych inwestycji, jednakże to jest problem globalny, a nie tylko spółek realizujących inwestycje proekologiczne.

5. INSTALACJA FOTOWOLTAICZNA NA TERENIE KWK RUDA RUCH HALEMBA

PGG S.A. może pochwalić się realizacją instalacji fotowoltaicznej na terenie KWK Ruda Ruch Halemba. na dachach dziewięciu budynków zabudowano wówczas łącznie 1109 paneli ogniw fotowoltaicznych o mocy jednostkowej równej 370 W_p, przez co łącznie uzyskano 410,33 kW_p. Panele o wadze 23 kilogramów znalazły się na dachach budynków od dyrekcji po lampownię [1]. Zastosowane panele są wytrzymałe: 2-milimetrową warstwę krzemu zabezpiecza powłoka polimerowa i specjalnie utwardzone termicznie szkło, odporne na uderzenia kul gradowych wielkości do 2,5 cm [2]. Instalacja jest niewielka i pokryje tylko 0,02% zapotrzebowania PGG S.A. (1,65 TWh rocznie). Warto wspomnieć, że produkowana energia elektryczna w zabudowanej instalacji fotowoltaicznej wystarczyłby dla ok. 180 domów jednorodzinnych (zakładając, że jedno gospodarstwo domowe zużywa rocznie ok. 2.500 kWh energii elektrycznej), jednak jest wykorzystywana na własne potrzeby, co pozwala zaoszczędzić rocznie ok. 150 tysięcy złotych. Początkowo szacowano, że oszczędności będą nieco mniejsze, ale po wprowadzeniu tzw. „opłaty mocowej" cena energii elektrycznej wzrosła, więc w tym wypadku oszczędności też są większe. Kolejnym bonusem jest korzyść dla środowiska naturalnego, która przejawia się w tzw. unikniętej emisji ok. 300 Mg dwutlenku węgla rocznie [5].

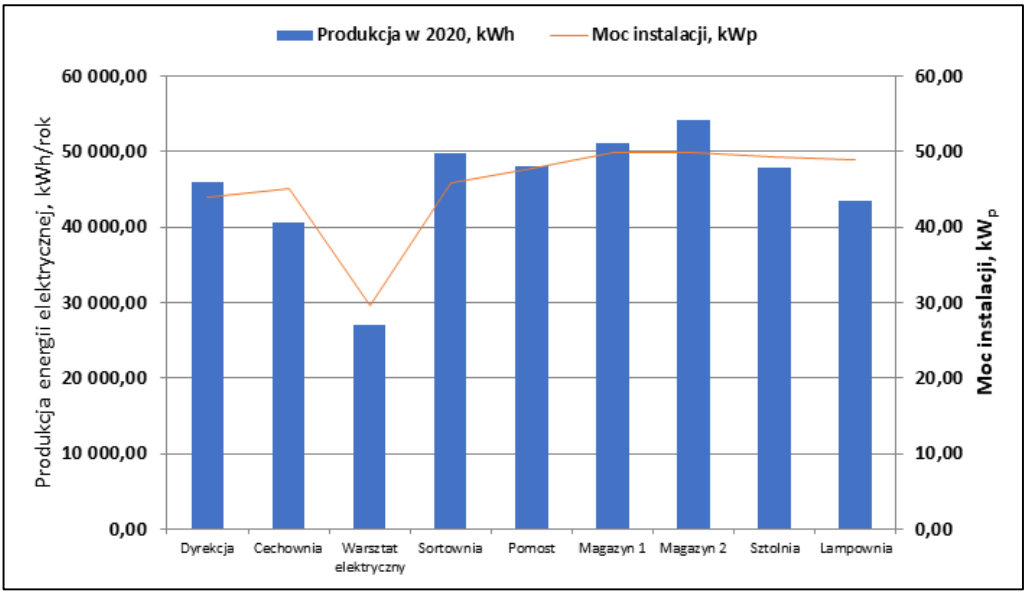


Rys. 2. Zdjęcia z realizacji inwestycji KWK Ruda Ruch Halemba [1]
Figure 2. Photos from the implementation of the KWK Ruda Ruch Halemba investment

Instalacja powstała pod koniec 2019 r. w związku z czym można już przedstawić raport z jej eksploatacji za cały rok kalendarzowy, tj. 2020 r. [1]

Tabela 4. Wyniki rocznej analizy pracy instalacji fotowoltaicznej w KWK Ruda Ruch Halemba
Table 4. Results of the annual analysis of the photovoltaic installation in KWK Ruda Ruch Halemba

LOKALIZACJA	PRODUKCJA w 2020, kWh	MOC INSTALACJI kW_p	PRODUKCJA JEDNOSTKOWA kWh/kWp	ODCHYLENIE OD ŚREDNIEJ
Dyrekcja	45 865,45	44,03	1 041,69	4,8%
Cechownia	40 616,66	45,14	899,79	-9,5%
Warsztat elektryczny	27 024,37	29,60	912,99	-8,2%
Sortownia	49 863,29	45,88	1 086,82	9,3%
Pomost	48 011,43	47,73	1 005,90	1,2%
Magazyn 1	51 076,20	49,95	1 022,55	2,8%
Magazyn 2	54 182,07	49,95	1 084,73	9,1%
Sztolnia	47 860,96	49,21	972,59	-2,2%
Lampownia	43 471,43	48,84	890,08	-10,5%
PODSUMOWANIE	407 971,86	410,33	994,25 (średnia)	



Rys. 3. Wyniki rocznej analizy pracy instalacji fotowoltaicznej w KWK Ruda Ruch Halemba
Figure 3. Results of the annual analysis of the photovoltaic installation in KWK Ruda Ruch Halemba

Zakłada się, że w polskich warunkach instalacja fotowoltaiczna powinna wyprodukować 1.000–1.050 kWh/kW_p mocy zainstalowanej. Analizując otrzymane wyniki należy stwierdzić, iż większość instalacji pracuje zgodnie z założeniami i osiągnęła w 2020 r. jednostkową wartość produkcji energii 1.005–1.086 kWh/kW_p. Instalacja na budynku Sztolni, która osiągnęła niewiele poniżej 1.000 kWh/kW_p energii elektrycznej w 2020 r. pracowała poprawnie, a wynik delikatnie odstający od normy może wynikać z odległości między rzędami paneli i ich zacienieniem. Zabieg ten był świadomy podczas projektowania instalacji, aby wykorzystać maksymalnie powierzchnię do zabudowy instalacji, nie tracąc przy tym efektywności produkcji. Podobny zabieg wykorzystano dla instalacji na budynku Warsztatu Elektrycznego oraz Cechowni, jednakże analizując wyniki produkcji należy stwierdzić, że zastosowane rozwiązanie wiąże się ze stratą około 10% maksymalnie możliwej do osiągnięcia produkcji energii elektrycznej rocznie. Podczas rocznej eksploatacji instalacji na budynku Lampowni zauważono kilka problemów technicznych, które należało usunąć przez co instalacja nie mogła pracować przez cały rok, co jest powodem zaniżonej produkcji energii w stosunku do wartości założonej. Następna analiza zostanie wykonana na początku 2021 r. celem porównania wyników z 2 lat eksploatacji instalacji fotowoltaicznej.

PODSUMOWANIE

PGG S.A. prowadzi projekt fotowoltaiczny, aby dywersyfikować swoją działalność i pozyskiwać dodatkowe źródła przychodu. Popyt na energię elektryczną w PGG S.A. oscyluje w okolicach 1,65 TWh/rok. Zabudowa 95 MW_p mocy w instalacjach fotowoltaicznych może zmniejszyć zapotrzebowanie na energię elektryczną z sieci elektroenergetycznej o ok. 0,1 TWh/rok, czyli około 6,1%, co wiąże się ze zmniejszeniem kosztów zakupu energii z sieci zewnętrznej o około 33-35 MLN PLN/rok [1].

Zabudowa 95 MW_p mocy w instalacjach fotowoltaicznych prócz efektu ekonomicznego przynosi również zyski ekologiczne w postaci zaoszczędzenia emisji 70 tys. Mg CO_2/rok, co wpływa pozytywnie na jakość powietrza w województwie śląskim [1, 5].

LITERATURA

[1] Materiały własne PGG S.A.
[2] Karty katalogowe: panel fotowoltaiczny Q.PEAK L-G4.4 370, inwertery Huawei SUN2000-33KTL, SUN2000-12KTL, SUN2000-8KTL.
[3] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym.
[4] https://globenergia.pl/fotowoltaika-a-zmiany-w-ustawie-o-planowaniu-i-zagospodarowaniu--przestrzennym/ [dostęp 07.09.2021, godz. 11.00].
[5] Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO_2 (WE) w roku 2017 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2020, KOBiZE.

PGGREEN – Diversification of Energy Sources through Photovoltaic Systems at PGG S.A.

ABSTRACT: The lecture presents the work carried out at PGG S.A. a photovoltaic project aimed at diversifying the energy sources for the company and reducing the emission of harmful substances into the environment. At the beginning, the general photovoltaic potential of PGG S.A. was discus-sed. through the use of unused post-mining areas and construction facilities belonging to the company. Then, the potential in construction facilities was discussed in detail, according to the inventory made by one of the companies dealing with photovoltaics in Poland. The potential of the installed capacity as well as the technical, ecological and economic analysis of the entire photovoltaic project of PGG S.A. were presented. Then, the photovoltaic potential in unused areas belonging to PGG S.A. was discussed in detail. The paper focused on three projects submitted to the National Fund for Environmental Protection and Water Management (NFOŚiGW) competition for co-financing photovoltaic installations. The photovoltaic power potential as well as the technical, ecological and economic analysis of the project are also presented. Next, examples of problems with which PGG S.A. is presented. met while implementing a photovoltaic project, which significantly influenced the way it was implemented. The next topic is the construction already built by PGG S.A. photovoltaic installation on the site of KWK Ruda Ruch Halemba with a power of 410 kWp with a photo report made using a drone from the construction site. In addition, an analysis of the annual operation of the photovoltaic installation in comparison to the assumptions was presented. Finally, the lecture was summarized with a few words and data related to the entire photovoltaic project at PGG S.A.

Jastrzębska Spółka Węglowa SA

Planowanie strategiczne w JSW S.A. z wykorzystaniem narzędzi do cyfrowego modelowania złoża na przykładzie złoża „Borynia”– studium przypadku



SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

Kraków, 27-29 wrzesień 2021r

Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. Ruch "BORYNIA„ ul. Węglowa 4, 44-268 Jastrzębie-Zdrój ☎Tel. +48 32 756 1113 ✉e-mail borynia@jsw.pl

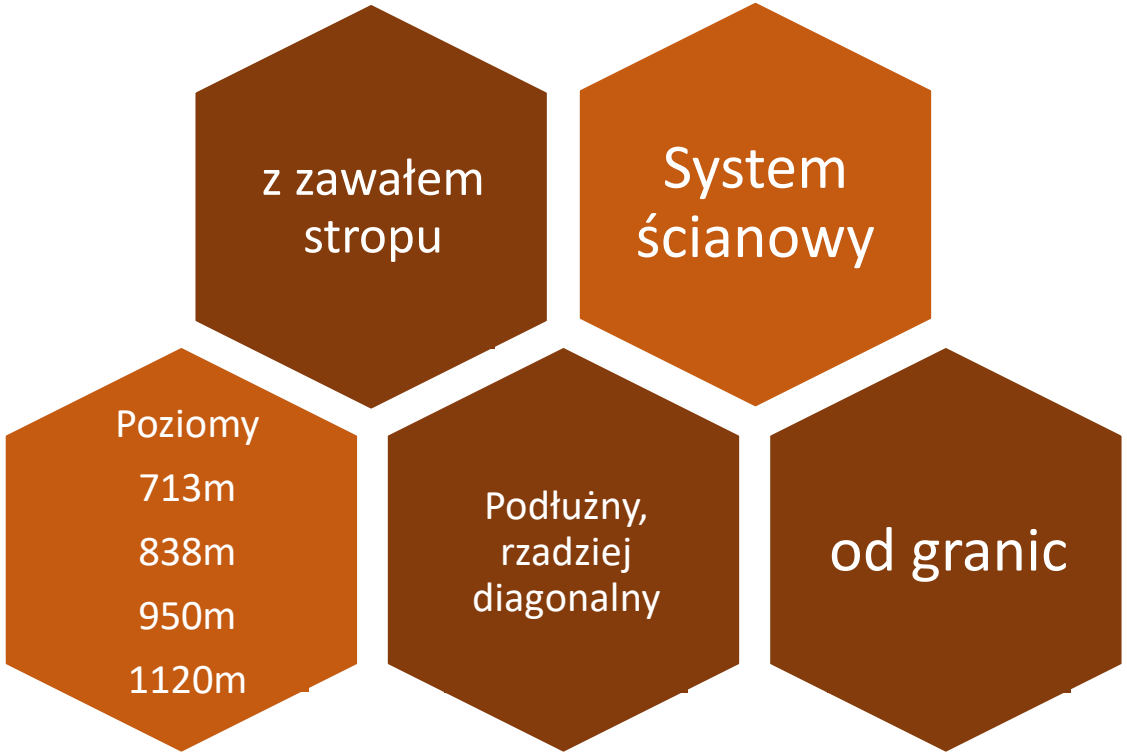
Agenda

1. *Skala produkcji w Ruchu Borynia*
2. *Cyfrowy model złoża – projekt Deswik*
3. *Strategia funkcjonowania Ruchu Borynia do 2051r – założenia i analiza*
   - ✓ *Dostosowanie poziomu robót przygotowawczych*
   - ✓ *Dostosowanie poziomu wydobycia i jakości produktu*
4. *Analiza wyników i wnioski*



Ruch „Borynia” – Skala produkcji

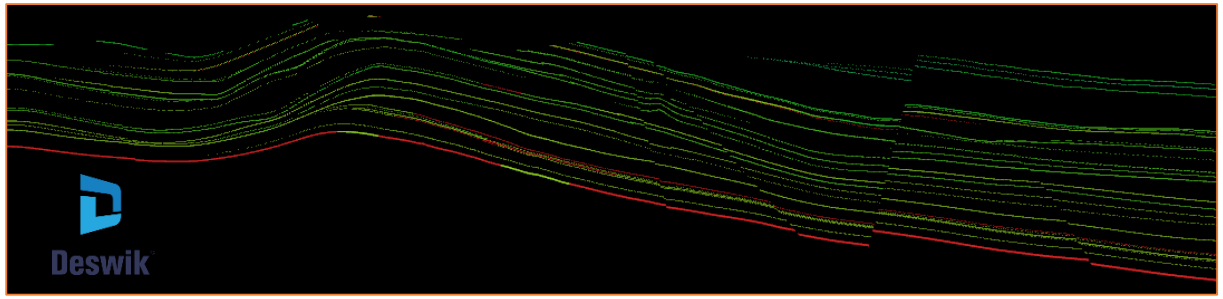
- Powierzchnia obszaru górniczego : **17,4 km^2**
- Długość utrzymywanych wyrobisk (bez szybów): ok. **76 km**
- Ilość szybów: **3 wdechowe i 2 wentylacyjne**
- Liczba czynnych ścian: **4 ściany**
- Liczba czynnych przodków (łącznie z firmami): ok. **11 przodków**
- Długość wykonywanych wyrobisk (średnio): **10 km/rok**
- Oddziały wydobywcze: **4**
- Oddziały przygotowawcze: **4** (28 brygad KWK) + firmy zew.
- Stan zatrudnienia: **3 105 osób** KWK + ok. **1 000 osób** firm zew.
- Łączna długość tras kolejek podwieszanych: ok. **47 km**
- Wydajność zakładu przeróbczego (brutto): **16 500 Mg/d**
- Wielkość wydobycia: **1 890 000 Mg/rok**

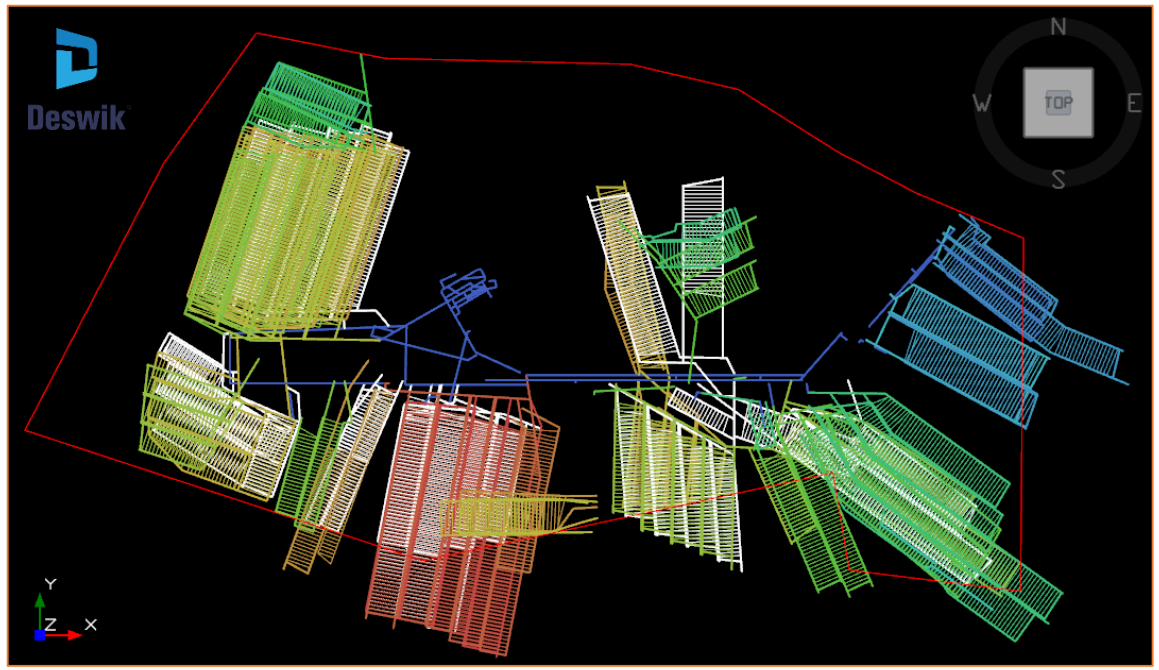


Cyfrowy model złoża – projekt Deswik

Cyfrowy model geologiczny złoża zawiera:

- **39** warstw pokładów – *grupy 300, 400 i 500*





Na potrzeby opracowania Strategii Funkcjonowania Ruchu Borynia do 2051r utworzono w programie Deswik wyrobiska udostepniające oraz przygotowawcze dla 121 ścian wydobywczych.

Całkowity projekt liczy:

- **4 533** zadań dla ścian wydobywczych
- **12 270** zadań robót przygotowawczych

W finalnie opracowanej strategii do 2051r znalazły się natomiast:

- **104** ściany wydobywcze w **22** różnych pokładach
- **272 km** wyrobisk przygotowawczych

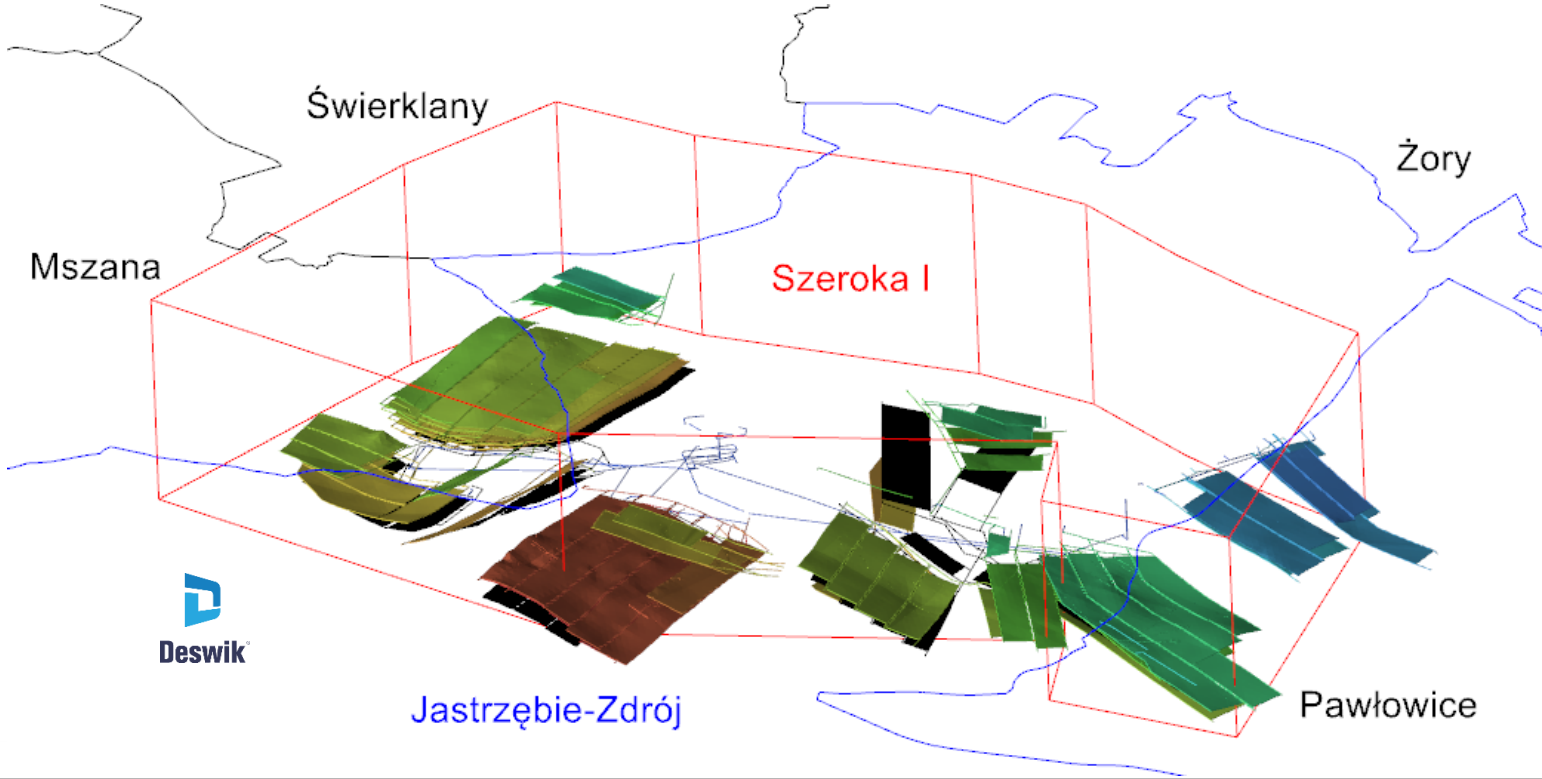
Zasoby węgla złożowego w ścianach z projektu wynoszą 52 289 630 Mg

Zasoby węgla złożowego w przodkach z projektu wynoszą 4 711 790 Mg

Strategia funkcjonowania Ruchu Borynia do 2051r - założenia

Kluczowe założenia do budowy Strategii:

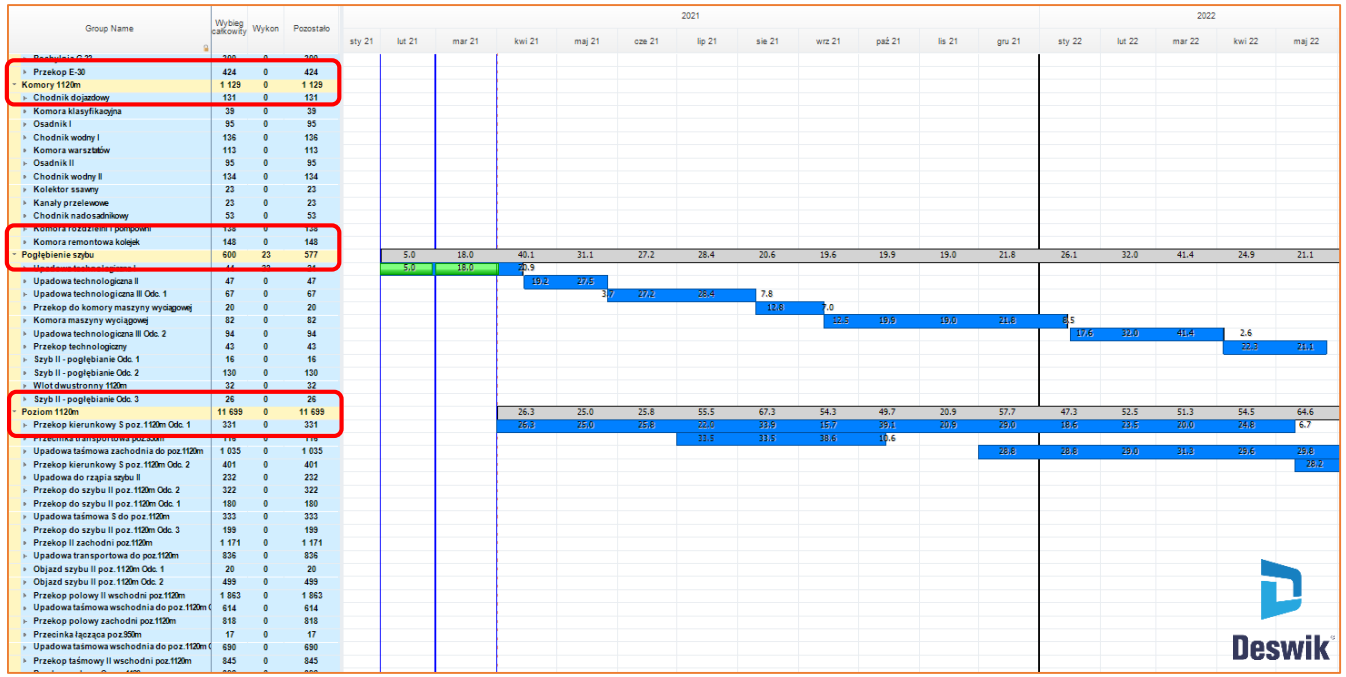
- ✓ Stałe wydobycie na poziomie **7 500 Mg/doba – 1 890 000 Mg/rocznie**
- ✓ **4** oddziały wydobywcze (**16 brygad**) - eksploatacja średnio czterema ścianami wydobywczymi
- ✓ **4** oddziały przygotowawcze własne (**28 brygad**)
- ✓ Drążenie wyrobisk udostepniających nowy poziom 1120m poprzez zewnętrzne podmioty gospodarcze - koordynacja
- ✓ Jednoczesna eksploatacja maksymalnie jednej ściany w pokładach grupy 500 wraz z pozostałymi ścianami – jakość urobku
- ✓ Osiągniecie jakości produktu na poziomie:
  - ✓ CSR >50
  - ✓ CRI <30
  - ✓ Vdaf < 27
  - ✓ Dylatacja >100



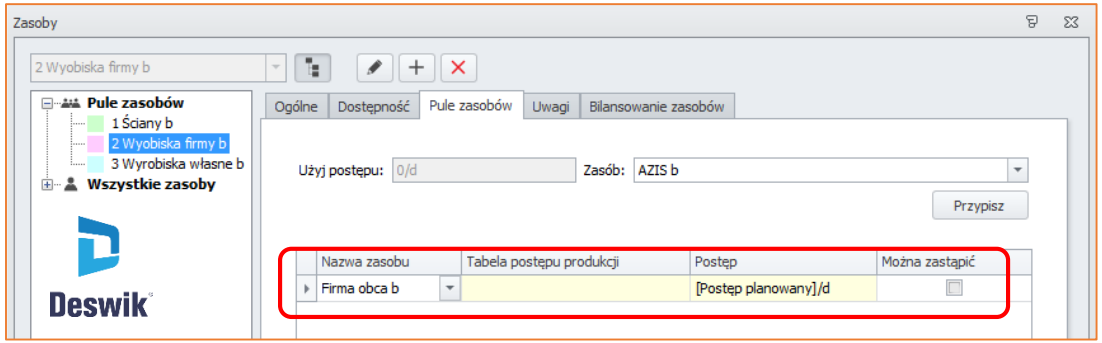
Dostosowanie poziomu robót przygotowawczych

Wyrobiska korytarzowe zostały zgrupowane dla każdej ze ścian za pomocą atrybutu wg. poszczególnych *oczek ścianowych.*

Dla szybkiej identyfikacji pozostałych zadań zostały stworzone *oczka* innych kluczowych zadań takich jak pogłębianie szybu II czy budowa poziomu 1120m.



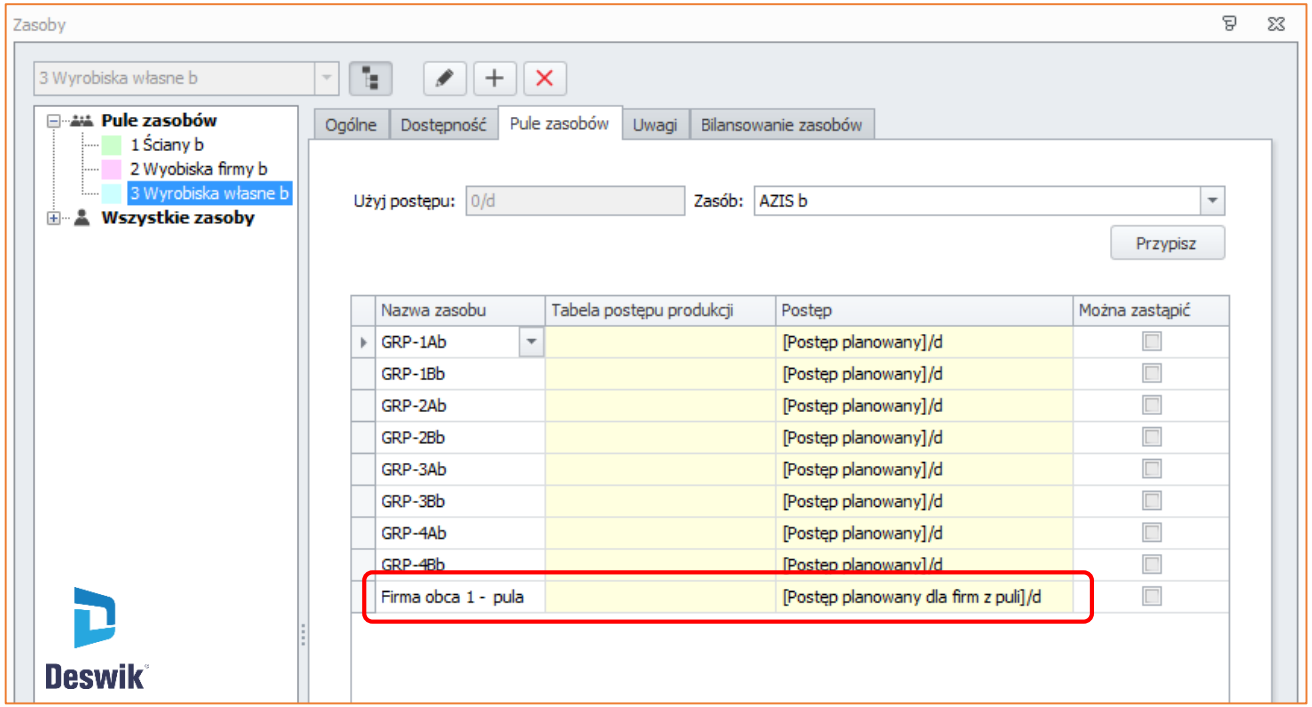
Deswik.SCHED
Gantt Chart Scheduling



W kluczowych zadaniach inwestycyjnych, zgodnie z założeniami zasób fizyczny został określony z *puli zasobów wyrobiska firmy obce.*

Dostosowanie poziomu robót przygotowawczych

Dla pozostałych planowanych wyrobisk korytarzowych, zasób fizyczny określony został ze zbioru *puli zasobów wyrobiska własne*.

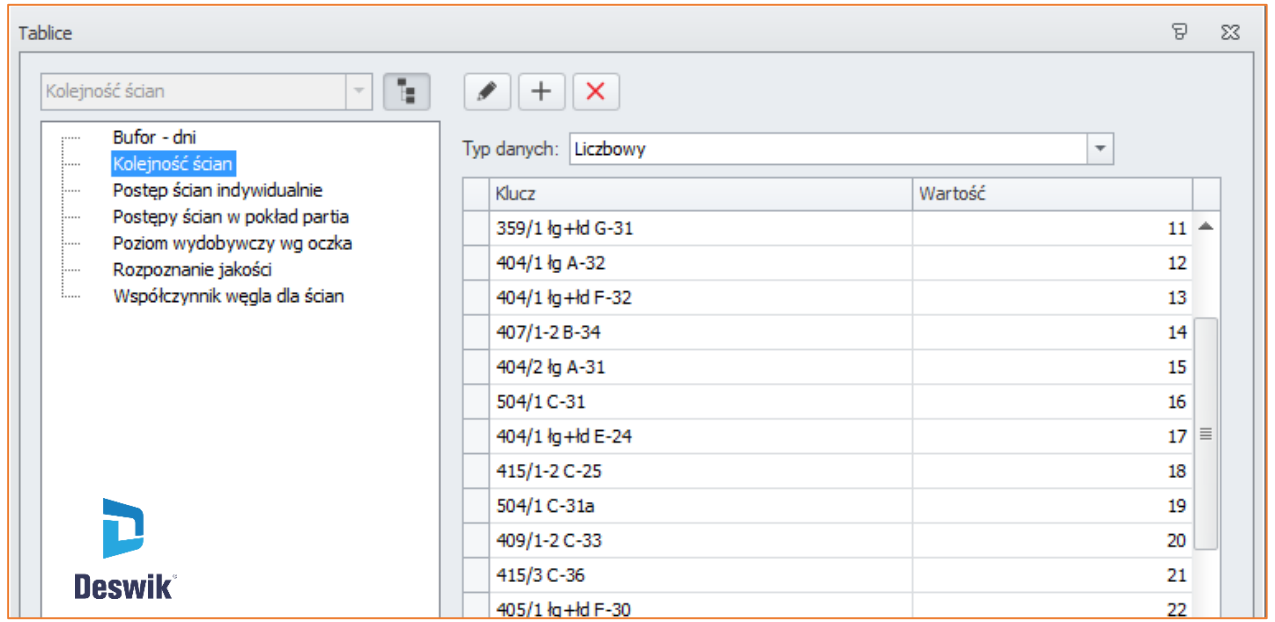


W *puli zasobów wyrobisk własnych* znalazły się zgodnie z założeniami 4 oddziały przygotowawcze (28 brygad) oraz dodatkowy oddział *firma obca 1 – pula.*

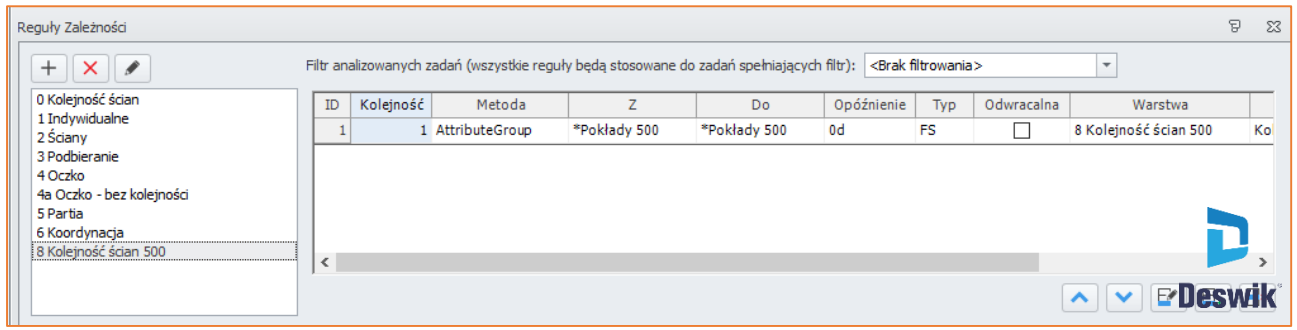
Dodatkowy oddział został wprowadzony na końcu listy z najniższym priorytetem – był dostępny tylko w razie braku możliwości skorzystania z oddziałów własnych(rezerwa dla terminowego rozcięcia oczek eksploatacyjnych).

Dostosowanie poziomu wydobycia i jakości produktu

W celu utrzymania powtarzalności układu ścian przy kolejnych aktualizacjach harmonogramu w module Deswik.Sched ujęto *tablicę* zawierającą kolejność ścian mającą istotny wpływ na tworzenie zależności automatycznych pomiędzy zadaniami.



Deswik.SCHED
Gantt Chart Scheduling

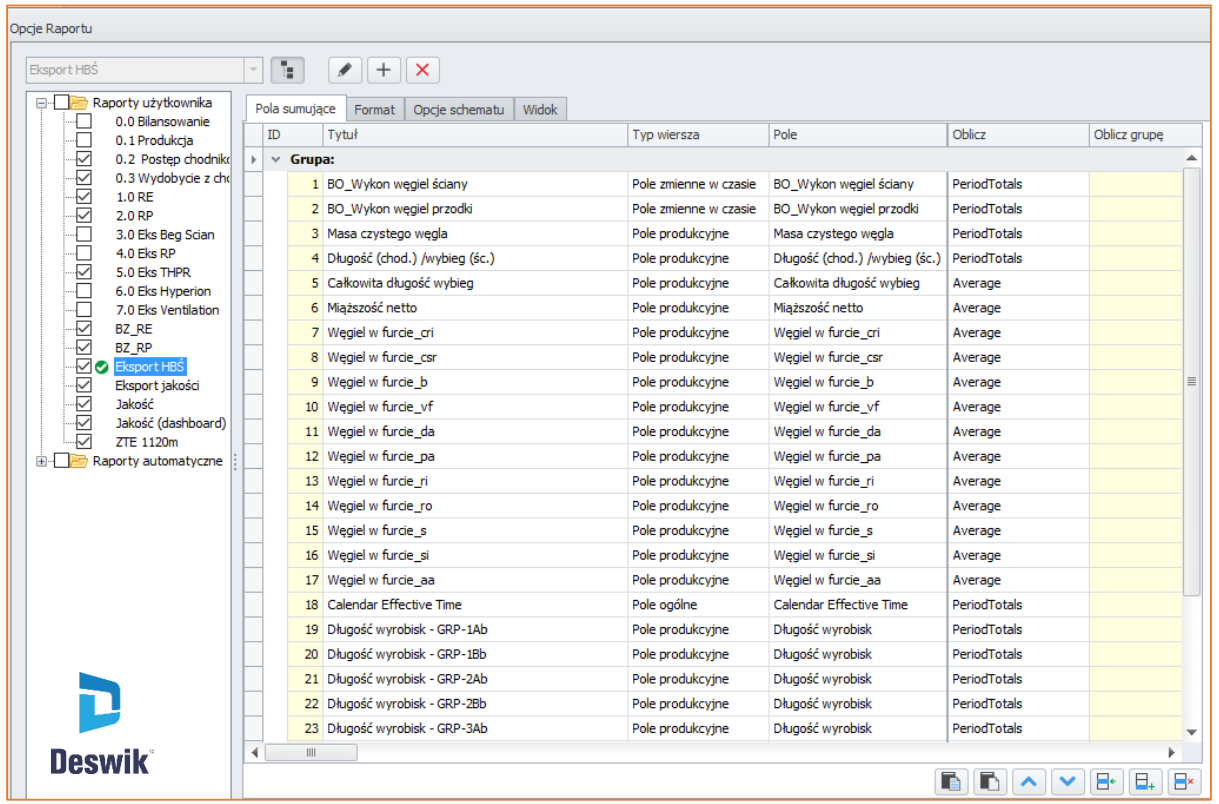


Kolejną kluczową zależnością była reguła koordynująca eksploatację ścian w pokładach grupy 500

Deswik.CAD
Design & Solids Modeling

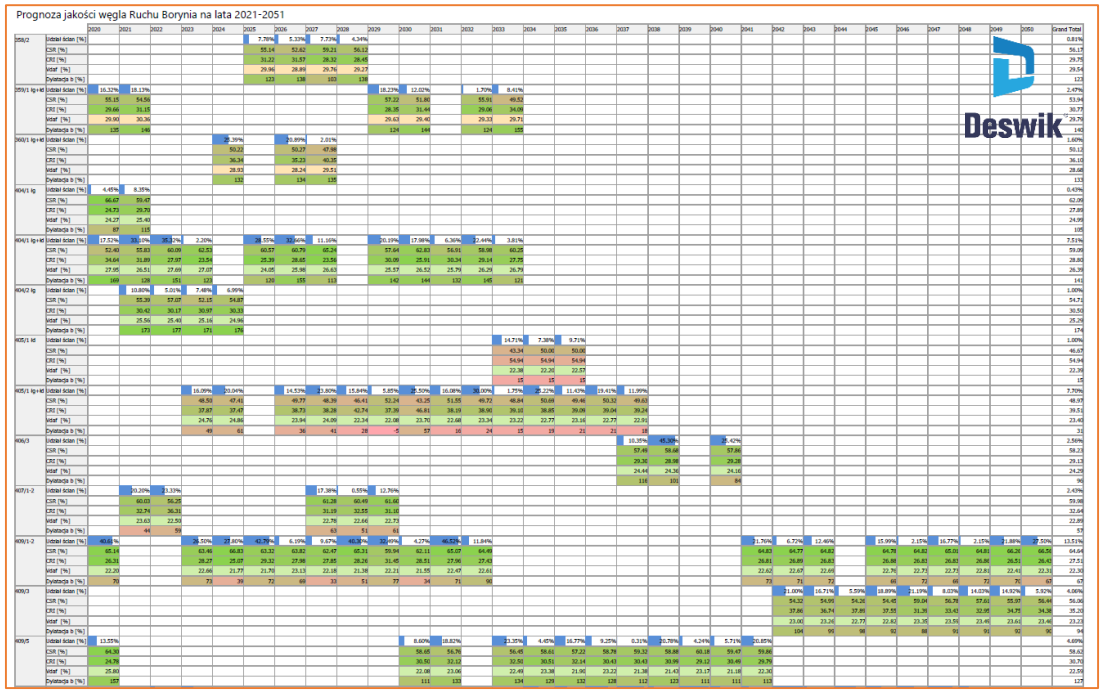
Analiza wyników i wnioski

W module Deswik.Sched został stworzony *Raport użytkownika Eksport HBŚ*, w którym zawarto najważniejsze pola produkcyjne mające wpływ na analizę harmonogramów pod kątem wydobycia, jakości produktu czy oddziałów produkcyjnych.



ID	Tytuł	Typ wiersza	Pole	Oblicz	Oblicz grupę
	Grupa:				
1	BO_Wykon węgiel ściany	Pole zmienne w czasie	BO_Wykon węgiel ściany	PeriodTotals	
2	BO_Wykon węgiel przodki	Pole zmienne w czasie	BO_Wykon węgiel przodki	PeriodTotals	
3	Masa czystego węgla	Pole produkcyjne	Masa czystego węgla	PeriodTotals	
4	Długość (chod.) /wybieg (śc.)	Pole produkcyjne	Długość (chod.) /wybieg (śc.)	PeriodTotals	
5	Całkowita długość wybieg	Pole produkcyjne	Całkowita długość wybieg	Average	
6	Miąższość netto	Pole produkcyjne	Miąższość netto	Average	
7	Węgiel w furcie_cri	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_cri	Average	
8	Węgiel w furcie_csr	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_csr	Average	
9	Węgiel w furcie_b	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_b	Average	
10	Węgiel w furcie_vf	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_vf	Average	
11	Węgiel w furcie_da	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_da	Average	
12	Węgiel w furcie_pa	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_pa	Average	
13	Węgiel w furcie_ri	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_ri	Average	
14	Węgiel w furcie_ro	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_ro	Average	
15	Węgiel w furcie_s	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_s	Average	
16	Węgiel w furcie_si	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_si	Average	
17	Węgiel w furcie_aa	Pole produkcyjne	Węgiel w furcie_aa	Average	
18	Calendar Effective Time	Pole ogólne	Calendar Effective Time	PeriodTotals	
19	Długość wyrobisk - GRP-1Ab	Pole produkcyjne	Długość wyrobisk	PeriodTotals	
20	Długość wyrobisk - GRP-1Bb	Pole produkcyjne	Długość wyrobisk	PeriodTotals	
21	Długość wyrobisk - GRP-2Ab	Pole produkcyjne	Długość wyrobisk	PeriodTotals	
22	Długość wyrobisk - GRP-2Bb	Pole produkcyjne	Długość wyrobisk	PeriodTotals	
23	Długość wyrobisk - GRP-3Ab	Pole produkcyjne	Długość wyrobisk	PeriodTotals	

W odniesieniu do powstałego układu raportu możemy w prosty sposób tworzyć zestawienia i analizy (dashboard) w Deswik.Sched .

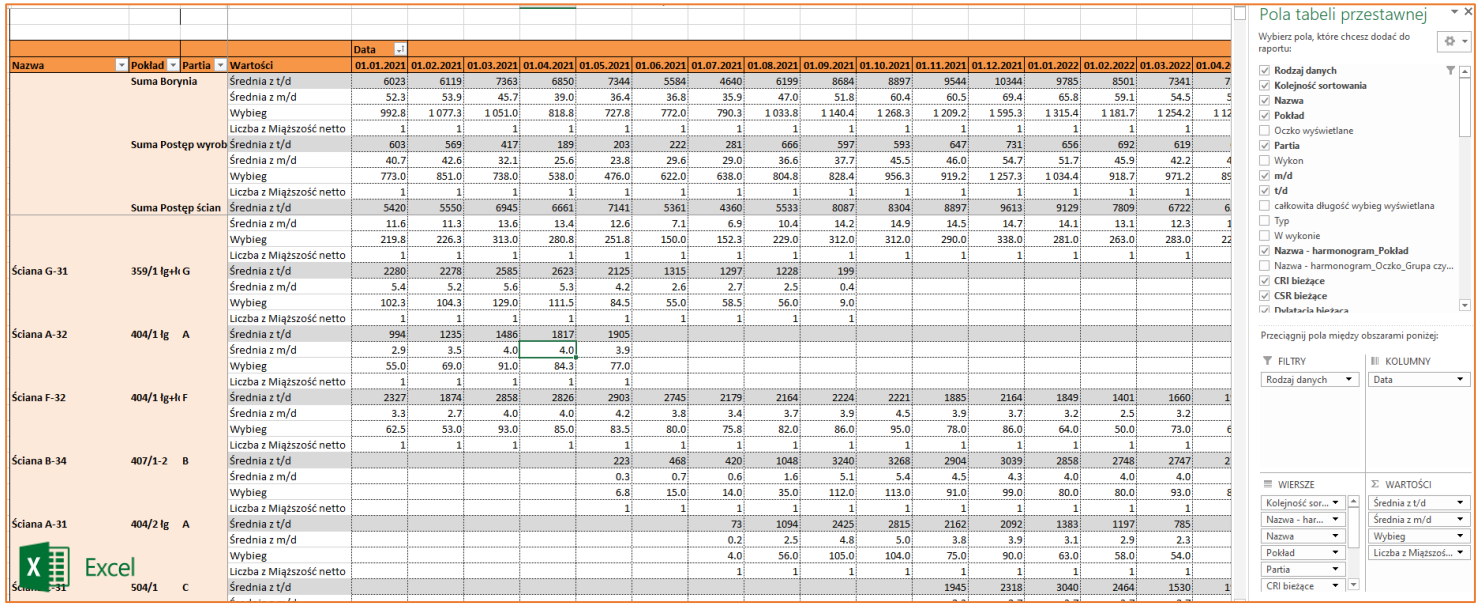


Możemy go również wykorzystać do eksportu określonych danych do arkusza kalkulacyjnego.

Analiza wyników i wnioski

Zastosowanie tabeli przestawnej na wyeksportowanych danych z Deswik.Sched do arkusza kalkulacyjnego ułatwiło precyzyjną analizę otrzymanych wyników przy praktycznie dowolnej konfiguracji wizualnej danych.

Deswik.SCHED
Gantt Chart Scheduling



Nazwa	Pokład	Partia	Wartości	Data 01.01.2021	01.02.2021	01.03.2021	01.04.2021	01.05.2021	01.06.2021	01.07.2021	01.08.2021	01.09.2021	01.10.2021	01.11.2021	01.12.2021	01.01.2022	01.02.2022	01.03.2022	01.04.2
	Suma Borynia		Średnia z t/d	6023	6119	7363	6850	7344	5584	4640	6199	8684	8897	9544	10344	9785	8501	7341	7
			Średnia z m/d	52.3	53.9	45.7	39.0	36.4	36.8	35.9	47.0	51.8	60.4	60.5	69.4	65.8	59.1	54.5	5
			Wybieg	992.8	1 077.3	1 051.0	818.8	727.8	772.0	790.3	1 033.8	1 140.4	1 268.3	1 209.2	1 595.3	1 315.4	1 181.7	1 254.2	1 12
			Liczba z Miąższość netto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Suma Postęp wyrob		Średnia z t/d	603	569	417	189	203	222	281	666	597	593	647	731	656	692	619	
			Średnia z m/d	40.7	42.6	32.1	25.6	23.8	29.6	29.0	36.6	37.7	45.5	46.0	54.7	51.7	45.9	42.2	4
			Wybieg	773.0	851.0	738.0	538.0	476.0	622.0	638.0	804.8	828.4	956.3	919.2	1 257.3	1 034.4	918.7	971.2	85
			Liczba z Miąższość netto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Suma Postęp ścian		Średnia z t/d	5420	5550	6945	6661	7141	5361	4360	5533	8087	8304	8897	9613	9129	7809	6722	6
			Średnia z m/d	11.6	11.3	13.6	13.4	12.6	7.1	6.9	10.4	14.2	14.9	14.5	14.7	14.1	13.1	12.3	1
			Wybieg	219.8	226.3	313.0	280.8	251.8	150.0	152.3	229.0	312.0	312.0	290.0	338.0	281.0	263.0	283.0	22
			Liczba z Miąższość netto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ściana G-31	359/1 lg+ł	G	Średnia z t/d	2280	2278	2585	2623	2125	1315	1297	1228	199							
			Średnia z m/d	5.4	5.2	5.6	5.3	4.2	2.6	2.7	2.5	0.4							
			Wybieg	102.3	104.3	129.0	111.5	84.5	55.0	58.5	56.0	9.0							
			Liczba z Miąższość netto	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Ściana A-32	404/1 lg	A	Średnia z t/d	994	1235	1486	1817	1905											
			Średnia z m/d	2.9	3.5	4.0	4.0	3.9											
			Wybieg	55.0	69.0	91.0	84.3	77.0											
			Liczba z Miąższość netto	1	1	1	1	1											
Ściana F-32	404/1 lg+ł	F	Średnia z t/d	2327	1874	2858	2826	2903	2745	2179	2164	2224	2221	1885	2164	1849	1401	1660	1
			Średnia z m/d	3.3	2.7	4.0	4.0	4.2	3.8	3.4	3.7	3.9	4.5	3.9	3.7	3.2	2.5	3.2	
			Wybieg	62.5	53.0	93.0	85.0	83.5	80.0	75.8	82.0	86.0	95.0	78.0	86.0	64.0	50.0	73.0	6
			Liczba z Miąższość netto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ściana B-34	407/1-2	B	Średnia z t/d					223	468	420	1048	3240	3268	2904	3039	2858	2748	2747	2
			Średnia z m/d					0.3	0.7	0.6	1.6	5.1	5.4	4.5	4.3	4.0	4.0	4.0	
			Wybieg					6.8	15.0	14.0	35.0	112.0	113.0	91.0	99.0	80.0	80.0	93.0	8
			Liczba z Miąższość netto					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ściana A-31	404/2 lg	A	Średnia z t/d							73	1094	2425	2815	2162	2092	1383	1197	785	
			Średnia z m/d							0.2	2.5	4.8	5.0	3.8	3.9	3.1	2.9	2.3	
			Wybieg							4.0	56.0	105.0	104.0	75.0	90.0	63.0	58.0	54.0	
			Liczba z Miąższość netto							1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ścia...	504/1	C	Średnia z t/d											1945	2318	3040	2464	1530	1

Po przyjęciu omówionych założeń, analiza określonego przez program poziomu wydobycia wykazała, że oszacowana ilość węgla złożowego zawarta w harmonogramie opracowanym modułem Deswik.Sched, w całym rozpatrywanym okresie oscylowała na zakładanym poziomie **~1 890 000 Mg/rok** – wahania były niewielkie, rzędu **-4 ÷ +15%**

Parametry jakościowe produktu(w ujęciu rocznym) mieściły się w założonych granicach, jednakże podjęto próbę ich podwyższenia poprzez zmianę postępu/czasookresu eksploatacji poszczególnych ścian - mając również na uwadze konieczność lepszego dostosowania harmonogramu pod kątem poziomu wydobycia.

Analiza wyników i wnioski

Analiza harmonogramu robót przygotowawczych wykazała przypadki, w których **28 brygad własnych** nie było w stanie przygotować na czas frontu eksploatacyjnego i zadania zostały przejmowane przez *dodatkowy oddział firma obca 1 – pula.*

Zasób fizyczny	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Firma obca 1 - pula	0	0	0	0	85	87	989	314	634	684	0	882	511	0	0	314	959	658	909	1 130	733	818	1 030	293	1 018	1 102	1 112	915	0	0
Firma obca b	1 658	3 598	2 787	777	723	1 552	1 527	2 061	1 590	2 451	1 485	2 821	1 556	2 141	453	180	294	1 604	0	0	0	11	1 088	23	8	984	0	0	0	0
GRP-1b	3 349	2 907	2 415	2 709	2 230	2 668	1 854	2 215	2 214	2 316	2 216	2 168	2 294	2 637	2 137	2 028	1 883	1 479	1 743	1 922	2 567	2 193	2 600	1 727	2 269	2 375	2 140	2 697	2 147	1 865
GRP-2b	1 517	1 527	1 067	2 236	2 148	2 112	2 156	2 535	1 918	717	2 317	2 704	2 092	2 364	2 163	1 208	1 764	2 447	2 375	2 319	1 846	1 682	2 224	2 553	2 358	2 723	2 874	2 946	1 103	0
GRP-3b	1 599	2 027	746	270	2 351	2 189	900	2 539	2 100	137	2 239	2 274	1 580	1 407	2 544	1 998	1 871	2 308	2 504	2 552	2 781	1 239	1 446	2 471	1 911	2 849	2 706	1 575	1 183	0
GRP-4b	2 118	1 571	750	0	1 554	1 100	1 066	521	708	911	0	2 144	241	1 021	1 602	2 218	2 136	2 395	2 302	2 178	1 894	322	2 281	2 325	2 154	2 265	2 747	2 527	0	0

Excel

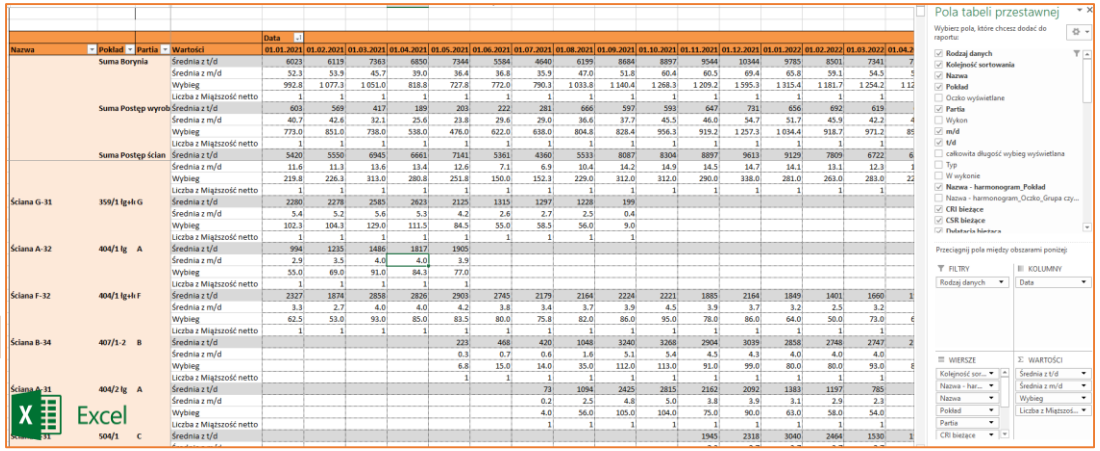
Pomimo założenia drążenia kluczowych wyrobisk inwestycyjnych do budowy poziomu 1120m przez zewnętrzne podmioty gospodarcze uzasadnionym wydaje się założenie w harmonogramie długoterminowym drążenia przez firmy obce **ok. 1 000mb/rocznie** wyrobisk ruchowych dla przygotowania frontu eksploatacyjnego.

Analiza wyników i wnioski

Korekty wynikające z analizy zostały ponownie wprowadzone do Deswik.Sched ręcznie – ustawianie ręcznego postępu dla poszczególnych ścian czy czasookresu eksploatacji ściany.

Po ponownym wygenerowaniu raportu, odchylenia dotyczące wydobycia zmniejszyły się i wynosiły **-2 ÷ +7%.**

Parametry jakościowe również uległy polepszeniu.



JSW S.A.KWK"Borynia-Zofiówka" Ruch "Borynia"

JSW SA KWK Borynia-Zofiówka — **HBŚ STRATEGIA NA LATA 2021-2050**

Excel

Nr ściany	Pokład	Wybieg [m]	Długość [m]	Wysokość Netto [m]	Wysokość Brutto [m]	Wydobycie ton/dobę	CRI<30	CSR>62	Dylatacja (>100)	Vdaf (~27)	Poziom	J.m.	2021												2022												2023									
	01.04.2021r.												19	20	23	21	20	21	22	22	22	21	20	23	20	20	23	20	21	21	21	22	22	21	20		23	19	21	21	21	22	21	22	21	18
1	2	3	4	5	6	7			10	11			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G-31	359/1 łg+kd	374	228	1.55	2.00	487.3	30.3	56.9	169	29.10	838m	ton/dobę	2175	2252	2361	2000	2000	1900	1900	100																											
												m/dobę	5.4	5.2	4.6	4.1	4.1	3.8	3.8	0.2	kanał																								
												m/okres	102	104	129	98	89	89	94	7																								
A-32	404/1 łg	164	190	1.61	1.80	440.7	31.3	56.8	123	25.70	838m	ton/dobę	989	1292	1686	1400	1400	300																											
												m/dobę	2.9	3.4	4.0	3.1	2.8	kanał																										
												m/okres	55	69	91	74	60	20																										
F-32	404/1 łg+kd	1666	223 - 155	2.38	2.80	577.4	33.6	52.4	128	26.60	960m	ton/dobę	2255	2006	2899	2400	2500	2500	2500	2300	2200	1900	2100	2000	1800	1400	1600	1600	2000	2000	1000	1000	1700	1900	1900	1900	1800	1100	100							
												m/dobę	3.3	2.7	3.0	3.3	3.5	3.5	3.9	3.6	3.4	3.3	3.7	3.5	3.2	2.5	2.8	2.8	3.5	3.5	1.8	1.8	3.0	3.7	3.7	3.7	3.5	2.2	0.2	kanał							
												m/okres	63	53	93	79	78	82	89	82	79	74	77	85	67	53	69	60	81	81	40	42	69	87	83	87	74	43	5								
B-34	407/1-2	1 076	240	2.22	2.60	705.5	36.7	56.2	31	23.10	950m	ton/dobę						1100	1700	2000	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2600	300														
												m/dobę						1.5	2.3	2.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.5	0.4	kanał													
												m/okres						31	53	62	88	84	80	92	80	80	92	80	84	84	78	9														
A-31	404/2 łg	585	185	1.75	2.80	470.3	31.5	57.3	167	26.10	838m	ton/dobę							200	1500	1800	1800	1800	1800	1600	1200	1000	800																		
												m/dobę							0.4	3.2	3.8	3.8	3.8	3.4	3.1	2.6	2.1	kanał																		
												m/okres							9	74	88	84	80	83	62	51	47																		
C-31	504/1	1400	192	1.80 - 3.10	2.50 - 4.00	831.3	55.1	39.9	-5	20.60	1120m	ton/dobę										1900	2100	2500	3000	2500	1800	2100	2100	2200	2400	2400	1400	1400	1400	1800	2200	2200	2100	400						
												m/dobę										2.4	2.6	3.1	3.8	3.7	2.6	3.9	3.9	4.1	4.5	4.5	3.0	3.0	3.0	3.3	4.1	4.1	3.9	0.7	kanał				
												m/okres										50	53	72	78	77	64	81	86	90	97	102	71	68	65	74	86	82	90	14					
E-24	404/1 łg+kd	369	112	2.50	2.70	371.0	24.0	63.9	176	31.60	838m	ton/dobę																500	800	1000	1400	1400	1100													
												m/dobę																1.3	2.1	2.6	3.6	3.6	2.8	kanał												
												m/okres																26	43	54	81	85	68													
C-25	415/1-2	695	223	2.20	2.50	638.3	32.1	56.0	71	22.30	950m	ton/dobę																						900	2000	2200	2300	2300	2300	2300	2000	400				
												m/dobę																						1.4	3.1	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6	3.1	0.6	kanał			
												m/okres																						29	65	75	75	71	75	75	65	14				
C-33	409/1-2	570	180	3.20	3.60	801.3	32.0	59.0	65	22.50	838m	ton/dobę																											900	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2200	800
												m/dobę																											1.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.9	1.0
												m/okres																											27	60	66	66	66	69	66	69	60	19
C-36	415/3	842	181	2.20	2.70	539.5	36.5	55.6	149	25.00	838m	ton/dobę																													800	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
												m/dobę																													1.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
												m/okres																													29	80	80	80	80	84	80	84	80	68
F-30	405/1 łg+kd	930	162	2.70	3.00	692.0	37.6	51.4	34	23.40	950m	ton/dobę																															300	1200	2400	2400	2400	2400	2400
												m/dobę																															0.5	2.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
												m/okres																															11	43	91	86	91	86	74
A-32	404/2 łg	578	215	1.60	2.20	443.8	28.6	57.0	164	25.10	838m	ton/dobę																																	1500	1600	1600	1600
												m/dobę																																	3.2	3.4	3.4	3.4
												m/okres																																	67	75	72	62

W celu dostosowania harmonogramów do przyjętych standardów wykonano przybliżenie danych i dostosowano do wizualnego szablonu harmonogramów używanego w JSW.S.A.

Deswik.SCHED
Gantt Chart Scheduling

Podsumowanie końcowe

- ✓ Oprogramowanie Deswik na Ruchu Borynia funkcjonuje z powodzeniem od kwietnia 2020 roku.

- ✓ Aktualnie w kopalni funkcjonuje jeden model projektu, na którym została oparta Strategia funkcjonowania Ruchu Borynia do 2051r – na tym projekcie dokonujemy również bieżącej miesięcznej aktualizacji postępów ścian i przodków. Wykonywanie są również 3 letnie krótkoterminowe harmonogramy bieżące, na których opieramy prognozowanie jakości produktu.

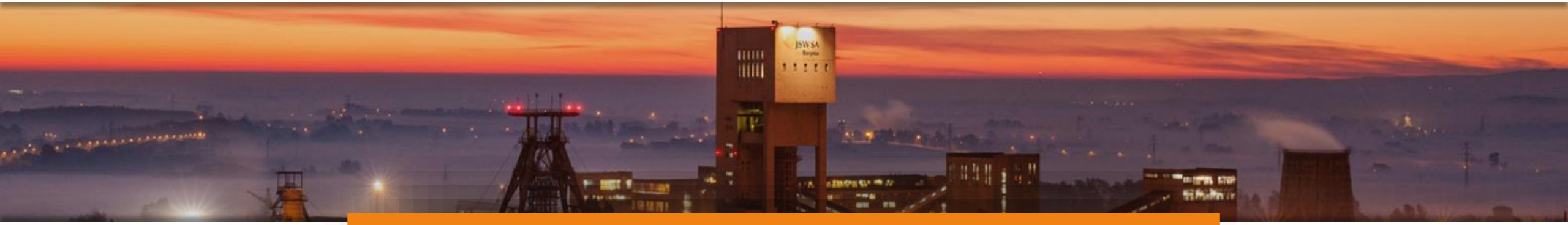
- ✓ Samo oprogramowanie daje olbrzymie możliwości dotyczące analizy wykonanych harmonogramów poprzez zastosowanie filtrów czy tworzenie różnorakich paneli kontrolnych dashboard, jednakże niewątpliwym jego atutem jest również możliwość szybkiego eksportu konkretnych danych do arkusza kalkulacyjnego.

- ✓ Poprzez większą popularność arkuszy kalkulacyjnych, analizę wyeksportowanych danych możemy prowadzić jednocześnie u kilku osób. Arkusz kalkulacyjny daje również możliwość łatwego zaokrąglania/dostosowywania wyników do oczekiwanych przez ich odbiorcę formatu.

Deswik.CAD
Design & Solids Modeling

Deswik.SCHED
Gantt Chart Scheduling

Excel



Dziękuję za uwagę

Opracowanie:

Artur LEWANDOWSKI - *KWK „BORYNIA-ZOFIÓWKA" Ruch „BORYNIA"*

Tomasz KIEŁB - *KWK „BORYNIA-ZOFIÓWKA" Ruch „BORYNIA"*

Jastrzębska Spółka Węglowa SA

SPÓŁKA NOTOWANA NA GPW WIG20

Doświadczenia Zakładu Górniczych Robót Inwestycyjnych w zakresie zastosowania otworów kierunkowych do odmetanowania górotworu oraz dalsze plany w polu C w ramach programu DD-MET w KWK Staszic-Wujek Ruch Murcki-Staszic

Rafał Mędrygał
Polska Grupa Górnicza S.A.
Oddział Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych



1. WSTĘP

1.1. *Charakterystyka ZGRI*

Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych z siedzibą w Bieruniu jest specjalistyczną Jednostką Organizacyjną PGG S.A wykonującą na rzecz kopalń usługi górnicze w zakresie robót przygotowawczych, przebudowy oraz odtworzenia wyrobisk, a także robót wiertniczych pod kątem odmetanowania oraz szybowych. Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych rozpoczął swoją działalność 1 listopada 1997 r. jako jednostka organizacyjna w ramach Nadwiślańskiej Spółki Węglowej S.A. Wraz z restrukturyzacją sektora górniczego, od 2003 roku Zakład funkcjonował w strukturach Kompanii Węglowej, a od 2016 roku – w strukturze Polskiej Grupy Górniczej S.A.

W obecnym okresie prace związane z przebudową oraz odtworzeniem wyrobisk prowadzone są przez specjalistyczny Oddział GZL Zakładu Górniczych Robót Inwestycyjnych, świadczący usługi w KWK RUDA Ruch Bielszowice, gdzie wykonujemy przebudowę istniejącego i zabudowę nowego skrzyżowania portalowego w Przekopie południowym i południowo-równoległym na poziomie 1000, co jest tematem tego referatu. Jest to pierwsza taka przebudowa skrzyżowania typu portalowego wykonana przez Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych.

1.2. *Wprowadzenie – cel pracy*

Zastosowanie nowatorskich technologii wiercenia otworów kierunkowych dla zwiększenia efektywności odmetanowania podczas eksploatacji w pokładzie 501 w polu C na poziomie 900 m w KWK Staszic-Wujek ruch Murcki-Staszic.

1.3. *Opis warunków geologiczno-górniczych w rejonie przeprowadzonych prac*

a) *Informacje ogólne, profil geologiczny*
Pokład 501 w omawianym rejonie wykształcony jest w postaci warstwy węgla o miąższości od 3,3 m do 3,8 m. Na początkowych metrach Pochylni I-C bis bad., stwierdzono zaburzenie sedymentacyjne w postaci wdarcia piaskowca w stropową część pokładu 501 powodujące ścienienie pokładu, do całkowitego jego zaniku oraz na końcowym odcinku gdzie ławica piaskowca zredukowała miąższość pokładu do 1,40 m. W stropie pokładu 501 znajduje się ławica piaskowca o miąższości 8,0 m (otw. G-16(2018)). Spąg pokładu 501 budują iłowce o miąższości 3,05 m (otw. G-16(2018)).

b) *Zaburzenia tektoniczne i sedymentacyjne*
W trakcie drążenia Pochylni I-C bis badawczej, stwierdzono następujące zaburzenia:

- do około 30,0 mb Pochylni I-C bis badawczej, stwierdzono zaburzenie sedymentacyjne w postaci wdarcia piaskowca w stropową część pokładu powodujące całkowity zanik pokładu;
- na ok. 655,0 mb Pochylni I-C bis badawczej stwierdzono uskok o zrzucie h = 1,60 m na południowy zachód;
- od ok. 690,0 mb do końca wybiegu Pochylni I-C bis badawczej stwierdzono zaburzenie sedymentacyjne w postaci wdarcia piaskowca w stropową część pokładu powodujące redukcję jego miąższości do 1,40 m.

c) *Zagrożenia wodne i warunki hydrogeologiczne*
Wyrobisko znajduje się w górotworze zaliczonym do I stopnia zagrożenia wodnego. Planowane roboty prowadzone będą w I stopniu zagrożenia wodnego. W trakcie przewiercania warstw

piaskowców, należy spodziewać się dopływu słonej wody w ilości do 100 l/min. Po sczerpaniu zasobów statycznych dopływy te będą malały.

d) *Krawędzie eksploatacyjne i wyrobiska w bezpośrednim sąsiedztwie*
Do 160 m, powyżej i poniżej brak.

e) *Parametry geomechaniczne*
Poniżej przedstawiono wyniki badań penetrometrycznych wykonanych w otworach badawczych G-65(2017) oraz G-65a(2017) w Pochylni odstawczej C badawczej.

	NAZWA OTWORU	PROFIL	WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE R_c [MPa]	GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA [kg/m^3]
STROP POKŁADU 501	G-65(2017)	6,40 piaskowiec	20,59–119,51 $R_{cśr}$ = 69,14	25,890
POKŁAD 501	G-65(2017) G-65a(2017)	3,90 węgiel	2,17–28,17 $R_{cśr}$ = 16,12	-
SPĄG POKŁADU 501	G-65a(2017)	2,0 iłowiec	8,51–39,63 $R_{cśr}$ = 28,54	25,890

2. REALIZACJA PRAC

2.1. *Zakres prac*

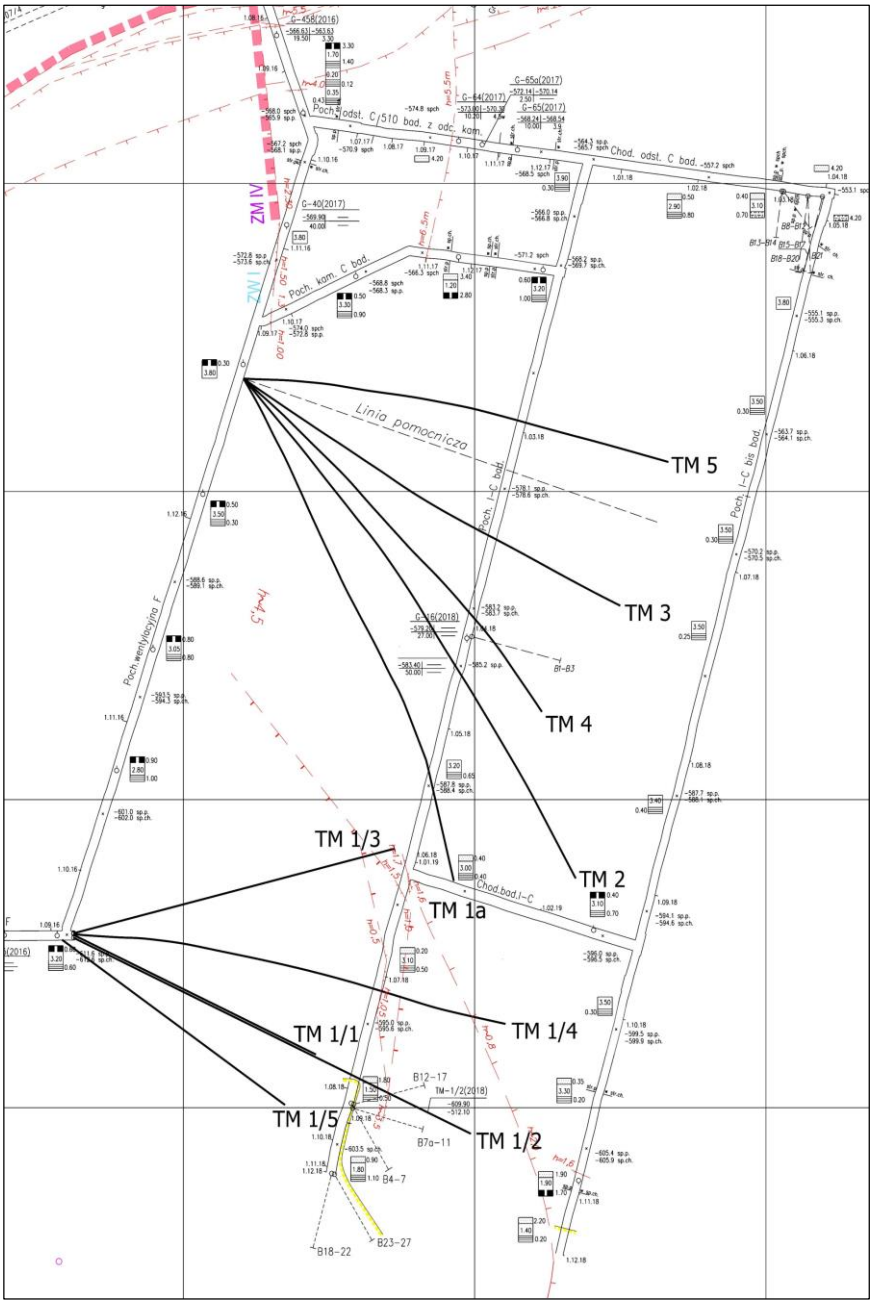
Zakład Górniczych Robót Inwestycyjnych Polskiej Grupy Górniczej kontynuuje rozszerzoną, skuteczną działalność prac, poprzez wykorzystanie techniki oraz technologii otworów kierunkowych dla przyszłej Ściany II-C w pokładzie 501 w polu C na poziomie 900 m. Przypomnijmy, iż dla poprzedniej Ściany w polu C w ramach programu DD-MET, odmetanowanie prowadzone było z chodnika nadścianowego (zastosowanie otworów metanowych klasycznych) oraz wykorzystując infrastrukturę kopalni, wyrobiska (zastosowanie otworów kierunkowych), dzielącego filarem 200 m od rejonu wyeksploatowanej Ściany I-C. Pod nadzorem merytorycznym pracowników Głównego Instytutu Górnictwa oraz Głównego Instytutu Nafty i Gazu prowadzone były kompleksowe prace odmetanowania z wykorzystaniem nowoczesnych czujników pomiarowych dla otworów kierunkowych.

2.2. *Osiągnięcia w odmetanowaniu z zastosowaniem nowych metod wiertniczych*

Zastosowanie obu metod, przyniosło bardzo korzystne wartości ilości pozyskanego metanu. Udział odmetanowania otworów kierunkowych do otworów klasycznych, wyniósł 70:30% objętości metanu. Biorąc pod uwagę aspekt ekonomiczny robót wiertniczych poprzez nałożone roboczodniówki, uzyskaliśmy dwukrotną wartość obłożonych prac dla otworów klasycznych względem do otworów kierunkowych przy całej eksploatacji pokładu 501, Ścianą I-C. Wysoka średnia efektywność odmetanowania rzędu 71,4%, przyczyniła się do minimalizacji postoju

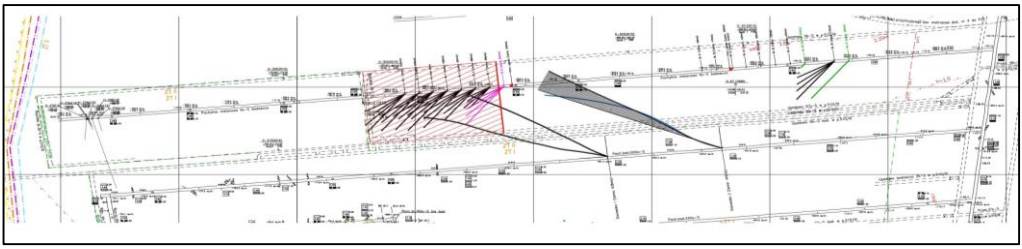
ściany, co zwiększyło bezpieczeństwo pracy załogi oraz pozwoliło osiągnąć planowane wydobycie.

Zasoby sczerpane metanu podczas eksploatacji osiągnęły wartość 3 mln. Nm^3 natomiast po eksploatacji, udało się pozyskać objętość, rzędu 1,5 mln Nm^3 czystego metanu.



2.3. *Dalsze posunięcia w zastosowaniu otworów kierunkowych na przykładzie Ściany 3b-S*

Po wykonaniu powyższego zadania, przeniesienie frontu robót dla odmetanowania Ściany 3b-S w pokładzie 510/III z Pochylni badawczej XXIX-S w pokładzie 501 przy bardzo niskim postępie ściany ze względu na wysoki stopień zagrożenia tąpaniami oraz zaszłości wystąpień wysokoenergetycznych wstrząsów, nie dało zadowalającego efektu pracy otworów, natomiast należy również podkreślić, że zagrożenie metanem w rejonie eksploatowanej ściany, było również bardzo niskie – stopień desorpcji jest wprost proporcjonalny do postępu ściany. Wykonanie otworów kierunkowych z Pochylni badawczej XXIXa-S, pozwoliło na uzyskanie nowego doświadczenia wiercenia, procesów krzywienia oraz pomiarów inklinometrycznych (wiercenie otworów z pokładu 501, leżącego powyżej pokładu 510, dzielących górotworem o grubości 35 m, co jest odmiennym przypadkiem porównując do Ściany I-C.



2.4. *Plany na przyszłość w ramach realizacji programu DD-MET*

Aktualnie, prowadzone są przygotowania do odmetanowania Ściany II-C w pokładzie 501, m.in. wykonanie wnęki wiertniczej dla wiertnicy, przez służby kopalniane, która zlokalizowana będzie w drążonej Pochylni II-bis/501/C/badawczej na ok. 25 mb wyrobiska, po stronie ociosu wschodniego na 6 metrowym odcinku w kierunku południowo-wschodnim. Koncepcja wykonania otworów kierunkowych, jest inna dla ZGRI, ponieważ kierunek wiercenia otworów będzie równoległy do wybiegu projektowanej ściany, natomiast na polskie warunki, było już praktykowane z dobrym skutkiem, więc spodziewamy się również wysokiego efektu. Długości otworów kierunkowych, zapewnią odmetanowanie przez całą planowaną eksploatację, a usytuowanie otworów na podstawie nabytych doświadczeń ze Ściany I-C, ułatwia ustalenie optymalnej wysokości względem pokładu 501 dla skutecznego odmetanowania podczas eksploatacji jak i po eksploatacji. Wiedza ta, została osiągnięta poprzez prowadzone pomiary po zakończeniu biegu ściany dla określenia zmian wydatkach w czasie oraz znajomości warstw stropowych pokładu 501 dzięki profilom z otworów oraz ich trajektorii. Odmetanowanie to, równolegle prowadzone będzie z chodnika nadścianowego z uwzględnieniem wyników z poprzedniej ściany dla korekty co do ilości otworów klasycznych jak i odległości pomiędzy wiązkami. Planujemy, wykonanie 5 otworów kierunkowych o średnicy 95 mm i długości średniej 450 m każdy. Otwory kierunkowe, wykonywane będą z wyprzedzeniem ze względu na cel uruchomienia każdego otworu podczas rozruchu ściany. Roboty wiertnicze, planowane są na wrzesień tego roku.

WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych robót wiertniczych oraz odmetanowania pokazały, iż warto stosować tego typu techniki oraz technologię w kopalniach węgla kamiennego, pomimo trudnych warunków geologicznych, tym bardziej ma to zasadność, gdzie istnieje wysokie zagrożenie metanem.

Poruszony aspekt ekonomiczny w niniejszym opracowaniu, argumentuje zasadność stosowania tego typu wiercenia.

Bardzo ważną rolę, pełni bezpieczeństwo pracy w polskich kopalniach węgla kamiennego o którym również wspomnieliśmy. Ta metodą pozwala odizolować pracowników od bezpośredniego zagrożenia wynikającego z eksploatacji.

Otwory kierunkowe, można również przeznaczyć do innych celów, jak rozpoznania geologicznego czy profilaktyki wodnej lub pożarowej.

System łączności bezprzewodowej stosowany na kopalni Bolesław Śmiały



Przygotował:
mgr inż. Przemysław Mroczek

Kraków,
27.09 – 29.09.2021r.

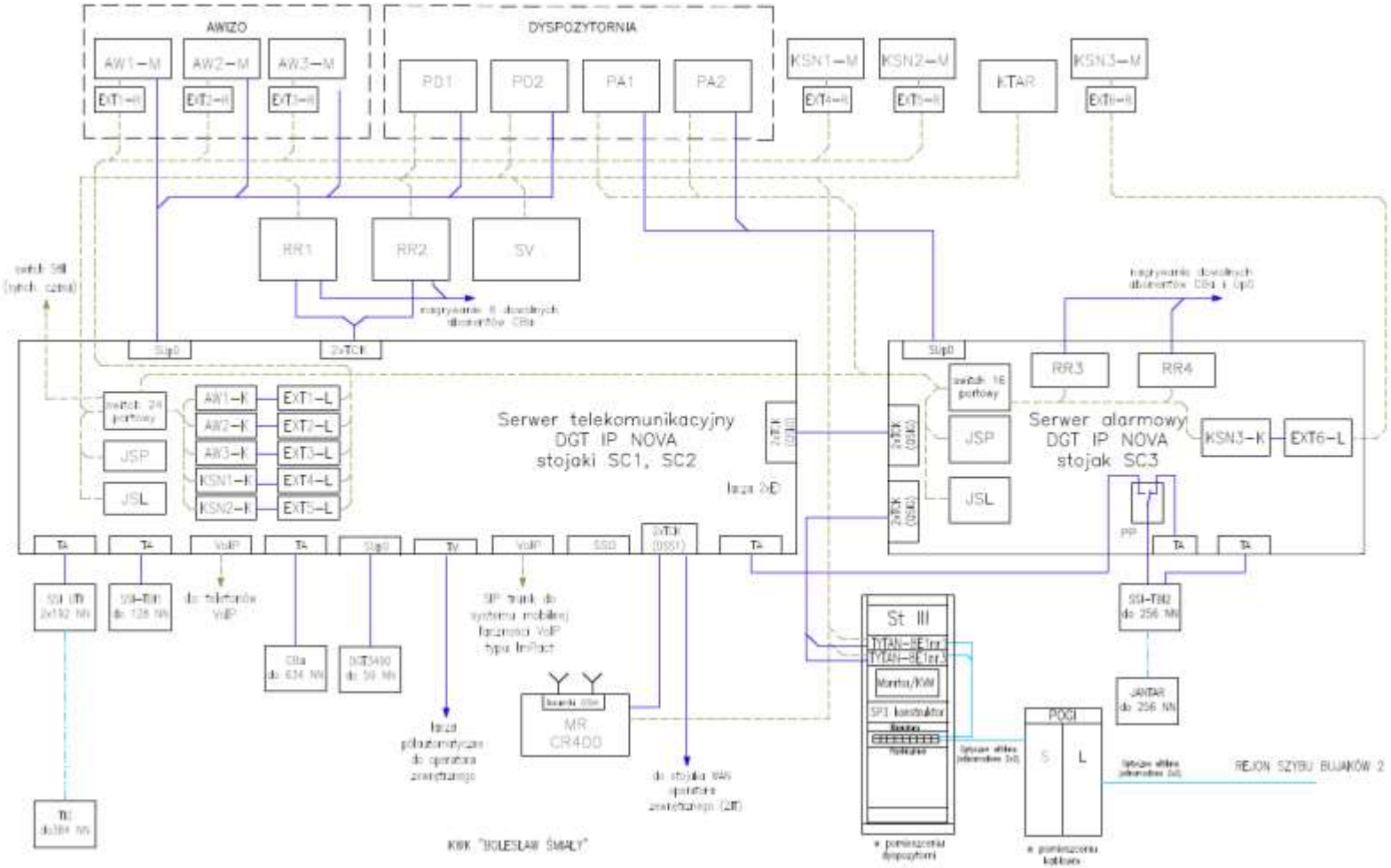
Plan prezentacji

- Struktura systemu telekomunikacyjnego na kopalni Bolesław Śmiały
- Budowa i zasada działania systemu łączności bezprzewodowej ImPact
- Diagnostyka systemu ImPact
- Zastosowanie systemu ImPact na drogach przewozowych
- Zastosowanie systemu ImPact przy pracach w szybach

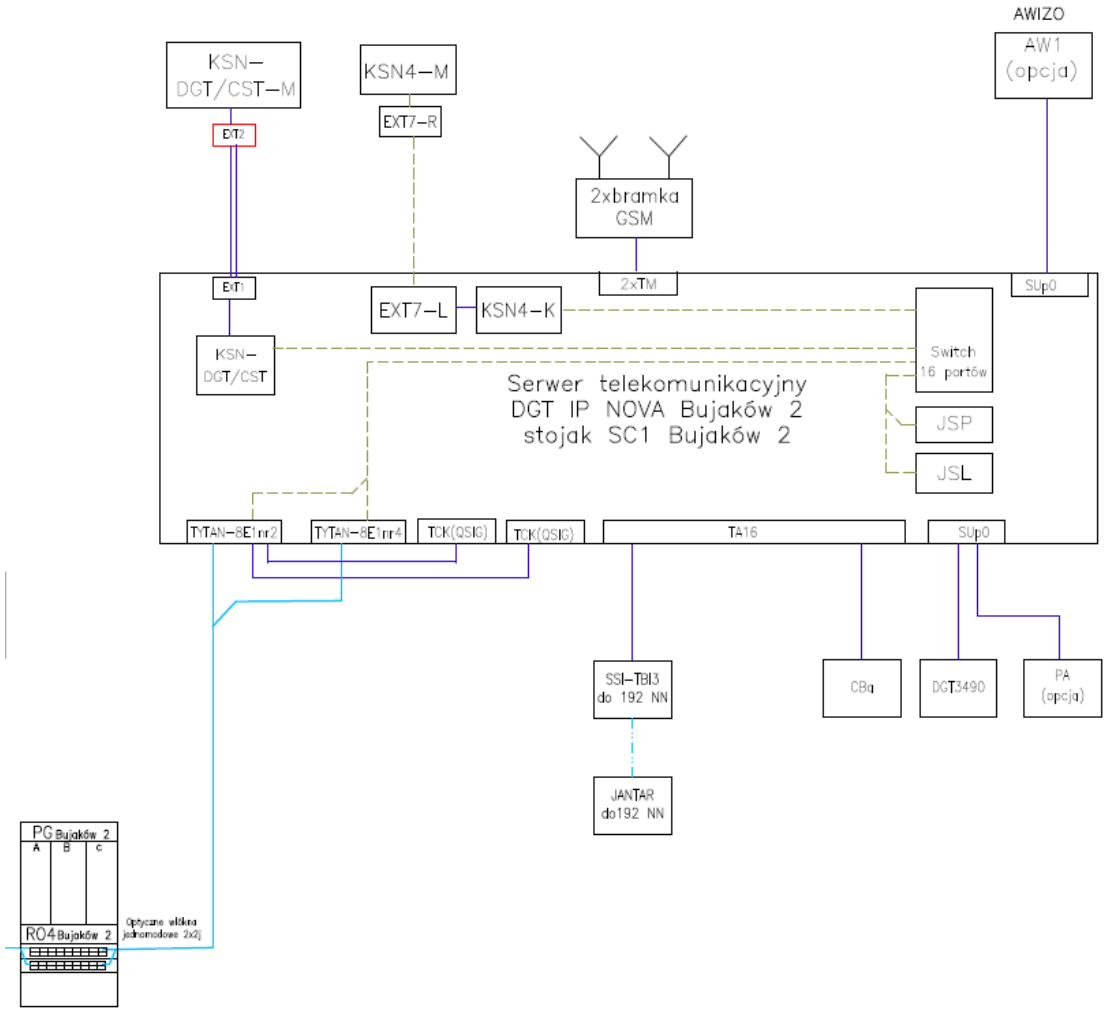
Struktura systemu telekomunikacyjnego

- Na kopalni Bolesław Śmiały funkcjonuje system telekomunikacyjny HETMAN zbudowany w oparciu o serwer IPNova
- Realizuje wszystkie zadania związane z ogólnozakładową łącznością telefoniczną
- W oparciu o ten system realizowana jest łączność w przypadku prowadzenia akcji ratowniczej, jak również system alarmowania.

STRUKTURA SYSTEMU TELEKOMUNIKACYJNEGO



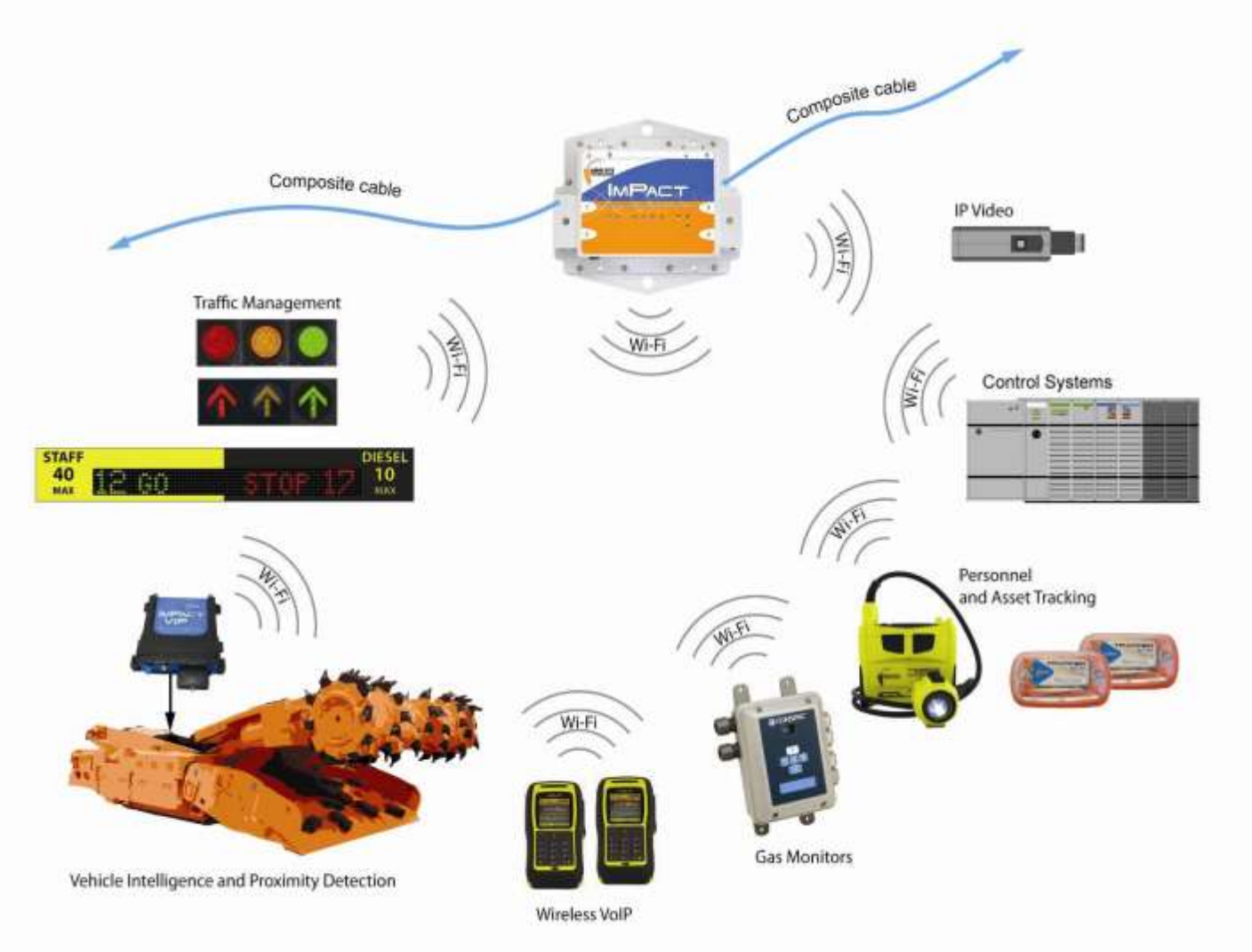
STRUKTURA SYSTEMU TELEKOMUNIKACYJNEGO



System ImPact - budowa

- System bazuje na serwerze MST zabudowanym na dyspozytorni zakładowej
- Uniwersalny system transmisji przeznaczony do pracy w podziemiach kopalń (ATEX IM1),
- Zaprojektowany dla uzyskania minimalnej infrastruktury podziemnej,
- Zaprojektowane dla protokołu WiFi 802.11 „Open Standards”
- Umożliwia współpracę z innym urządzeniami opartymi na WiFi 802.11
- Jednoczesna transmisja głosu VoIP oraz danych

System ImPact - budowa



System ImPact - budowa

- Do systemu są podłączone access pointy (switche) oraz repetery Wi-Fi



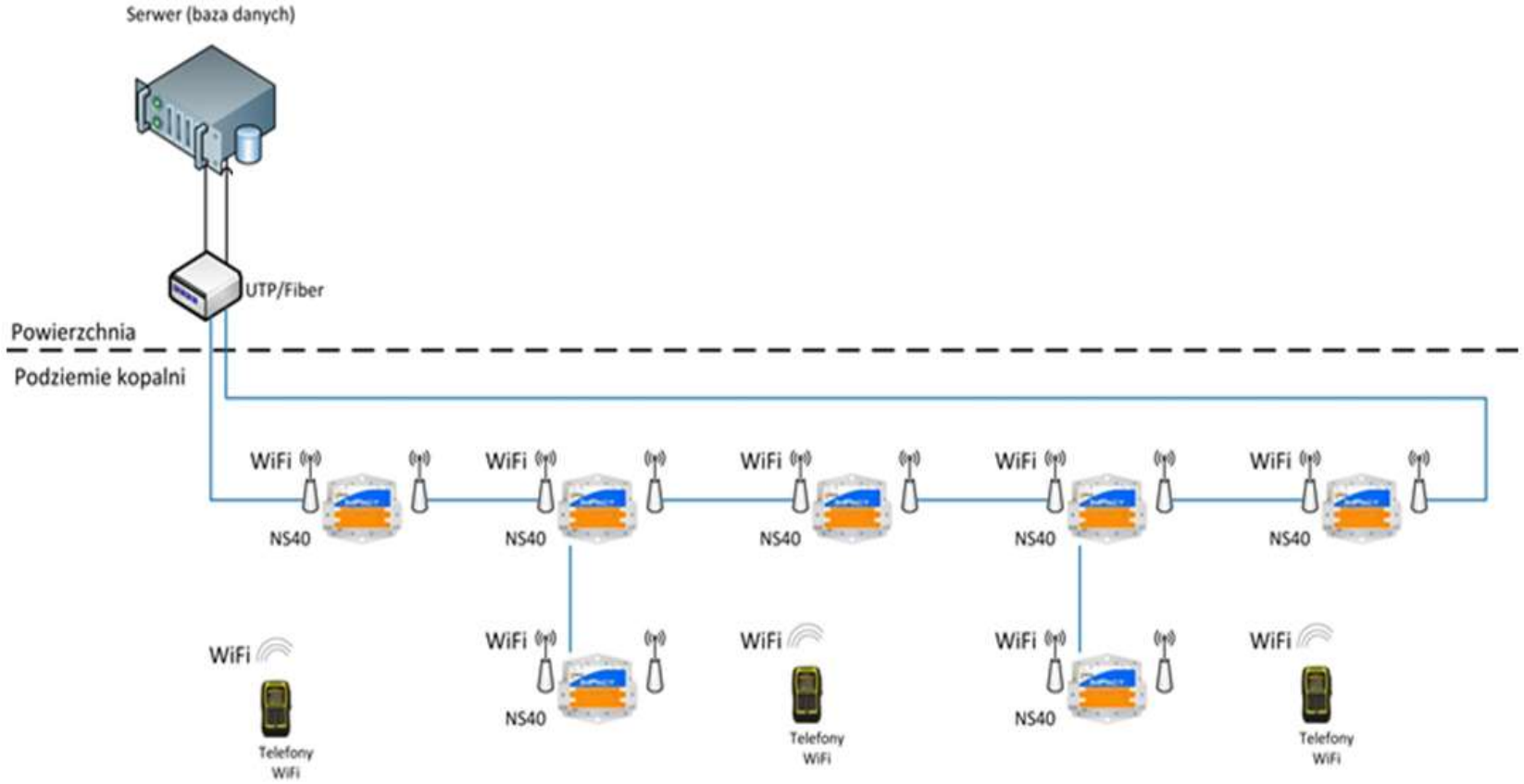






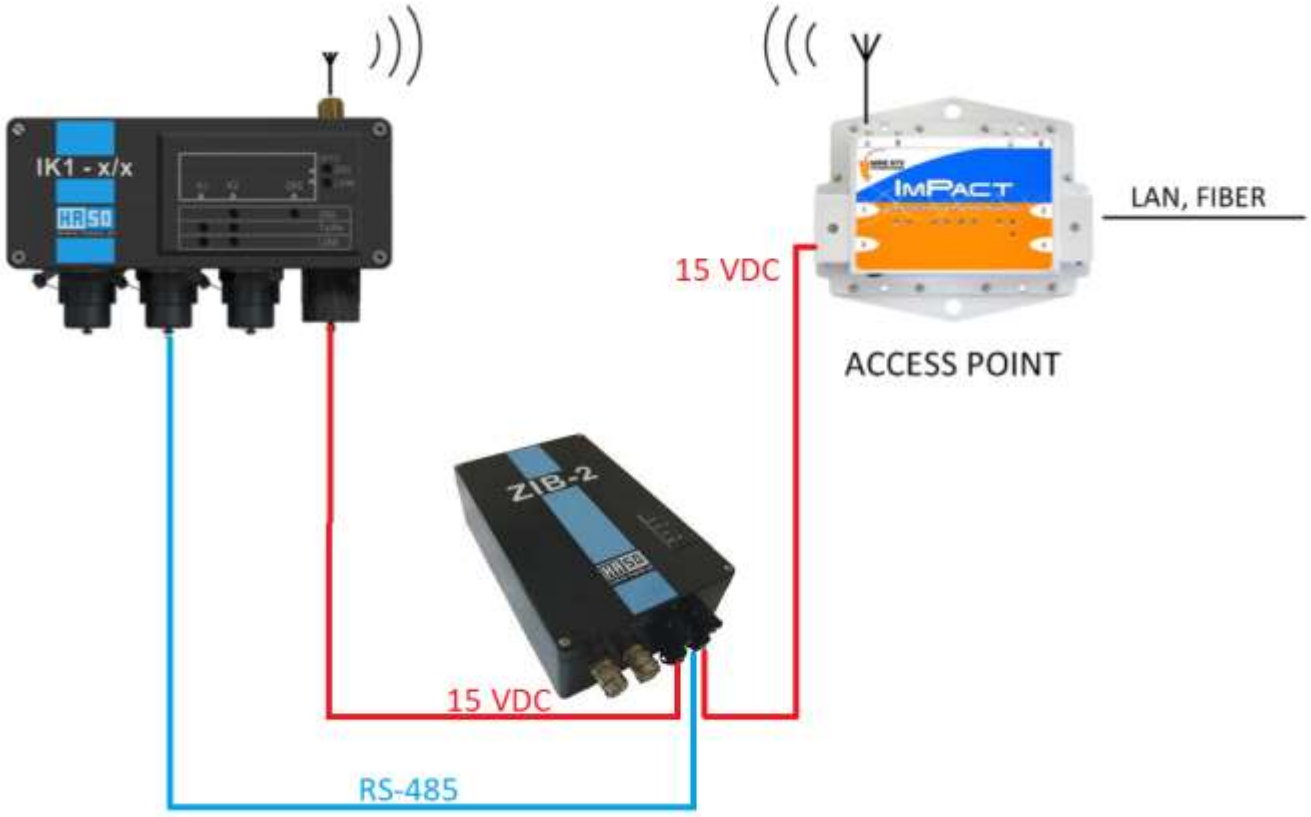
System ImPact - budowa

- Urządzenia wspierają protokół Spanning Tree, zapewniając systemowi i sieci redundancję (transmisja prowadzona dwoma niezależnymi drogami).



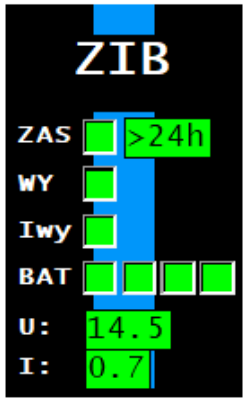
System ImPact - diagnostyka

- Dzięki zastosowaniu zasilaczy z transmisja danych oraz podłączeniu ich poprzez odpowiednie konwertery można parametryzować stan sieci zasilającej Access Pointy

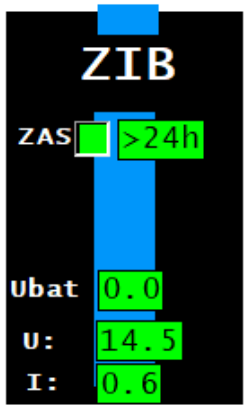


System ImPact - diagnostyka

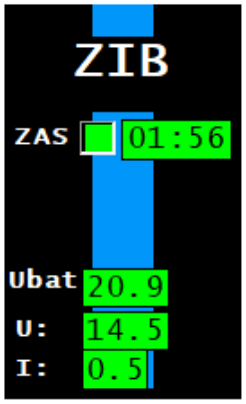
- Stan pracy zasilaczy można zobaczyć w systemie dyspozytorskim SP3



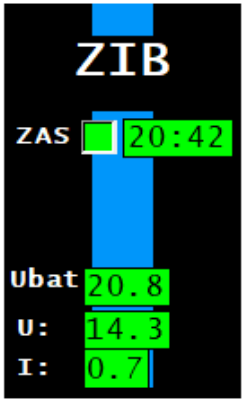
Kablownia



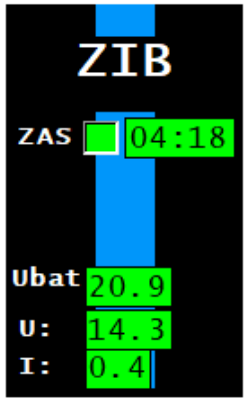
Bujaków 2



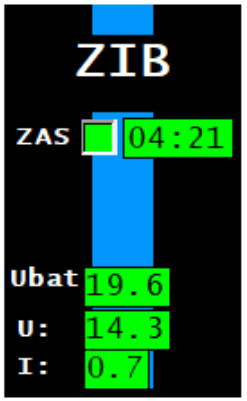
St.tankowania zał.Ferrit poz.420



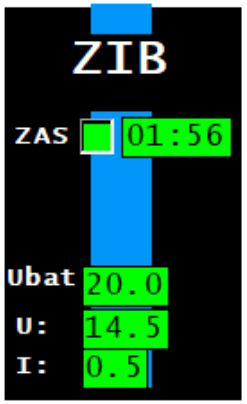
R-59



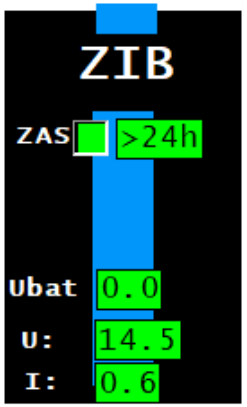
Dysp.Ferrit



Warszt.Ferrit



Dyspon.przew. poz.420



Warszt.MEUD I

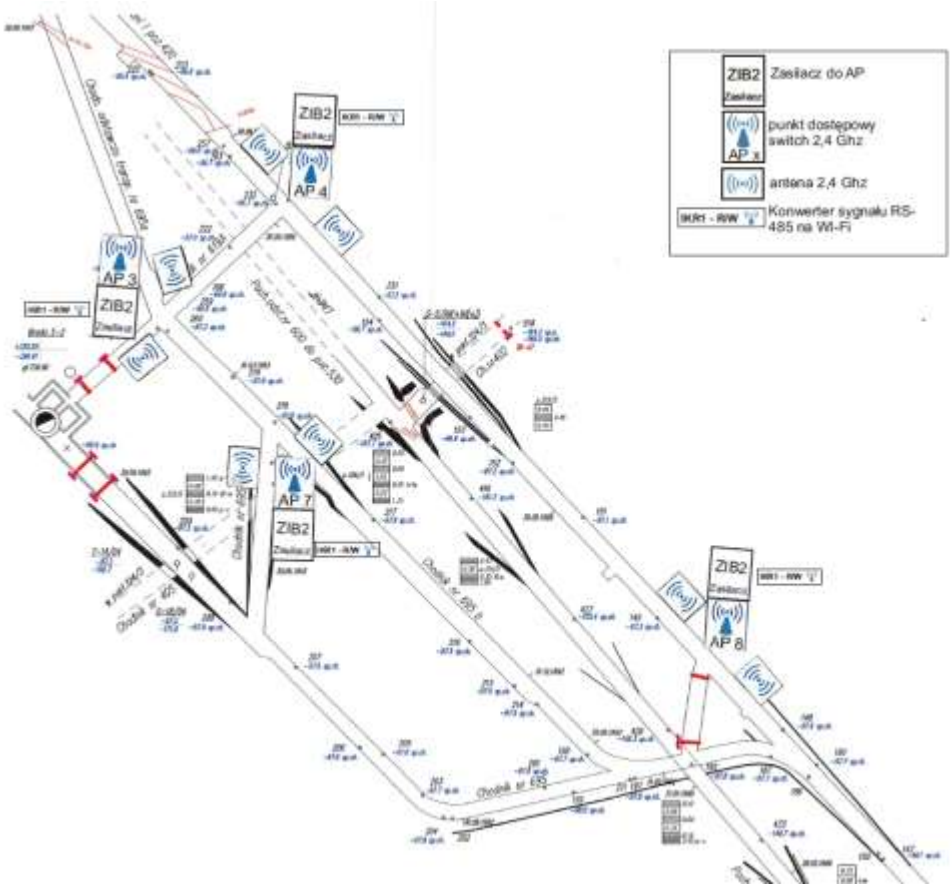
System ImPact - diagnostyka

- W systemie dyspozytorskim można również podejrzeć stan pracy samych Access Point-ów poprzez ich „pingowanie”

172.16.1.150	>24h	NS40 MST	Kablownia
172.16.1.170	01:56	NS40 MST	Bujaków 2
172.16.1.154	>24h	NS40 MST	Stacja tankowania
172.16.1.172	01:59	NS40 MST	R-59
172.16.1.162	>24h	NS40 MST	Dysp.Ferrit
172.16.1.168	01:59	NS40 MST	Warszt.Ferrit
172.16.1.152	01:57	NS40 MST	Dysp.przew.poz 420
172.16.1.156	>24h	NS40 MST	Warszt.MEUD 1

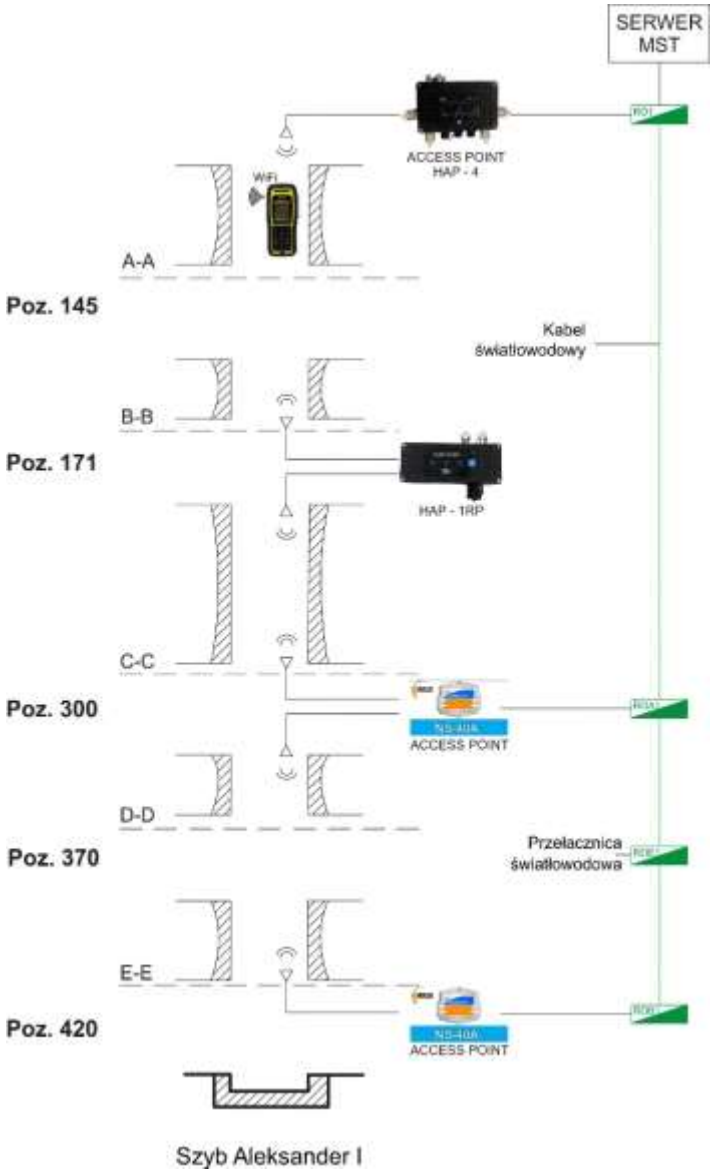
System ImPact - zastosowanie

- Główne zastosowanie – drogi przewozowe
- Szczególnie rozbudowana sieć w rejonie dysponentki kolejek podwieszanych – stała łączność z dysponentem



System ImPact - zastosowanie

- Zastosowanie systemu ImPact w szybach:
  - zwiększenie bezpieczeństwa i komfortu pracy
  - możliwość stałej łączności z każdym telefonem na kopalni podczas wykonywania robót w szybie
  - brak konieczności zabudowy dodatkowych kabli w szybie
  - efektywny zasięg zastosowanych anten oraz urządzeń w szybie Aleksander I przy poruszaniu się w klatce do jazdy ludzi - 150 m



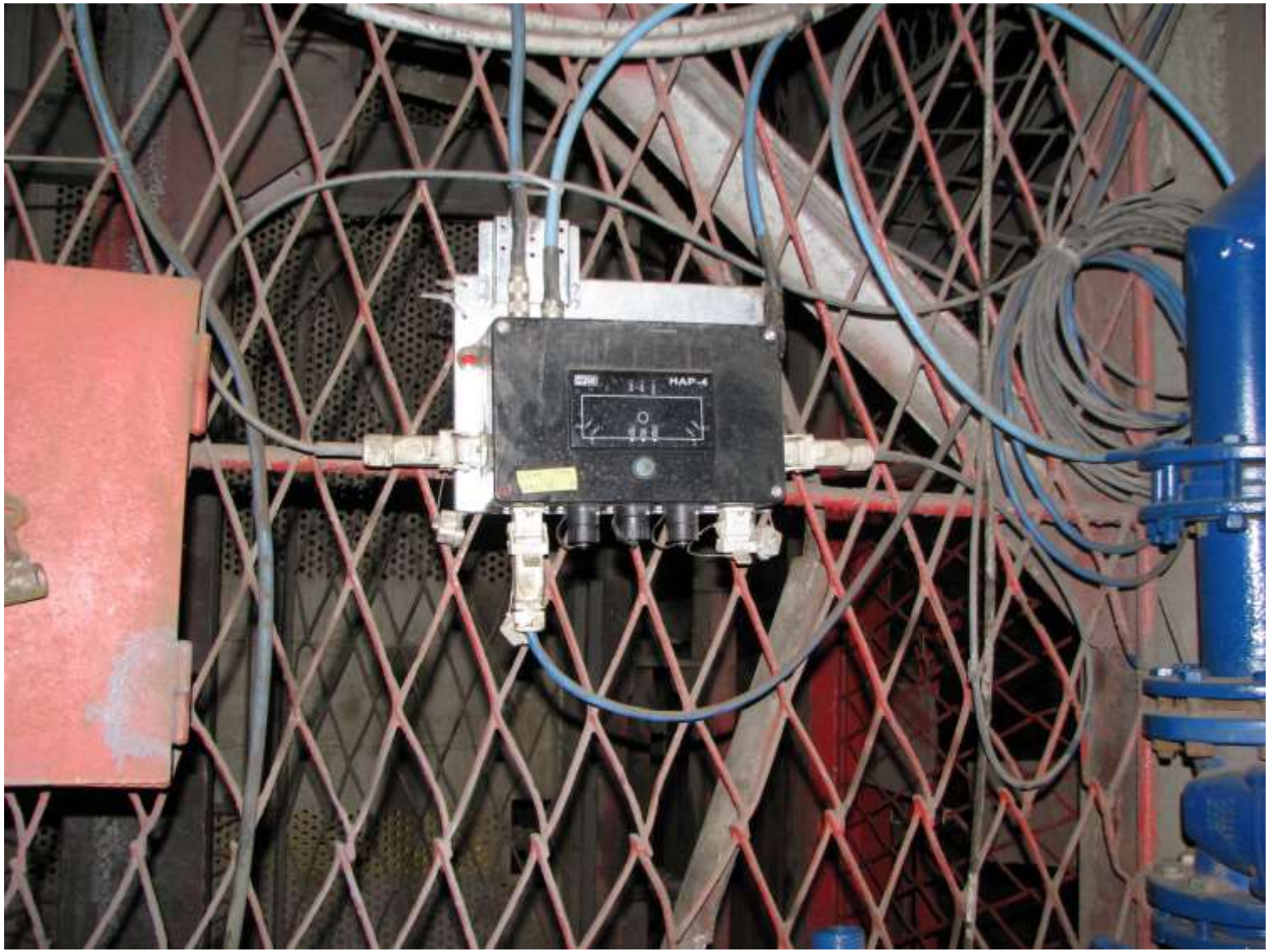
System ImPact - zastosowanie

- System ImPact w szybie Aleksander I poz. 171



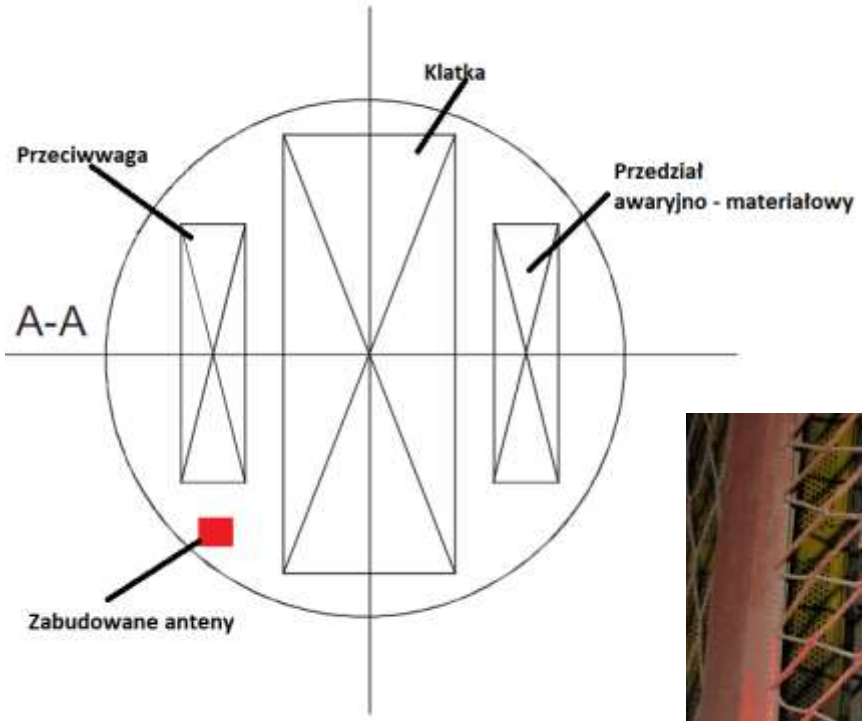
System ImPact - zastosowanie

- System ImPact w szybie Aleksander I zrąb



System ImPact - zastosowanie

- System ImPact w szybie Aleksander I – zabudowa anten





Podsumowanie

- Zalety systemu ImPact:
  - Uniwersalność i niezawodność (możliwość zapętlenia sieci)
  - Repetery Wi-Fi – brak konieczności budowy kabli światłowodowych
  - Możliwość tworzenia grup przy połączeniach peer-to-peer (walkie talkie)
  - Zasięg anten między 150 a 250 metrów
- Wady systemu ImPact:
  - Częstotliwość 2,4 GHz jest w znacznym stopniu absorbowana przez górotwór oraz „odbijana” przez urządzenia – trudność w znalezieniu optymalnego miejsca montażu anten
  - Zasięg anten miedzy 150 a 250 metrów

Dziękuję za uwagę



Pokłady możliwości



Eksploatacja złoża rudy miedzi w warunkach zredukowanej miąższości skał dolomityczno-anhydrytowych (w sąsiedztwie warstw trzeciorzędowych) na przykładzie pola LU-XV/16F O/ZG „Lubin”.

Exploitation of a copper ore deposit in the conditions of reduced thickness of dolomite-anhydrite rocks (adjacent to the tertiary layers) on the example of the LU-XV/16F mining district in the „Lubin” Mine

Paweł PIASECKI
Robert MICHUŁKA
Krzysztof KUJAWSKI
Radosław MILLER
KGHM PM S.A. O/ZG „Lubin”

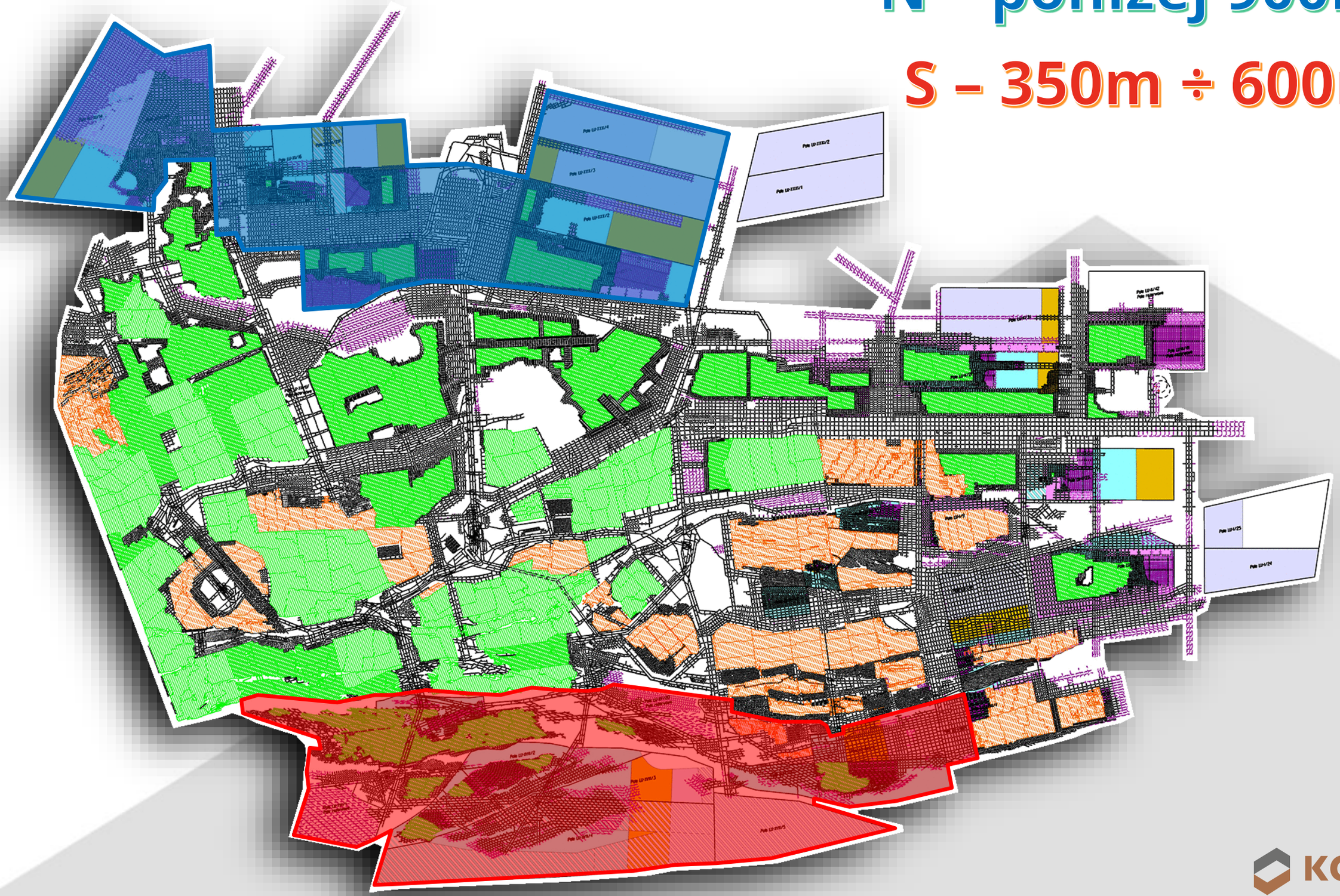
Wstęp



Obszar Górniczy „Lubin-Małomice”

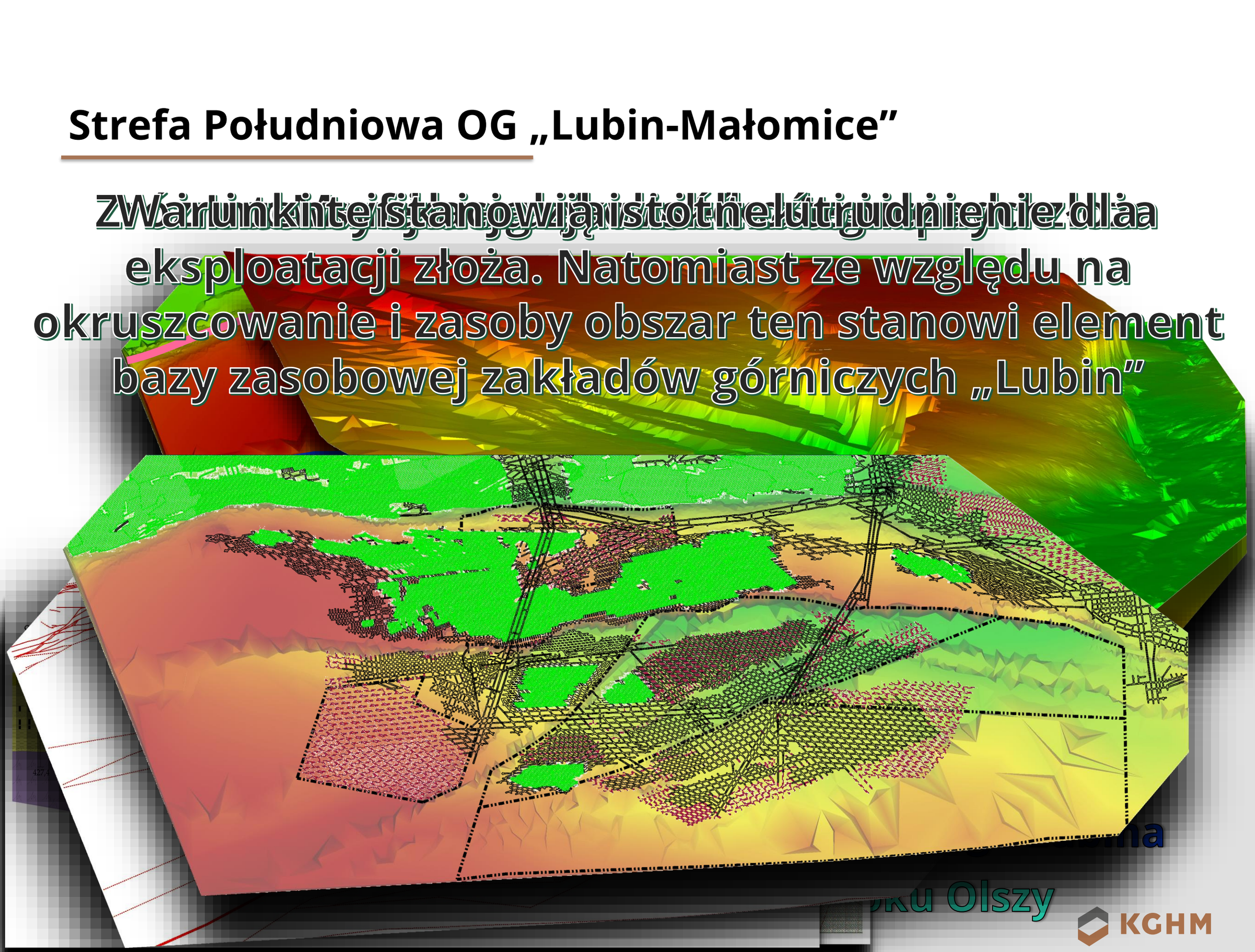
N – poniżej 900m

S – 350m ÷ 600m



Strefa Południowa OG „Lubin-Małomice”

Warunki tej strefy stanowią istotne utrudnienie dla eksploatacji złoża. Natomiast ze względu na okruszcowanie i zasoby obszar ten stanowi element bazy zasobowej zakładów górniczych „Lubin”



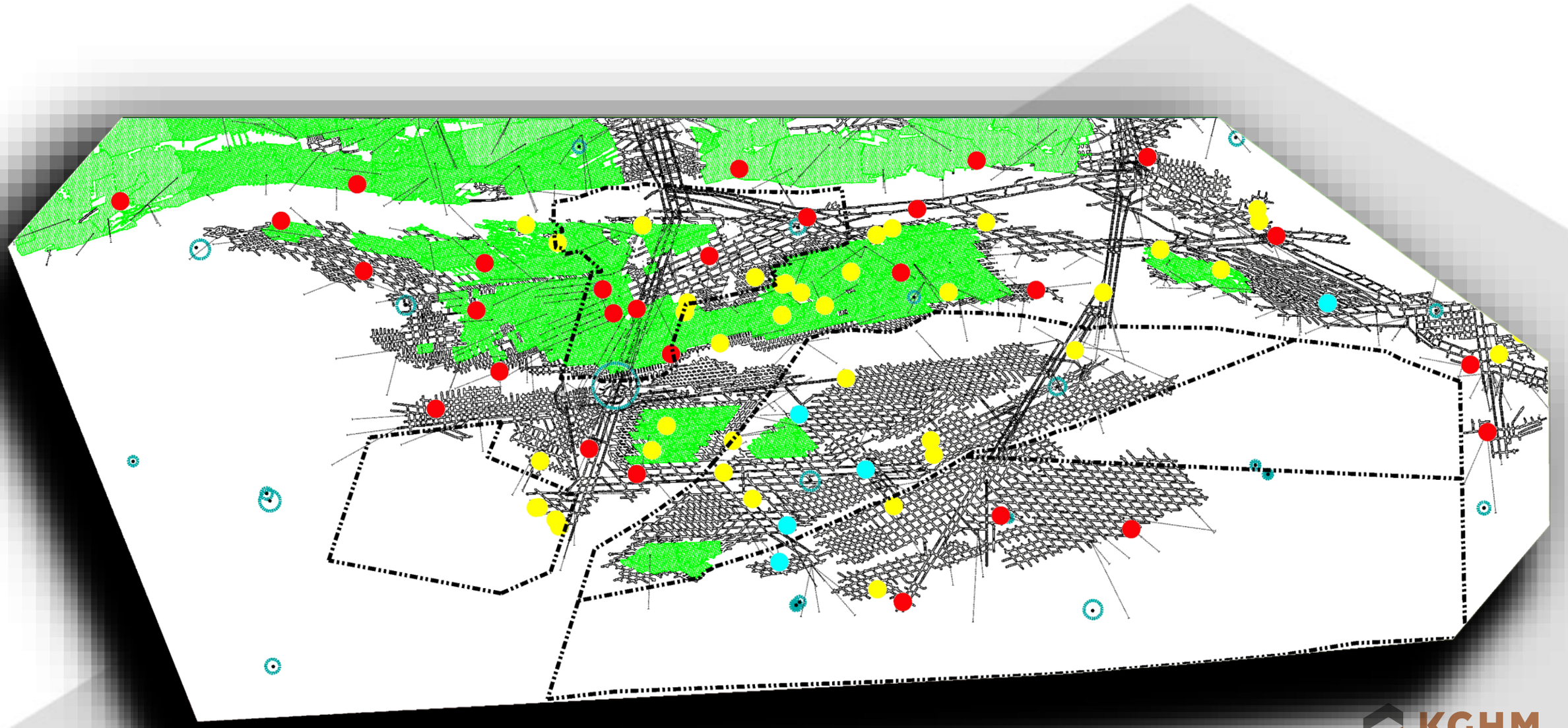
Koncepcje zagospodarowania oraz rozpoznanie strefy południowej

W celu rozpoznania południowej partii złoża wykonano:

- Otwory wiercone z powierzchni
- Otwory wiercone z płaszczyzny złoża
- Badania geomechanicznych właściwości skał w profilu górniczym w tym skał stropowych

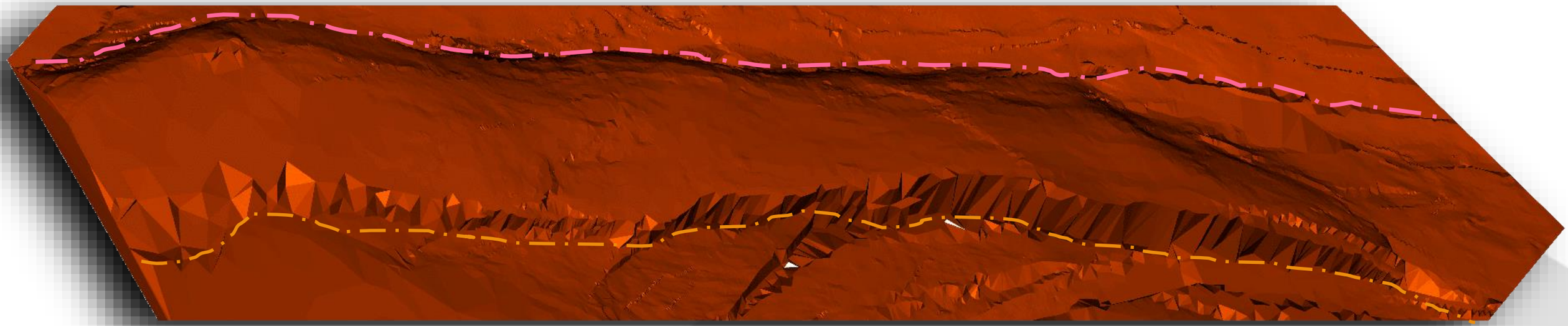
Problem eksploatacji strefy południowej podejmowany by już w latach 70-tych ubiegłego stulecia.

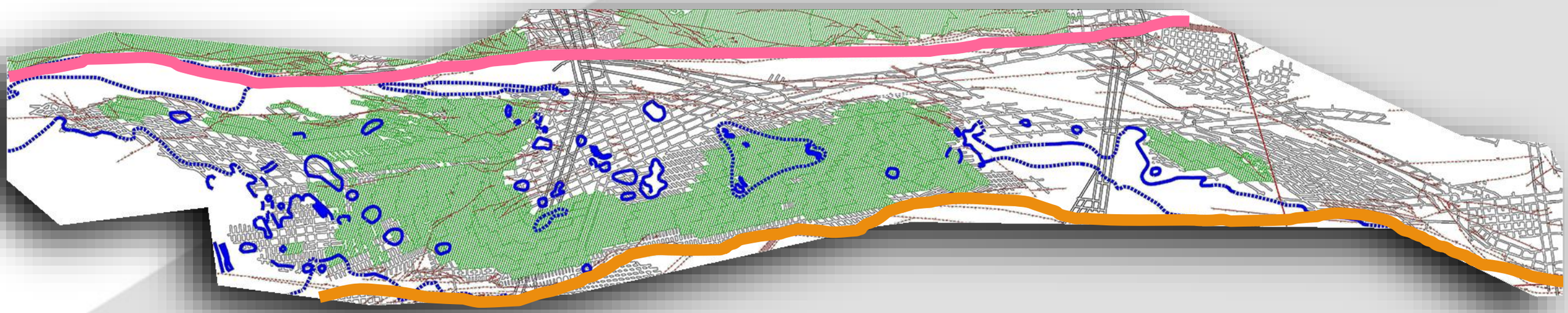
W latach 1994 i 2001 prowadzone były badania sejsmiczne przez SEGI-PBG w Warszawie oraz Geofizykę Toruń i zagospodarowania tej części złoża pochodzą z 1976r



Bezpośrednie sąsiedztwo utworów trzeciorzędowych

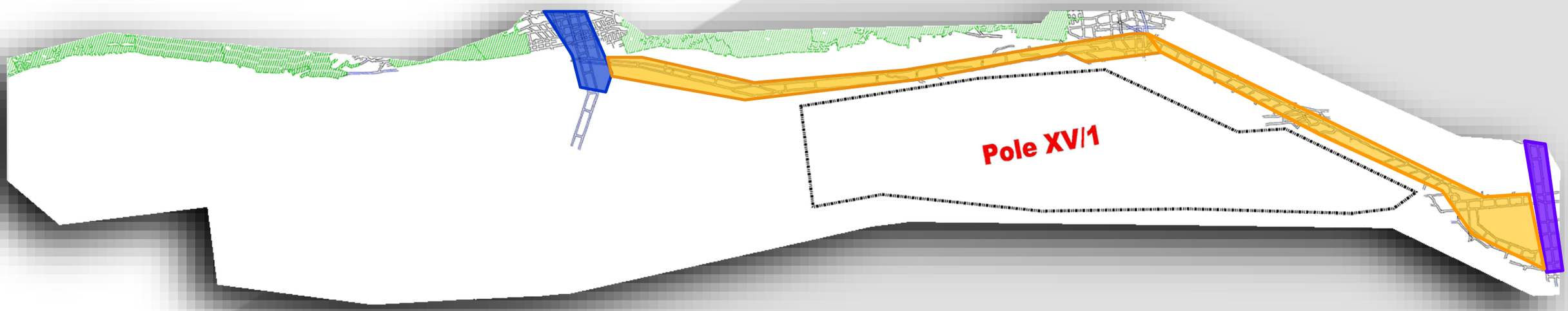
- Strefa Uskoku Głównego — h_{max} = 75m
- Strefa Uskoku Środkowego — h_{max} = 200m





Przejście Strefy Uskoku Głównego Lubina

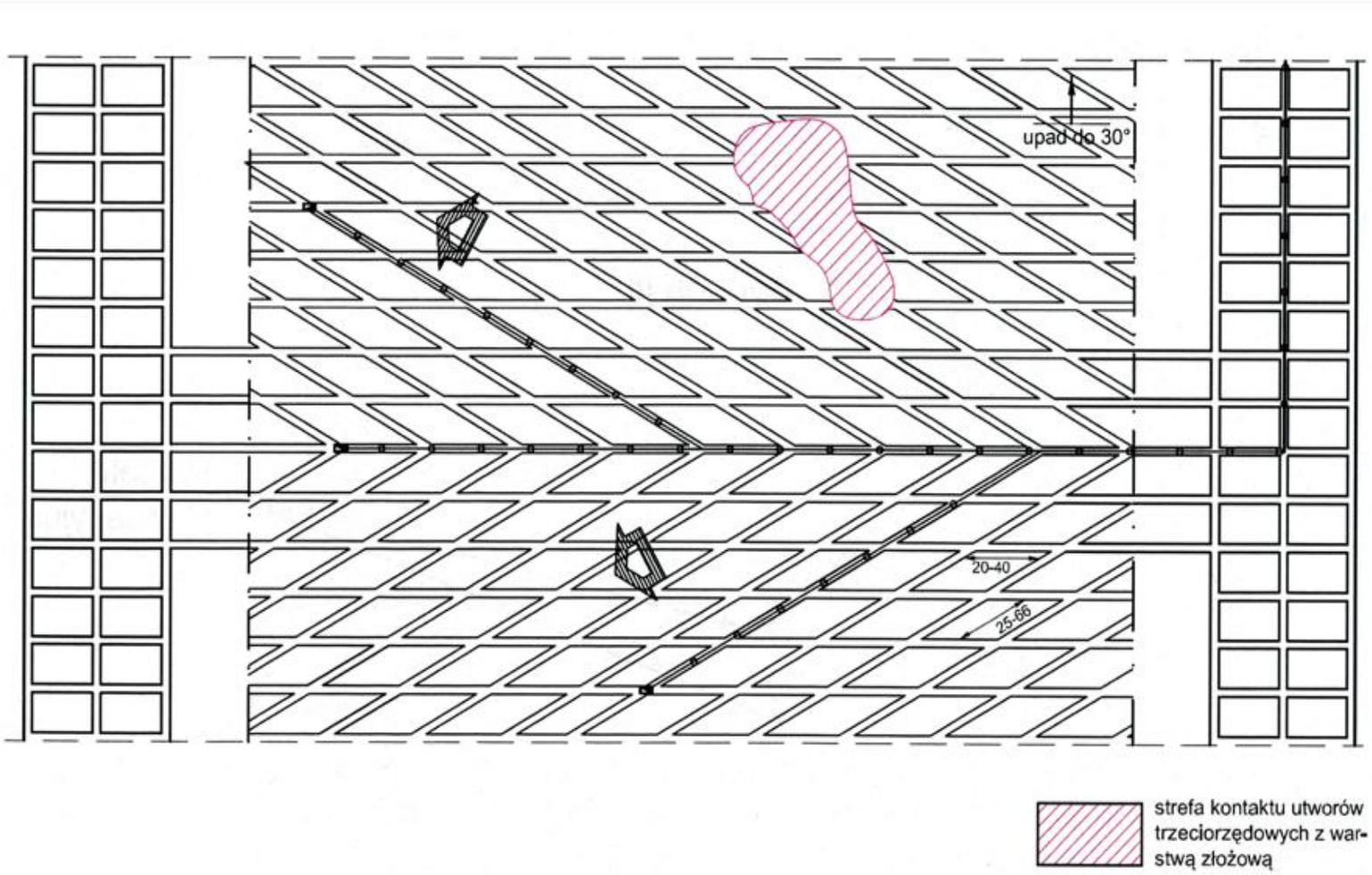
- **Pochylnie AS-33/34/35**
- **Pochylnie S-1/2/3**
- **Połączenia chodnikami T-310, T-311, T-321, T-322 oraz pochylniami T-10, T-11 prowadzonymi wzdłuż biegu strefy uskokokowej.**



KGHM

Nowy system J-UGS

- ✓ogra
- ✓słab
- ✓zmi



Rys. 5. Schemat eksploatacji systemem komorowo-filarowym z ugięciem stropu w warunkach słabych stropów i zredukowanej miąższości skał dolomityczno – anhydrytowych (J-UGS), wariant II – dla złoża o nachyleniu do 30°.

UD MIEDZI
A.

6.

Eksploatacja w sąsiedztwie utworów trzeciorzędowych

1995: - Rozpoczęcie robót rozcinkowych

- Pierwszy kontakt z utworami trzeciorzędowymi





KGHM

Eksploatacja w sąsiedztwie utworów trzeciorzędowych

2006

ZASADY POSTĘPOWANIA W PRZYPADKU KONTAKTU Z UTWORAMI TRZECIORZĘDOWYMI

Spodziewane zaburzenia geologiczne.

Zaburzenia geologiczne w południowo-zachodniej partii złoża mogą objawiać się w postaci deformacji nieciągłych, jakimi są uskoki i spękania i omówionych wyżej deformacji ciągłych. Opisywany rejon obramowany jest od północy uskokiem "Głównym Lubina", zrzucającym złoże w kierunku północnym o h = 55,0 m i od południowego-wschodu uskokiem "Środkowym Lubina", zrzucającym złoże w kierunku południowym o h = 56,0 m.
Oprócz tych głównych dyslokacji występują liczne, niewielkie uskoki, z których dotychczas udokumentowano uskoki o zrzutach od h = 0,6 m do h = 6,5 m.

Należy spodziewać się występowania głębokich wcięć erozyjnych wypełnionych luźnym materiałem trzeciorzędowym lub kawern krasowych w skałach stropowych zwłaszcza w pobliżu większych dyslokacji oraz związanych z systemem spękań NNW/SSE. Wiąże się to z możliwością nagłego zaniku bezpiecznej półki skał węglanowych nad stropem wykonywanych wyrobisk, zaistnienia obwału i wdarcia się zawodnionych luźnych osadów do wyrobiska.

Ponadto należy liczyć się z możliwością wystąpienia objawów gazowych, wypływów i wyrzutu gazów takich jak tlenek i dwutlenek węgla, siarkowodór.

Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i stropowych.

Z powyższych względów, proponuje się stosowanie profilaktyki, której zadaniem będzie bieżące rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i stropowych, a w szczególności miąższości sztywnej półki skalnej:

1. Wiercenie otworów badawczych.
   Otwory badawcze wykonywane będą z pozyskiwaniem rdzenia w trakcie wiercenia przez specjalistyczną firmę wiertniczą z wnęk wiertniczych zlokalizowanych po obu stronach wiązki wyrobisk. Zadaniem tych otworów będzie rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i geologiczno-górniczych na kierunku prowadzonych wyrobisk górniczych – w szczególności zawodnienia skał stopowych, stateczności stropu oraz występowania utworów trzeciorzędowych. W układzie pięciu i czterech wyrobisk
   w wiązce, dwa otwory wiercone będą z wnęk wykonanych z wyrobisk konturujących daną wiązkę, a w przypadku wiązki składającej się z trzech i dwóch wyrobisk w wiązce należy wiercić jeden otwór po stronie spodziewanego zagrożenia. Niemniej główny ciężar rozpoznania warunków na kierunku drążenia wiązki wyrobisk ponosić będą otwory wyprzedzające-przedwierty wiercone z przodka każdego wykonywanego wyrobiska, o których mowa w punkcie 2. W przypadkach koniecznych możliwy jest również inny schemat usytuowania planowanych otworów badawczych dostosowany do aktualnych potrzeb w zakresie rozpoznania. Przewidywana długość otworów wynosić będzie od 100 mb do 300 mb, w zależności od napotkanych warunków wiercenia,
   a także potrzeb w zakresie rozpoznania. Kąty pionowe otworów zależne będą od zachylenia złoża, występowania przed przodkami wyrobisk spodziewanych dyslokacji tektonicznych i ustawiane tak, aby zbadać warunki hydrogeologiczne i geologiczno-górnicze nad stropem wyrobisk do wysokości co najmniej 20 m. Parametry otworu ustalane będą w projekcie technicznym sporządzonym przez służbę hydrogeologiczną, geologiczną lub inną służbę kopalni zainteresowaną wierceniem otworu i zatwierdzane każdorazowo przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego. Linia łącząca dna otworów badawczych zlokalizowanych po obu stronach wiązki wyrobisk powinna wyprzedzać przodek wyrobiska wyprzedzającego o co najmniej 10 m.

2. Wiercenie otworów wyprzedzających-przedwiertów.
   Otwory te wiercone będą bezrdzeniowo z przodków wyrobisk przez oddział górniczy drążący wyrobiska, w sposób następujący:
   Otwór w lewym górnym narożu przodka pod kątem +30°, odchylony w lewo od kierunku drążenia o kąt 10°. Długość otworu 15 m.
   Otwór w prawym górnym narożu przodka pod kątem +30°, odchylony w prawo od kierunku drążenia o kąt 10°. Długość otworu 15 m.
   Otwór w osi wyrobiska jak najbliżej przodka pod kątem +90° i długości 10 m.
   Seria ww. otworów wiercona będzie z częstotliwością, co 10 m postępu wyrobiska.

…wystąpienia w trakcie wiercenia otworów wyprzedzających-przedwiertów
…cenia utworów trzeciorzędowych dalsze rozpoznanie prowadzone będzie
…wymi i wykonywanymi przez firmę specjalistyczną wiertniczą.
…robiska wyprzedzającego
…ne wyrobisko z wiązki powinno wyprzedzać pozostałe na odległość co

…ne.
… pomiarów parametrów wentylacyjnych realizowanych przez służbę
…je się zgodnie z Zarządzeniem Wewnętrznym Nr 52/20/02 Kierownika Ruchu
…O/ZG "Lubin" z dnia 11.12.2002 r.
…ejonie spodziewanych kontaktów z utworami trzeciorzędowymi pomiary
…y prowadzić zgodnie z zasadami określonymi Zarządzeniem Wewnętrznym nr
…„Lubin" z dnia 30.01.2006 r.

…zania stropu wyrobisk przy przechodzeniu pod strefą utworów

…ezpieczania stropu wyrobisk przy przechodzeniu pod strefą utworów

…eniu w trakcie drążenia wyrobisk półki pomiędzy utworami trzeciorzędowymi a
…rubości większej od 10 m, strop wyrobisk zabezpieczany będzie zgodnie z

… grubości od 10 metrów do 8 metrów podstawową obudową będą kotwy
…ne długości 1,8 m w siatce 1,0 x 1,0 m oraz dodatkowo stosowana będzie
… stropnicowo-stojakowa w rozstawie co 1,5 m., wykonana według ustaleń
…ót górniczych.
… 8 do 6 metrów obudowę podstawową stanowić będą kotwy wklejane lub
… 1,8 m w siatce 1,0 x 1,0 m oraz dodatkowo stosowana będzie obudowa
…wo-stojakowa wykonana w rozstawie co 1,0 m.,
…taleń kierownika działu robót górniczych.

…ia po zaistnienia wypływu luźnych osadów (utworów trzeciorzędowych)

…yrobiska z ruchu – wygrodzenie.
… wystąpienia rozległej strefy kontaktu z utworami trzeciorzędowymi, ze
…nomicznych wyrobisko należy w sposób trwały wygrodzić i wyłączyć
…odzenie wykonać należy poprzez zabudowę szczelnej tamy wentylacyjnej.
…yrobiska celem kontynuacji drążenia.
… ciągłości stropu i przedostaniu się luźnych osadów do wyrobiska
…ać wszelkie prace do zatrzymania samoczynnego wypływu.
…nością po ustabilizowaniu się luźnych utworów trzeciorzędowych
…nie otworów badawczych, celem określenia wielkości i zasięgu „okna", którym
…rzędowe wpłynęły do wyrobiska.
…kolejności należy wykonać próbę chłonności z wykorzystaniem odwierconych
…orów badawczych.
…ndywidualnie dla każdego przypadku wykonana zostanie technologia
…yrobiska celem kontynuacji jego dalszego drążenia.

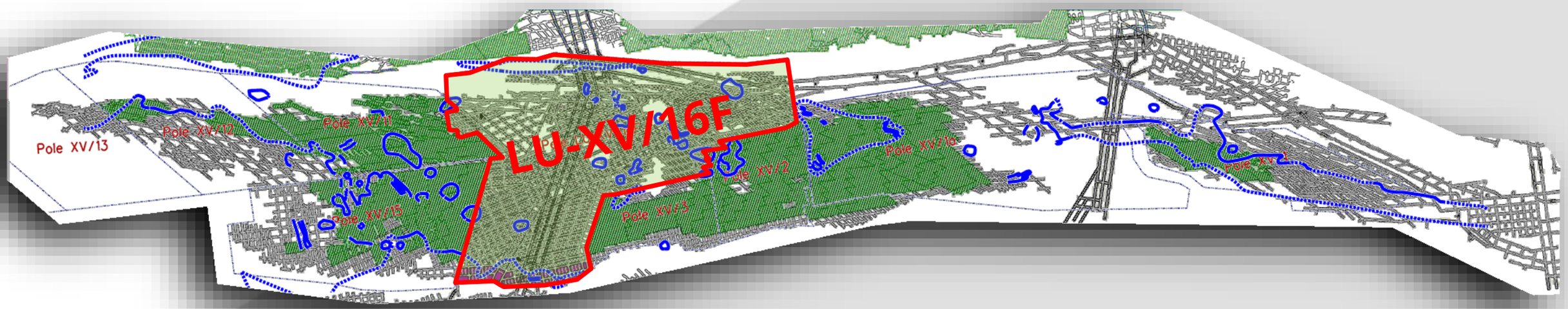
ZATWIERDZAM



KGHM

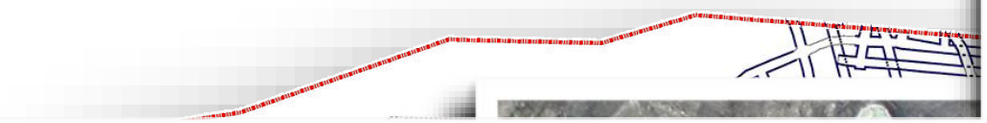
Eksploatacja w sąsiedztwie utworów trzeciorzędowych

2017



KGHM

Pole LU-XV/16 F



Lubin, dnia 25.04.2019r.

PROTOKÓŁ NR 3/L/19

z posiedzenia Zespołu ds. Zagrożenia Wodnego oraz Zespołu O/ZG „Lubin" do rozpoznawania oraz zwalczania zagrożenia tąpaniami i zawałami

w dniu 25.04.2019r.

Obecni na posiedzeniu wg załączonej listy.

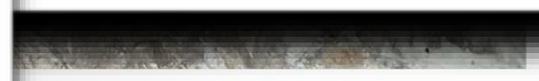
Porządek posiedzenia:

1. Informacja na temat uwolnienia residuum krasowego po przerwaniu warstw stropowych w polu Lu-XV/16F.
2. Zakończenie prac związanych z „Technologią przywrócenia funkcjonalności niedrożnego wyrobiska Z-603 i Z-604 od przecinki P-13 do P-7".
3. Ustalenie „Zasad prowadzenia robót likwidacyjnych w polu LU-XV/16F, w pobliżu fragmentów o mocno zredukowanej miąższości stropowej półki węglanowej".
4. Dodatkowe badania otworami wiertniczymi w obrębie stwierdzonych lejów i kominów krasowych.
5. Wolne wnioski.

3. **Ustalenie „Zasad prowadzenia robót likwidacyjnych w polu LU-XV/16F, w pobliżu fragmentów o mocno zredukowanej miąższości stropowej półki węglanowej".**

Po przeanalizowaniu wszystkich miejsc w których natrafiono na występowanie utworów trzeciorzędowych w polu Lu-XV/16F oraz na bazie dotychczasowych doświadczeń przy prowadzeniu robót przygotowawczych oraz likwidacyjnych , ustalono następujące „Zasady prowadzenia robót likwidacyjnych w polu LU-XV/16F, w pobliżu fragmentów o mocno zredukowanej miąższości stropowej półki węglanowej"

yrobisk wyłączonych z eksploatacji wokół rozpoznanych stref trzeciorzędowych,
zany będzie przez KRZG, po pozytywnym zaopiniowaniu przez Zespół O/ZG Lu-
zpoznawania oraz zwalczania zagrożenia tąpaniami i zawałami.
adku braku rozpoznania wielkości półki węglanowej, przed przystąpieniem do
nia robót likwidacyjnych, w celu lepszego rozpoznania warunków geologicznych
dwiercić na każdym skrzyżowaniu I etapu rozcinki, w stropie wyrobiska otwór
y-bezrdzeniowy o długości minimum 15 m. Ewidencja wszystkich wykonywa-
orów prowadzona jest przez sztygara oddziałowego oddziału G-5.
dku natrafienia na utwory trzeciorzędowe, sztygara oddziałowy oddziału G-5 zo-
y jest do poinformowania o tym fakcie dział geologiczny. Dalszy sposób prowa-
bót górniczych będzie możliwy po pozytywnym zaopiniowaniu przez Zespół
bin do rozpoznawania oraz zwalczania zagrożenia tąpaniami i zawałami.
dku wystąpienia półki węglanowej o miąższości powyżej 10 m możliwe jest pro-
robót likwidacyjnych zgodnie z projektem technicznym eksploatacji.



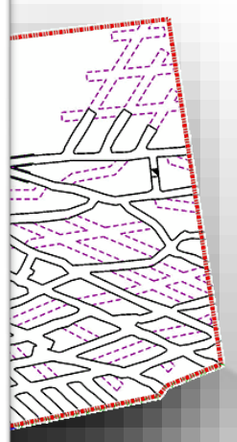
[illegible]

[illegible] warunków
cznych

KGHM

Pole LU-XV/16 F



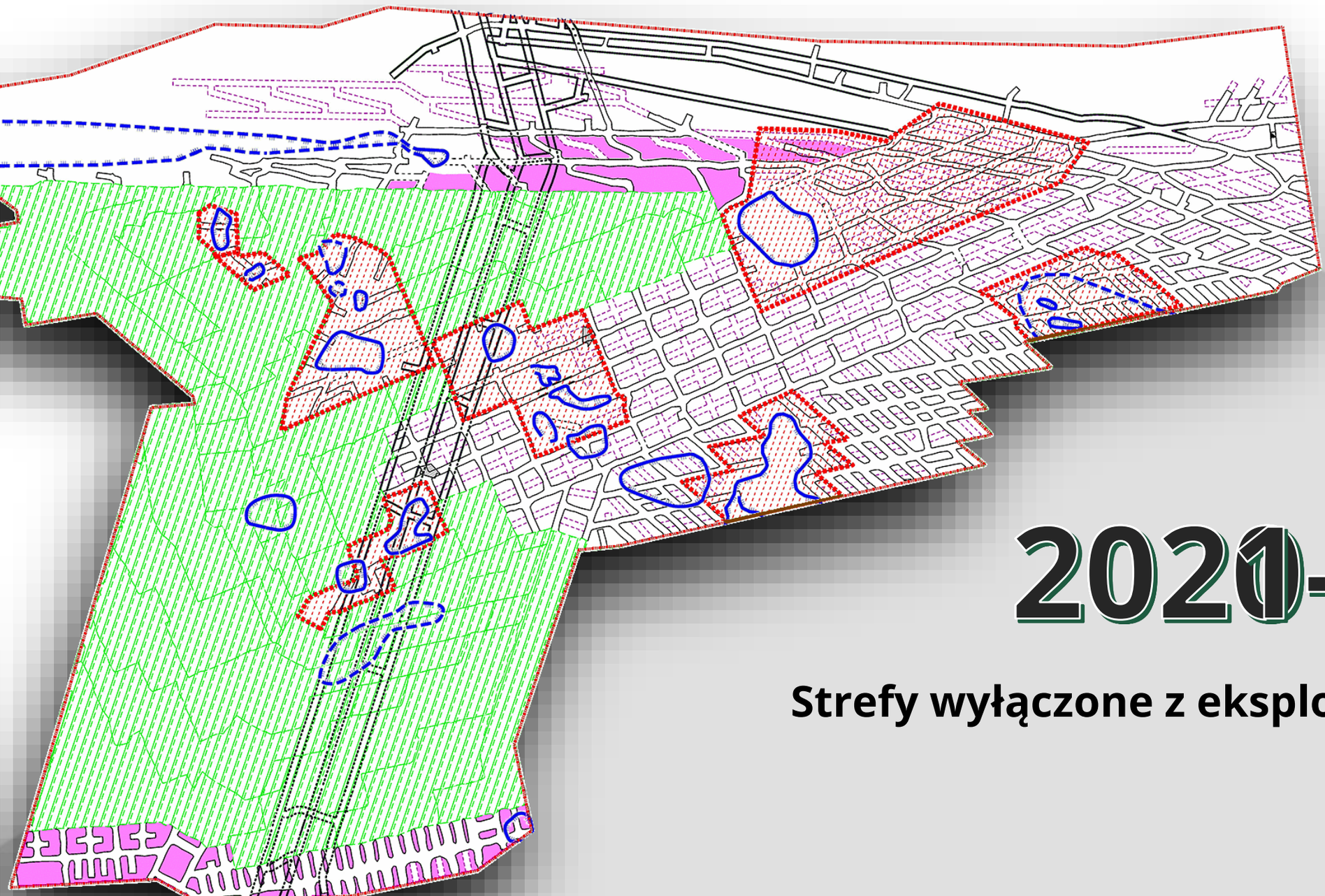


19-09

- Przed przystąpieniem do robót likwidacyjnych bezpośrednio wykonywać endoskopowe badania stropu skrzyżowań przyległych do likwidowanych parcel na długości minimum 5m
- Strop skrzyżowań przyległych do likwidowanych bezpośrednio z eksploatacji parcel wzmocnić obudową dodatkową według ustaleń KDG

KGHM

Pole LU-XV/16 F

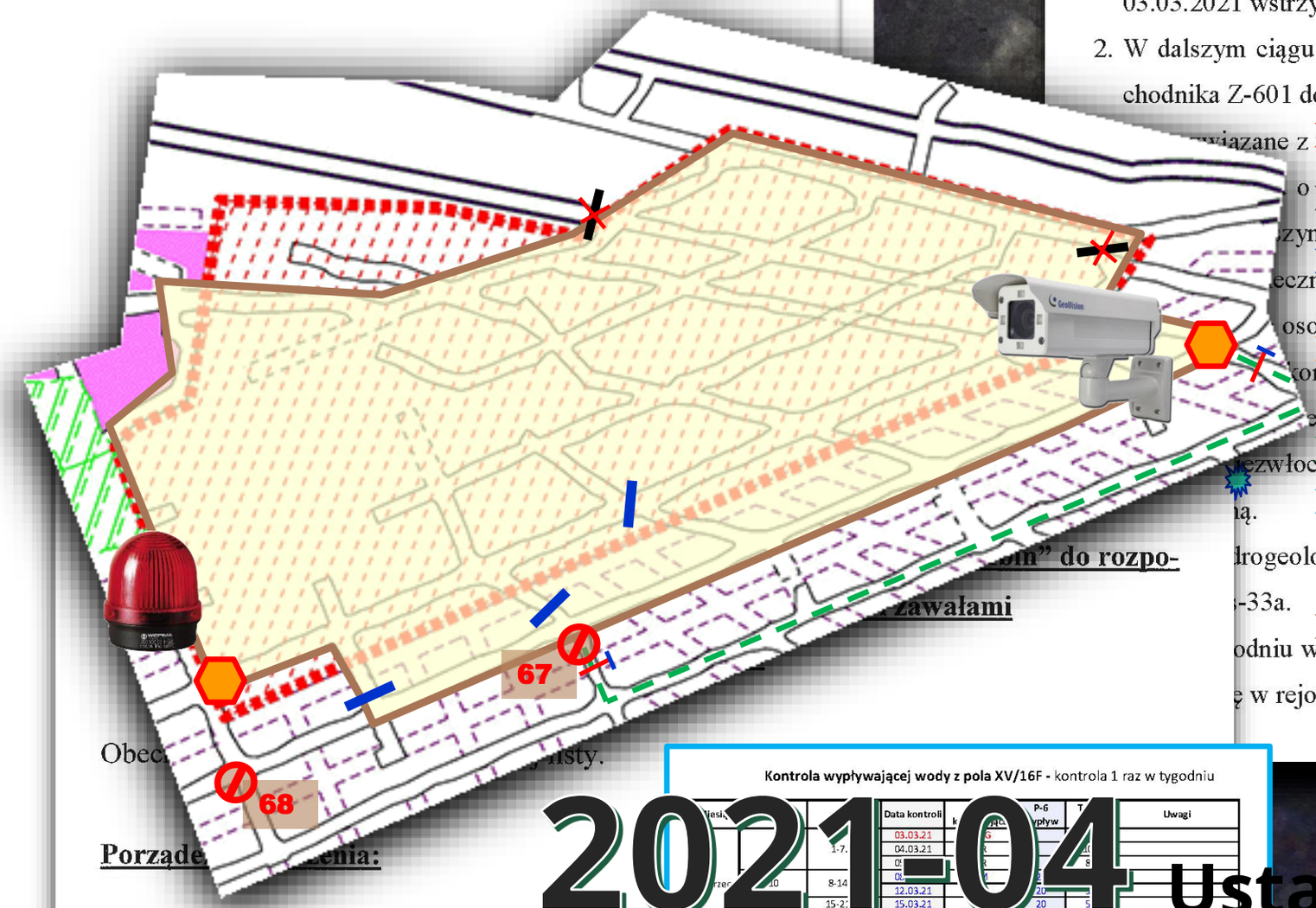


2021-02

Strefy wyłączone z eksploatacji

KGHM

Pole LU-XV/16 F



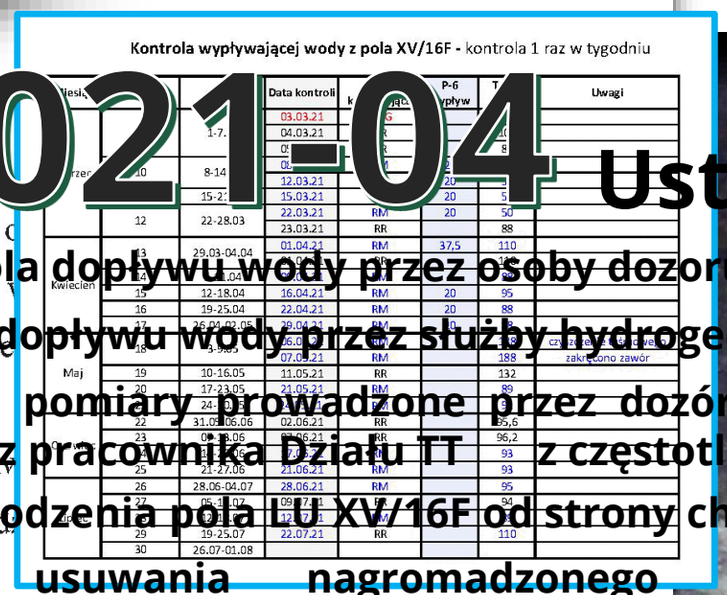
2021-03

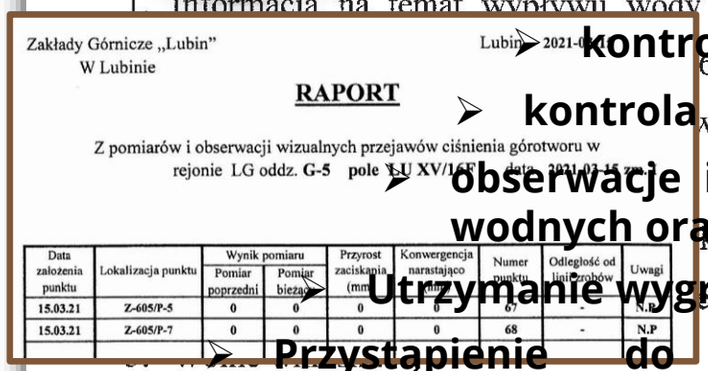
Kontakt z utworami trzeciorzędowymi

Podjęte działania:

- wstrzymano eksploatację w polu LU-XV/16F
- wygrodzono pole LU-XV/16F oraz chodnik T-313
- zabezpieczono przecinkę P-6 przed dalszym przemieszczaniem residuum krasowego
- zabudowano system wczesnego ostrzegania (czujnik przemieszczenia + kamera)
- wyznaczono droga ewakuacyjna
- pomiary i obserwacje wypływów wody dokonywane przez dozór oddziału G-5 oraz służby hydrogeologiczne
- obserwacje i pomiary dokonywane przez wyższy dozór górniczy, nadsztygara ds. zagrożenia wodnego oraz pracownika Działu Tąpań z częstotliwością raz na tydzień.

2021-04




Zakłady Górnicze „Lubin"
W Lubinie

RAPORT

Z pomiarów i obserwacji wizualnych przejawów ciśnienia górotworu w rejonie LG oddz. G-5 pole LU XV/16F

2021-03

Ustalenia KRZG:

- kontrola dopływu wody przez osoby dozoru oddziału G-5 z częstotliwością raz na dobę
- kontrola dopływu wody przez służby hydrogeologiczne z częstotliwością raz w tygodniu
- obserwacje i pomiary prowadzone przez dozór wyższy górniczy, nadsztygara ds. zagrożeń wodnych oraz pracownika Działu TT z częstotliwością raz w miesiącu.
- Utrzymanie wygrodzenia pola LU XV/16F od strony chodnika T-313
- Przystąpienie do usuwania nagromadzonego materiału skalnego w bezpośrednim sąsiedztwie punktu wysypowego przenośnika taśmowego T-313

KGHM

Pole LU-XV/16 F

Lubin, 18.05.2021r.

Protokół nr LG / 158 / 2021
z posiedzenia Zespołu O/ZG Lubin
do rozpoznawania oraz zwalczania zagrożenia tąpaniami i zawałami
przy udziale członków Zespołu ds. zagrożenia wodnego
z 18 maja 2021 roku

W posiedzeniu brali udział:

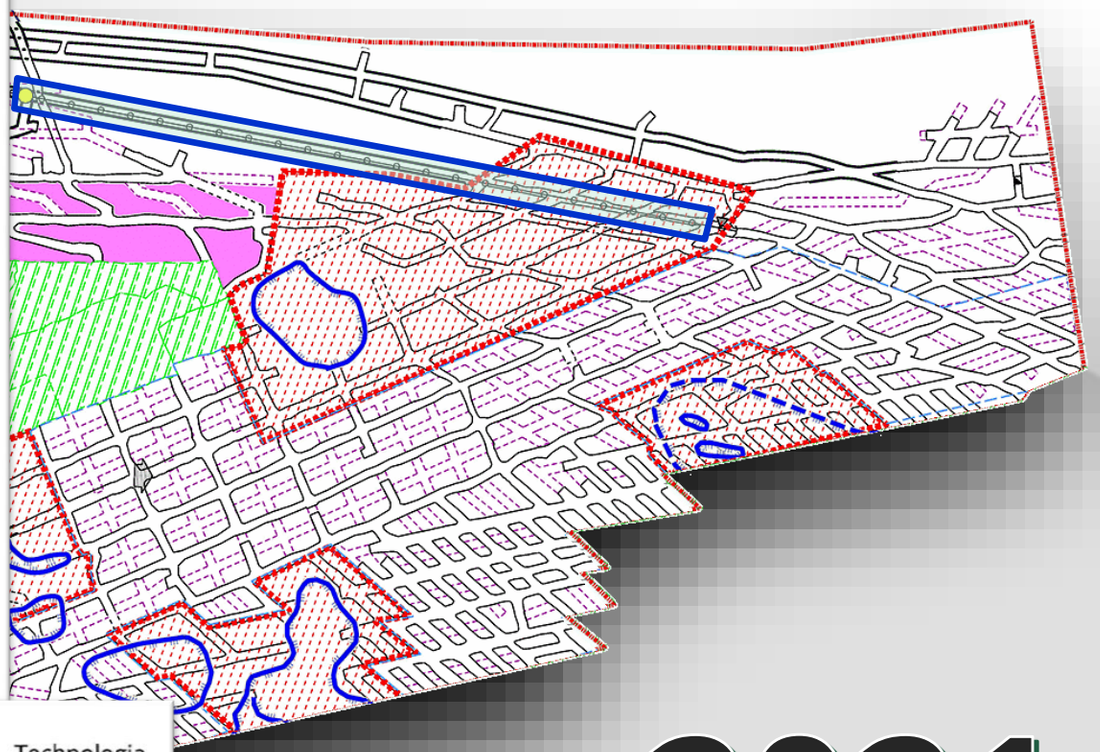
Mirosław Wyrwa	*- dyrektor ds. technicznych*	*- przewodniczący*
Piotr Wachowiak	*- główny inżynier górniczy*	*- wiceprzewodniczący*
Robert Michułka	*- główny inż. ds. tąpań*	*- sekretarz*
Krzysztof Zawadzki	*- kierownik działu górniczego rejonu LG*	*- członek*
Michał Krotofil	*- główny inżynier geolog górniczy*	*- członek*
Jerzy Grzesiński	*- główny inżynier technologii górniczej*	*- członek*
Wojciech Baran	*- kierownik działu ds. techniki strzałowej*	*- członek*
Grzegorz Patykowski	*- główny inżynier mierniczy górniczy*	*- członek*
Jarosław Kuźniar	*- główny inżynier górniczy*	*- członek*
Radosław Miller	*- nadsztygar ds. zagrożeń wodnych*	*- członek*

dotyczy: ***pola LU-XV/16F oddz. G-5***

Zabezpieczenie przecinki P-6 oraz skutki wypływu usunięto zgodnie z „Technologią usunięcia skutków wypływu i zabezpieczenia przecinki P-ka 6 w polu XV/16F przed dalszym przemieszczaniem residuum krasowego" z dnia 12.3.2021r. Aktualna analiza geologiczno-górnicza oraz stanu zagrożenia wodnego i zawałami, przedstawiona została na posiedzeniu połączonych Zespołów do rozpoznawania oraz zwalczania zagrożenia tąpaniami i zawałami oraz zagrożenia wodnego (protokół 3/L/21 z dnia 9.03.2021r).

Ze względu na przemieszczenie residuum krasowego w rejonie przecinki P-6 oraz z uwagi na występowanie w omawianym polu zidentyfikowanych i zlokalizowanych rejonów o bliskim kontakcie z utworami trzeciorzędowymi, połączone Zespoły rekomendują wstrzymanie eksploatacji w polu LU-XV/16F, co ma na celu ochronę dróg transportowych i wentylacyjnych w bezpośrednim sąsiedztwie omawianego pola. Ponowne uruchomienie eksploatacji może nastąpić na warunkach ustalonych przez KRZG.

Ponadto, biorąc pod uwagę skuteczne zabezpieczenie rejonu przecinki P-6 oraz wyniki prowadzonych obserwacji, wskazujące na ustabilizowaną sytuację geologiczno-górniczą w polu LU-XV/16F, połączone Zespoły stoją na stanowisku, iż możliwe jest wykonywanie prac związanych z demontażem przenośnika taśmowego w pochylni T-313 oraz infrastruktury z nim związanej. Sposób, zakres oraz częstotliwość kontroli stanu pochylni T-313 określi kierownik działu górniczego GG-1.



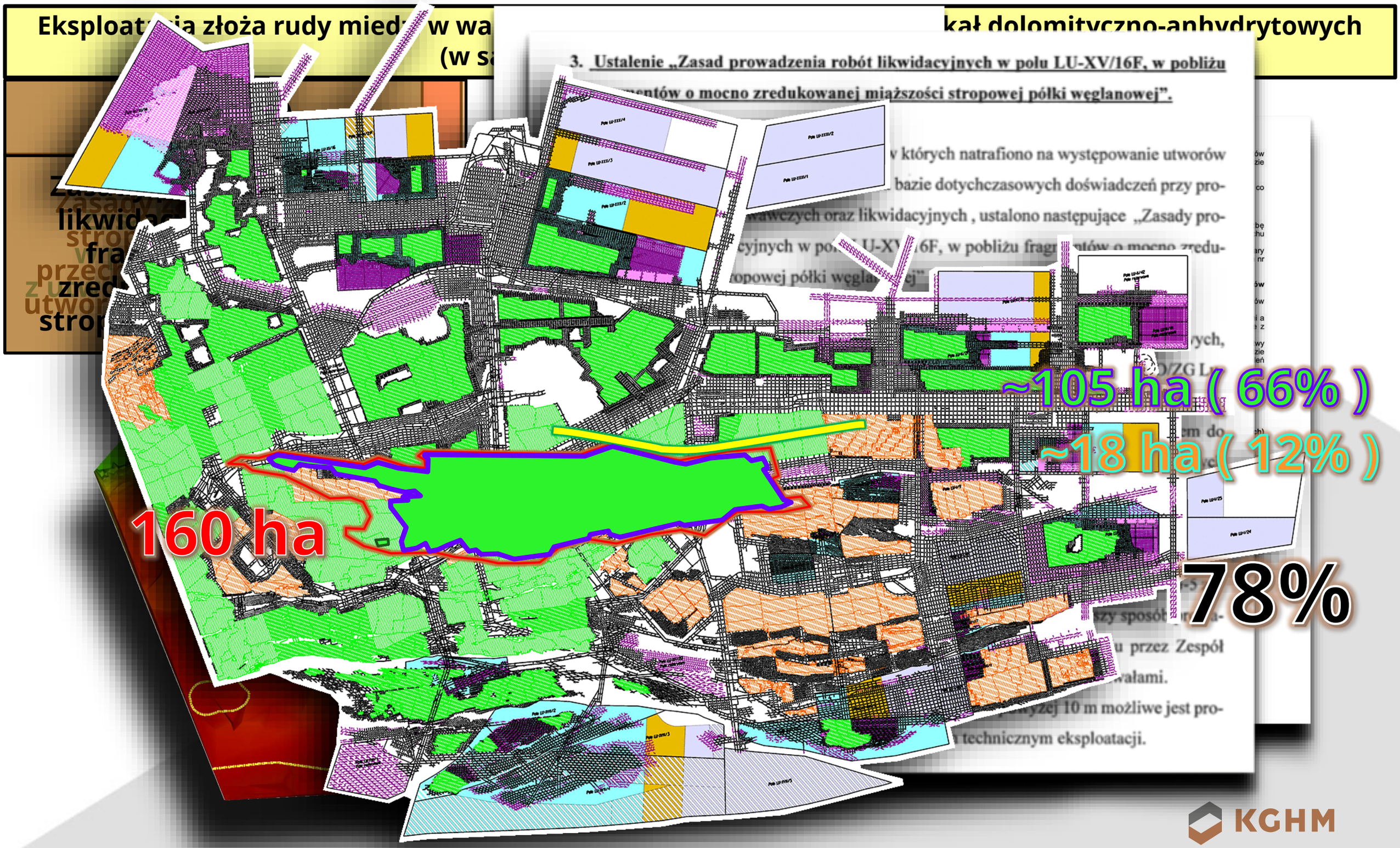
2021-05

Strefy wyłączone z eksploatacji

Czasowe wstrzymanie ekploatacji

KGHM

Podsumowanie



KGHM

Dziękuję

POLSKA GRUPA GÓRNICZA

PREZENTACJA AUTORSTWA

Piotrowski Krzysztof

Przedstawia:
Piotrowski Krzysztof: Nadsztygar Elektryczny ds. Maszyn i Urządzeń Dołowych Polska Grupa Górnicza S.A. Oddział KWK Ruda Ruch Bielszowice

System wizualizacji i kontroli dla automatyzacji odstawy urobku w KWK Ruda Ruch Bielszowice.

Visualization and control system for the automation of the haulage of the output in KWK Ruda Ruch Bielszowice.

KWK Ruda jako jedna z kopalni należących do Polskiej Grupy Górniczej składająca się z trzech ruchów (Ruch Bielszowice, Ruch Halemba, Ruch Pokój). Ruch Bielszowice zajmuje obszar ok 34 km kwadratowych na których prowadzona jest eksploatacja na obszarze ok 22 km kwadratowych. W zakresie prowadzonych robót eksploatacyjnych i stosowanej odstawie urobku zastosowana automatyzacja urządzeń pozwala na poprawę bezpieczeństwa, kontroli i monitoringu oraz efektywności pracy. Dodatkowe możliwości poprawiają szybszą diagnozę i usuwanie awarii.

Przenośniki taśmowe zyskują coraz większe znaczenie w dziedzinie transportu materiałów sypkich. Poszerza się ich zakres zastosowań, często wypierają inne środki transportu, a tam gdzie już są stosowane trwale ugruntowały swoją pozycję.

Proces ten związany jest z wieloma zaletami tych urządzeń, z których najważniejsze to: ciągły system odstawy, łatwość automatyzacji, możliwość pokonywania dużych odległości i nachyleń, osiąganie znacznych wydajności, wysoka niezawodność, bezpieczeństwo pracy oraz łatwy załadunek i rozładunek. Najbardziej rozwinięty transport taśmowy występuje w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego oraz podziemnych węgla kamiennego i rud miedzi. Przenośniki taśmowe tworzą tam bardzo rozbudowane systemy liczące dziesiątki kilometrów długości.

Przenośniki taśmowe odstawy urobku znajdujące się w zakresie eksploatacji złów w KWK Ruda Ruch Bielszowice są monitorowane i nadzorowane na dwóch poziomach odstaw głównych. Aktualnie rozpowszechnioną i w dalszym ciągu rozszerzaną automatyzacją w zakresie sieci przenośników taśmowych oraz zgrzebłowych jest poziom 840m, na którym zastosowano system sterowania i sygnalizacji oraz wizualizacji firmy ATUT.

POLSKA GRUPA GÓRNICZA

Podstawowe cechy systemu.

Wykorzystywany system sterowania możemy podzielić na dwie części, powierzchniową oraz dołową (mogącą pracować w podziemiach kopalni jak również na jej powierzchni).
Część dołowa jako urządzenia w obudowie iskrobezpiecznej to systemy sterowania i nadzoru nad urządzeniami służącymi do transportu urobku, systemu kamer, transmisji danych oraz komunikacji głośnomówiącej. W skład takiego systemu można zaliczyć: sterowniki PLC, urządzeń wejścia, wyjścia, koncentratorów, punktów dostępowych, przepływomierzy, kamer, urządzeń głośnomówiących, blokad zewnętrznych, pulpitów sterujących oraz czujników.
Część powierzchniowa to w głównej mierze system wizualizacji i nadzoru. System ten składa się z serwera oraz infrastruktury sieciowej, galwanicznie odseparowanej od stref zagrożenia.

POLSKA GRUPA GÓRNICZA

System sterowania i wizualizacji.

System sterowania, automatyki i bezpieczeństwa ATUT pozwala nadzorować pracę przenośników taśmowych oraz zgrzebłowych zabudowanych na powierzchni oraz w podziemiach kopalni. System składa się ze sterownika CUKS-MPS*, urządzeń głośnomówiących CUKS-* oraz urządzeń peryferyjnych. Urządzenia głośnomówiące CUKS-* nadają sygnał rozruchowy przenośnika, komunikaty o stanie przenośnika oraz zapewniają załodze swobodną komunikację między urządzeniami oraz z dyspozytorem. System wyposażono w dwie linie blokad, programową oraz sprzętową. Programowa linia blokad monitorowana jest przez algorytm zapisany w PLC, sprzętowa linia realizowana jest przez fizyczne styki zabudowane w urządzeniach. Dodatkowo sprzętowa linia blokad zakończona jest terminatorem, generującym określoną dyrektywą SIL częstotliwość. Każde z urządzeń głośnomówiących CUKS-* posiada dwa wyjścia oraz pięć wejść, z czego trzy wejścia dodatkowo zabezpieczono sprzętową linią blokad. W systemie można zastosować również zewnętrzne wyłączniki awaryjne WZA, co ułatwia zabezpieczenie przejść przez przenośniki lub ich zwrotnie.

POLSKA GRUPA GÓRNICZA

System łączności i bezpieczeństwa.

System łączności i bezpieczeństwa SSG przeznaczony jest do prowadzenia łączności głośnomówiącej, sygnalizacji rozruchu i kontroli stanu pracy maszyn. Wyposażony został w wymagane prawem obwody bezpieczeństwa dla zintegrowanego systemu sterowania kompleksu wydobywczego w górnictwie w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego.

Funkcję systemu zapewniają między innymi:

• Łączność głośnomówiąca wzdłuż przenośników, o następujących funkcjach dodatkowych;

• Wyłączenie awaryjne (stop bezpieczeństwa) maszyn i urządzeń zintegrowanego systemu wydobywczego z identyfikacją miejsca inicjacji zatrzymania. Emisja sygnału ostrzegawczego przed uruchomieniem maszyny następuje z dowolnego urządzenia głośnomówiącego. W przypadku braku emisji sygnału ostrzegawczego (stan awaryjny) z dowolnego urządzenia głośnomówiącego, rozruch maszyny zostaje wstrzymany do czasu usunięcia awarii. Ponowne uruchomienie maszyny jest możliwe po potwierdzeniu przez operatora usunięcia awarii.

• Zdalny pomiar natężenia emitowanego sygnału w każdym głośniku, umożliwiający ocenę sprawności poszczególnych przetworników akustycznych;

• Emitowane sygnały ostrzegawcze przed uruchomieniem maszyn kompleksu wydobywczego są indywidualne dla danej maszyny. Umożliwia to jednoznaczną identyfikację aktualne uruchamianego urządzenia (maszyny) wchodzącego w skład kompleksu wydobywczego.
• Możliwość podłączenia i monitorowania pracy dodatkowych czujników zainstalowanych w urządzeniach np.: czujników temperatury, ciśnienia, obecności wody, hamulców itp. (możliwość podpięcia ww. czujników do systemu zapewniającego certyfikowany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa);
• Wizualizację pracy aparatury zasilającej i maszyn kompleksu wydobywczego oraz urządzeń peryferyjnych systemu;
• Transmisję danych na powierzchnię z możliwością ciągłego monitorowania pracy całego systemu w czasie rzeczywistym, diagnostyki stanu kabli i urządzeń, zdalnego przeprogramowywania oraz archiwizacji danych;
• Współpracę z dyspozytorskim systemami rozgłaszania np. STAR, AUD, SAT, KORAL (i inne) z możliwością wywołania w trybie normalnym i alarmowym dyspozytora z każdego urządzenia głośnomówiącego oraz rozgłaszanie komunikatów od dyspozytora.

Ponadto system SSG posiada optyczną i akustyczną (werbalną) identyfikację miejsca zadziałania blokady, czujnika lub wystąpienia zaprogramowanego zdarzenia. Diagnostyka stanów awaryjnych urządzeń oraz sieci kablowej możliwa jest z jednego miejsca.
Sterowanie lokalnymi podsystemami np. sterowanie przenośnikami zgrzebłowymi, kruszarkami oraz urządzeniami pomocniczymi (regulacja i kontrola parametrów układów chłodzenia silników, pomiar ciśnienia w układach hydraulicznych obudów zmechanizowanych, itp.).

Urządzenia systemu SSG, wpięte do magistrali (węzły sieci), mają możliwość pomiaru następujących napięć:

- napięcia zasilania;
- napięcia na zaciskach wyjściowych akumulatora;
- napięcia w obwodzie bezpieczeństwa (linii blokad) na wejściu i wyjściu urządzenia;
- poziomu sygnału z mikrofonu;
- poziomu sygnału w linii audio;
- pomiar prądu przepływającego przez przetworniki akustyczne (głośniki).

Odczyt ww. parametrów pracy urządzeń systemu jest możliwy w sterowniku głównym. Istnieje także możliwość wizualizacji parametrów technologicznych systemu w powierzchniowych jak i dołowych stanowiskach roboczych.

Funkcję sterownika głównego w zastosowanym systemie pełni cyfrowe urządzenie kontrolno sterujące CUKS-MPS3.(Rys.1) Urządzenie to wraz z osprzętem pomocniczym stosowane jest do sterowania przenośnikami. Sterownik posiada również dwie magistrale trasy (lewą i prawą), dzięki czemu może obsługiwać jednocześnie przenośniki PZS i PZP. Opis budowy sterownika przedstawia Tabela 1.

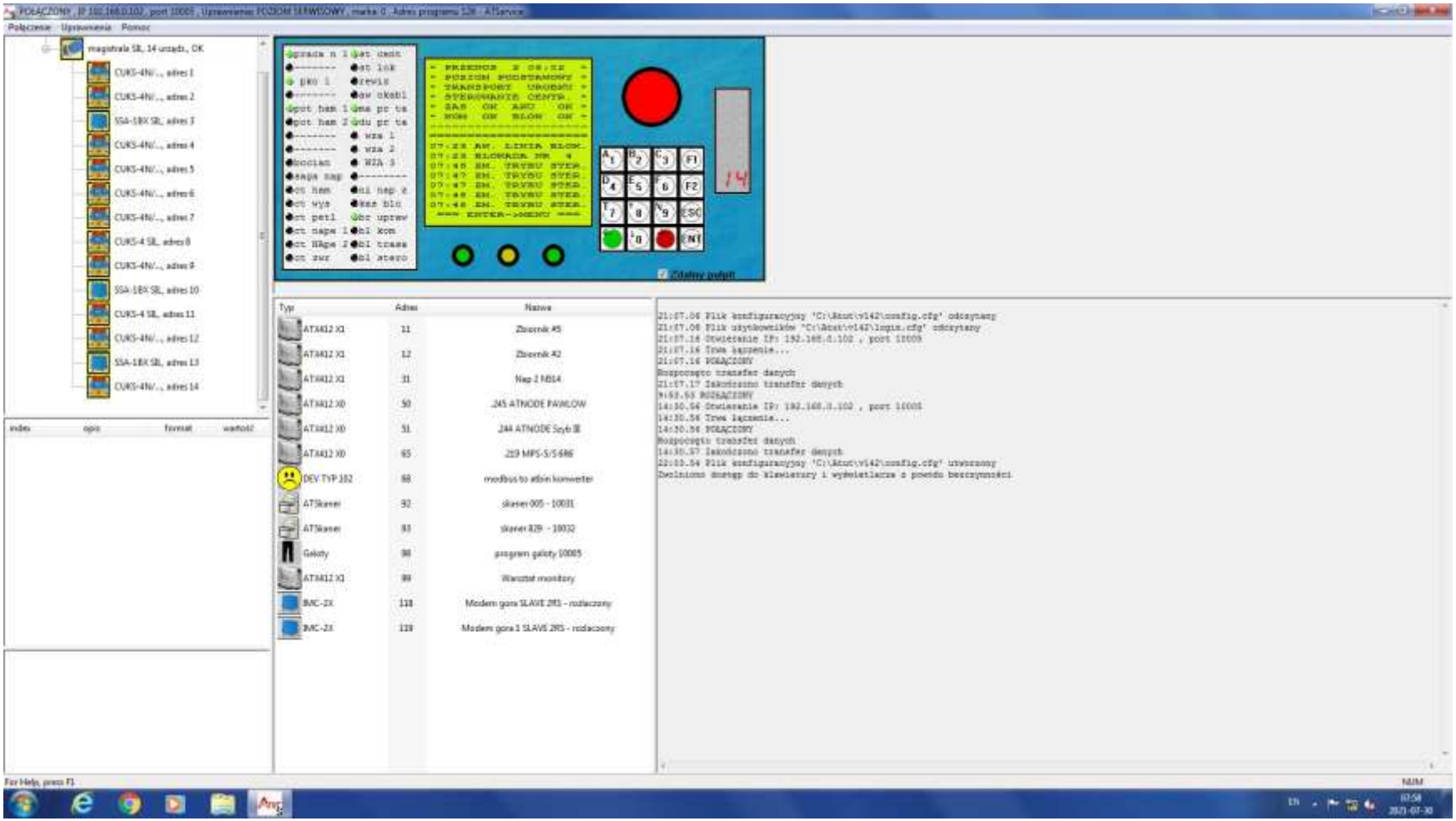


Rys.1 Sterownik główny CUKS-MPS3.
Fig. 1 CUKS-MPS3 main controller.

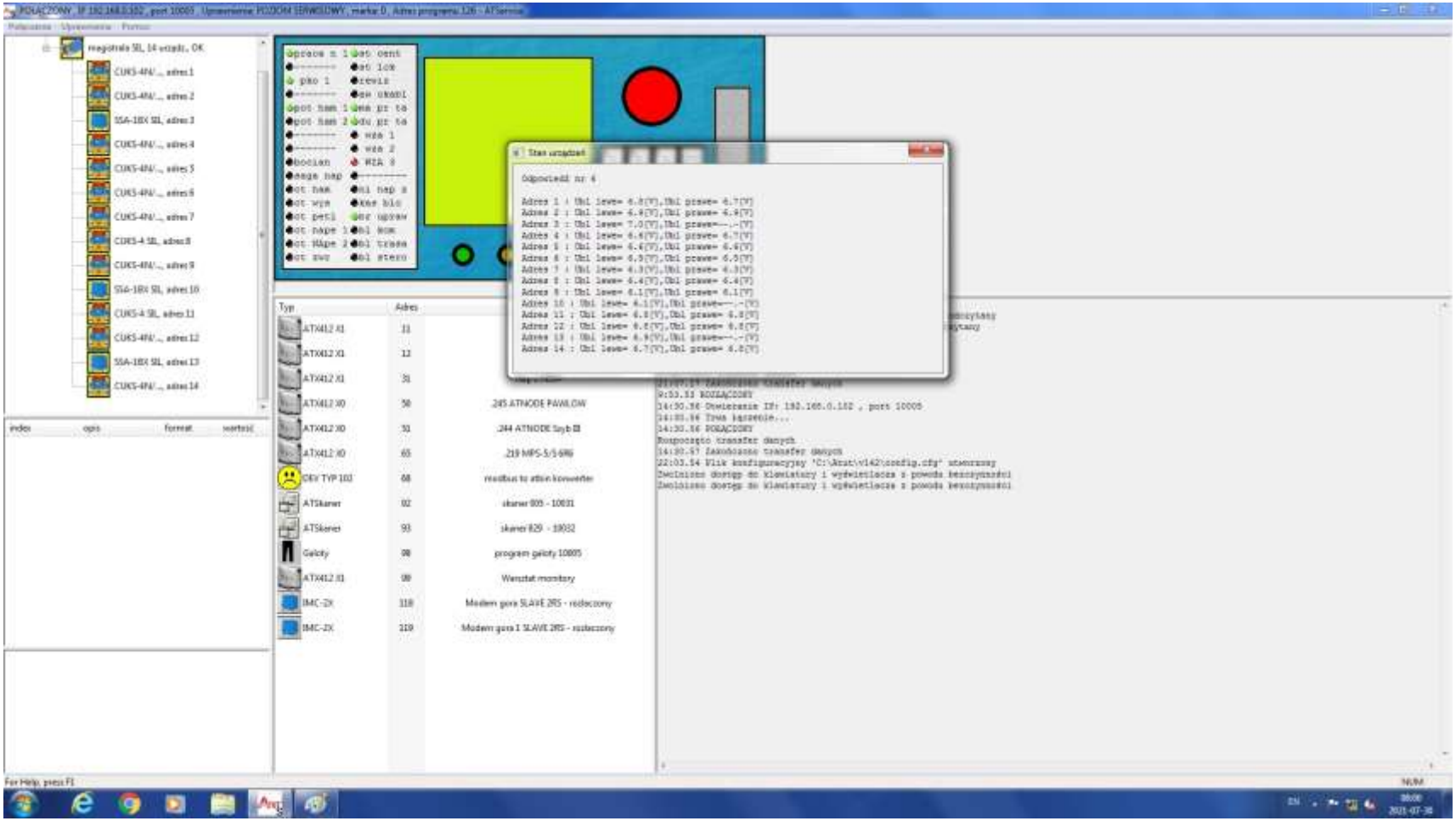
Numer	Opis
1	Tablica synoptyczna
2	Wyświetlacz LCD
3	Wyłącznik zatrzymania awaryjnego - grzybkowy
4	Diody sygnalizacyjne: zasilanie sterownika oraz zasilanie magistral transmisji danych
5	Pulpit sterowniczy. Przyciski „ZAŁĄCZ”, „WYŁĄCZ”, „KASUJ” oraz przełącznik dwupozycyjny trybu pracy.
6	Wyświetlacz segmentowy. Wyświetlanie numeru urządzenia z którego prowadzona jest rozmowa, pobijanie, numer zadziałanego wyłącznika awaryjnego oraz ilość urządzeń w systemie pracujących na danej magistrali.
7	Klawiatura 16-to przyciskowa
8	Wpust do podłączenia urządzeń na magistrali prawej.
9	Wpust do podłączenia urządzeń na magistrali lewej.
10	Opcjonalny wpust kablowy PG16 dla sterowników typu CUKS-MPS3/M oraz CUKS-MPS3/S, do podłączenia linii telefonicznej lub światłowodu.
11	Wypusty kablowe typu M25x1,5; M32x1,5 oraz dwa złącza kablowe ZAT/4 do podłączenia transmisji danych
12	Komora aparaturowa
13	Komora przyłączowa
14	Uchwyt montażowy

Tabela 1. Oznaczenie opisowe sterownika głównego CUKS-MPS3.
Table 1. Descriptive designation of the main CUKS-MPS3 controller.

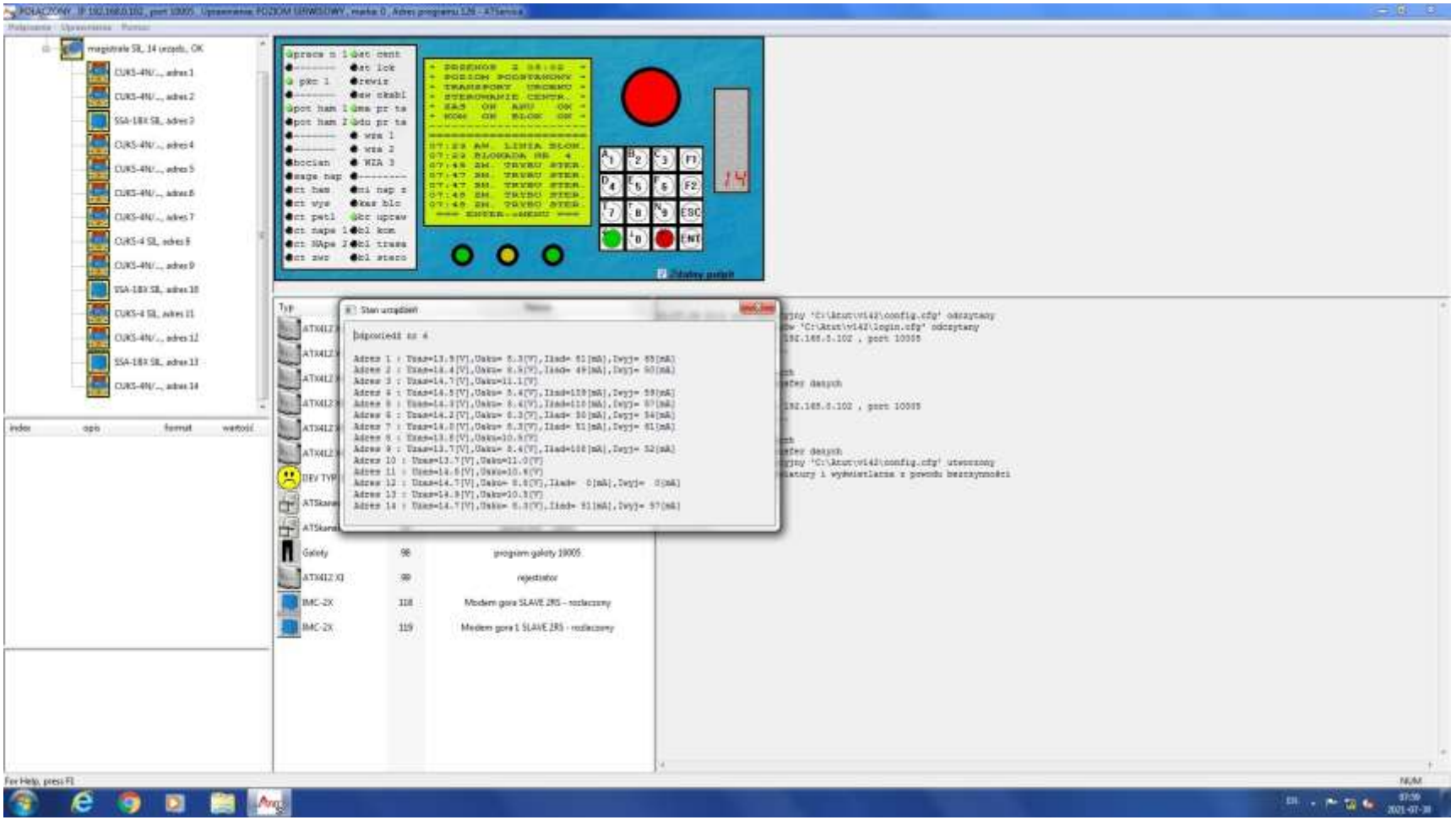
Możliwości zastosowania systemu części powierzchniowej jak i zarazem dołowej w zastosowaniu wizualizacji i możliwości nadzoru, kontroli, diagnostyki automatyki pozwala na poprawę bezpieczeństwa, monitoringu oraz efektywności pracy, nawet przy braku obecności osoby uprawnionej do określenia przyczyn w trakcie zaistnienia awarii. Trzeba zauważyć iż obsługa z utrzymania ruchu jest niejednokrotnie sama na kilka przenośników taśmowych o różnej długości. Dodatkowe możliwości podglądu i przejęcia sterowników CUKS-MPS3 poprzez wizualizację na zainstalowanej sieci kopalnianych komputerów poprawiają szybszą diagnozę i usuwanie awarii poprzez podgląd menu sterownika (Rys. 2), kontrolę napięć zasilania (Rys. 3) czy kontrolę napięć na wejściach i wyjściach danych urządzeń (Rys. 4).



Rys.2 Widok Menu sterownika CUKS-MPS3 w wizualizacji.
Fig. 2 View of the CUKS-MPS3 controller menu in visualization.



Rys.3 Widok z kontroli napięć zasilania w wizualizacji.
Fig. 3 View from the control of supply voltages in the visualization.



Rys.4 Widok z kontroli napięć na wejściach i wyjściach danych urządzeń w wizualizacji.
Fig. 4 View from voltage control on inputs and outputs of device data in the visualization.

Dziękuję za uwagę

System wizualizacji i kontroli dla automatyzacji odstawy urobku w KWK „Ruda" Ruch Bielszowice

Visualization and Control System for the Automation of the Haulage of the Output in KWK "Ruda" Ruch Bielszowice

Krzysztof Piotrowski
KWK „Ruda" Ruch Bielszowice

STRESZCZENIE: KWK Ruda jako jedna z kopalni należących do Polskiej Grupy Górniczej składająca się z trzech ruchów (Ruch Bielszowice, Ruch Halemba, Ruch Pokój). Ruch Bielszowice zajmuje obszar ok 34 km kwadratowych na których prowadzona jest eksploatacja na obszarze ok 22 km kwadratowych. W zakresie prowadzonych robót eksploatacyjnych i stosowanej odstawie urobku zastosowana automatyzacja urządzeń pozwala na poprawę bezpieczeństwa, kontroli i monitoringu oraz efektywności pracy. Dodatkowe możliwości poprawiają szybszą diagnozę i usuwanie awarii.

SŁOWA KLUCZOWE: Wizualizacja, monitoring, odstawa, automatyzacja urządzeń

ABSTRACT: KWK "Ruda" as one of the mines belonging to Polska Grupa Górnicza, consisting of three movements (Ruch Bielszowice, Ruch Halemba, Ruch Pokój). Ruch Bielszowice covers an area of about 34 square kilometres, where the exploitation is carried out in the area of about 22 square kilometres. In terms of the exploitation works carried out and the haulage of the excavated material, the applied automation of the devices allows for the improvement of safety, control and monitoring as well as work efficiency. Additional features improve faster diagnosis and troubleshooting.

KEYWORDS: Visualization, monitoring, delivery, equipment automation

1. WSTĘP

Przenośniki taśmowe zyskują coraz większe znaczenie w dziedzinie transportu materiałów sypkich. Poszerza się ich zakres zastosowań, często wypierają inne środki transportu, a tam gdzie już są stosowane trwale ugruntowały swoją pozycję. Proces ten związany jest z wieloma zaletami tych urządzeń, z których najważniejsze to: ciągły system odstawy, łatwość automatyzacji, możliwość pokonywania dużych odległości i nachyleń, osiąganie znacznych wydajności, wysoka niezawodność, bezpieczeństwo pracy oraz łatwy załadunek i rozładunek. Najbardziej rozwinięty transport taśmowy występuje w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego oraz podziemnych węgla kamiennego i rud miedzi. Przenośniki taśmowe tworzą tam bardzo rozbudowane systemy liczące dziesiątki kilometrów długości [1, 2].

Przenośniki taśmowe odstawy urobku znajdujące się w zakresie eksploatacji złów w KWK Ruda Ruch Bielszowice są monitorowane i nadzorowane na dwóch poziomach odstaw głównych. Aktualnie rozpowszechnioną i w dalszym ciągu rozszerzaną automatyzacją w zakresie sieci przenośników taśmowych oraz zgrzebłowych jest poziom 840 m, na którym zastosowano system sterowania i sygnalizacji oraz wizualizacji firmy ATUT.

2. PODSTAWOWE CECHY SYSTEMU

Wykorzystywany system sterowania możemy podzielić na dwie części, powierzchniową oraz dołową (mogącą pracować w podziemiach kopalni jak również na jej powierzchni).

Część dołowa jako urządzenia w obudowie iskrobezpiecznej to systemy sterowania i nadzoru nad urządzeniami służącymi do transportu urobku, systemu kamer, transmisji danych oraz komunikacji głośnomówiącej. W skład takiego systemu można zaliczyć: sterowniki PLC, urządzeń wejścia, wyjścia, koncentratorów, punktów dostępowych, przepływomierzy, kamer, urządzeń głośnomówiących, blokad zewnętrznych, pulpitów sterujących oraz czujników.

Część powierzchniowa to w głównej mierze system wizualizacji i nadzoru. System ten składa się z serwera oraz infrastruktury sieciowej, galwanicznie odseparowanej od stref zagrożenia.

3. SYSTEM STEROWANIA I WIZUALIZACJI

System sterowania, automatyki i bezpieczeństwa ATUT pozwala nadzorować pracę przenośników taśmowych oraz zgrzebłowych zabudowanych na powierzchni oraz w podziemiach kopalni. System składa się ze sterownika CUKS-MPS*, urządzeń głośnomówiących CUKS-* oraz urządzeń peryferyjnych. Urządzenia głośnomówiące CUKS-* nadają sygnał rozruchowy przenośnika, komunikaty o stanie przenośnika oraz zapewniają załodze swobodną komunikację między urządzeniami oraz z dyspozytorem. System wyposażono w dwie linie blokad, programową oraz sprzętową. Programowa linia blokad monitorowana jest przez algorytm zapisany w PLC, sprzętowa linia realizowana jest przez fizyczne styki zabudowane w urządzeniach. Dodatkowo sprzętowa linia blokad zakończona jest terminatorem, generującym określoną dyrektywą SIL częstotliwość. Każde z urządzeń głośnomówiących CUKS-* posiada dwa wyjścia oraz pięć wejść, z czego trzy wejścia dodatkowo zabezpieczono sprzętową linią blokad. W systemie można zastosować również zewnętrzne wyłączniki awaryjne WZA, co ułatwia zabezpieczenie przejść przez przenośniki lub ich zwrotnie [3].

4. SYSTEM ŁĄCZNOŚCI I BEZPIECZEŃSTWA

System łączności i bezpieczeństwa SSG przeznaczony jest do prowadzenia łączności głośnomówiącej, sygnalizacji rozruchu i kontroli stanu pracy maszyn. Wyposażony został w wymagane prawem obwody bezpieczeństwa dla zintegrowanego systemu sterowania kompleksu wydobywczego w górnictwie w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego.

Funkcję systemu zapewniają między innymi:

- Łączność głośnomówiąca wzdłuż przenośników, o następujących funkcjach dodatkowych.
- Wyłączenie awaryjne (stop bezpieczeństwa) maszyn i urządzeń zintegrowanego systemu wydobywczego z identyfikacją miejsca inicjacji zatrzymania. Emisja sygnału ostrze-gawczego przed uruchomieniem maszyny następuje z dowolnego urządzenia głośnomówiącego. W przypadku braku emisji sygnału ostrzegawczego (stan awaryjny) z dowolnego

urządzenia głośnomówiącego, rozruch maszyny zostaje wstrzymany do czasu usunięcia awarii. Ponowne uruchomienie maszyny jest możliwe po potwierdzeniu przez operatora usunięcia awarii.

- Zdalny pomiar natężenia emitowanego sygnału w każdym głośniku, umożliwiający ocenę sprawności poszczególnych przetworników akustycznych.
- Emitowane sygnały ostrzegawcze przed uruchomieniem maszyn kompleksu wydobywczego są indywidualne dla danej maszyny. Umożliwia to jednoznaczną identyfikację aktualne uruchamianego urządzenia (maszyny) wchodzącego w skład kompleksu wydobywczego.
- Możliwość podłączenia i monitorowania pracy dodatkowych czujników zainstalowanych w urządzeniach np.: czujników temperatury, ciśnienia, obecności wody, hamulców itp. (możliwość podpięcia ww. czujników do systemu zapewniającego certyfikowany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa).
- Wizualizację pracy aparatury zasilającej i maszyn kompleksu wydobywczego oraz urządzeń peryferyjnych systemu.
- Transmisję danych na powierzchnię z możliwością ciągłego monitorowania pracy całego systemu w czasie rzeczywistym, diagnostyki stanu kabli i urządzeń, zdalnego przeprogramowywania oraz archiwizacji danych.
- Współpracę z dyspozytorskim systemami rozgłaszania np. STAR, AUD, SAT, KORAL (i inne) z możliwością wywołania w trybie normalnym i alarmowym dyspozytora z każdego urządzenia głośnomówiącego oraz rozgłaszanie komunikatów od dyspozytora.

Ponadto system SSG posiada optyczną i akustyczną (werbalną) identyfikację miejsca zadziałania blokady, czujnika lub wystąpienia zaprogramowanego zdarzenia. Diagnostyka stanów awaryjnych urządzeń oraz sieci kablowej możliwa jest z jednego miejsca.

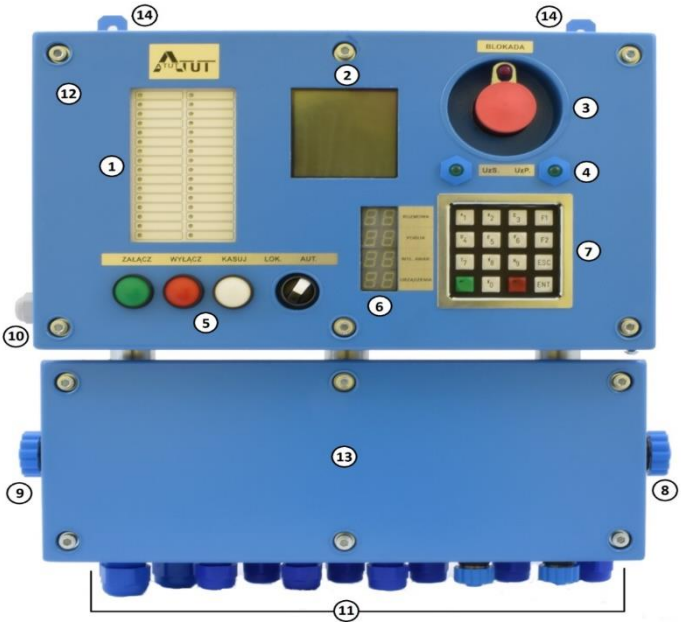
Sterowanie lokalnymi podsystemami np. sterowanie przenośnikami zgrzebłowymi, kruszarkami oraz urządzeniami pomocniczymi (regulacja i kontrola parametrów układów chłodzenia silników, pomiar ciśnienia w układach hydraulicznych obudów zmechanizowanych, itp.).

Urządzenia systemu SSG, wpięte do magistrali (węzły sieci), mają możliwość pomiaru następujących napięć:

- napięcia zasilania;
- napięcia na zaciskach wyjściowych akumulatora;
- napięcia w obwodzie bezpieczeństwa (linii blokad) na wejściu i wyjściu urządzenia;
- poziomu sygnału z mikrofonu;
- poziomu sygnału w linii audio;
- pomiar prądu przepływającego przez przetworniki akustyczne (głośniki).

Odczyt ww. parametrów pracy urządzeń systemu jest możliwy w sterowniku głównym. Istnieje także możliwość wizualizacji parametrów technologicznych systemu w powierzchniowych jak i dołowych stanowiskach roboczych [3].

Funkcję sterownika głównego w zastosowanym systemie pełni cyfrowe urządzenie kontrolno sterujące CUKS-MPS3.(Rys. 1) Urządzenie to wraz z osprzętem pomocniczym stosowane jest do sterowania przenośnikami. Sterownik posiada również dwie magistrale trasy (lewą i prawą), dzięki czemu może obsługiwać jednocześnie przenośniki PZS i PZP. Opis budowy sterownika przedstawia Tabela 1.

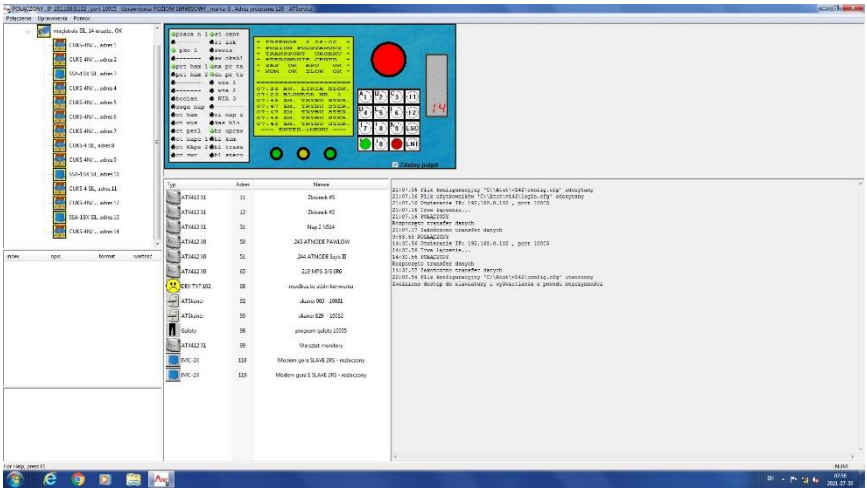


Rys. 1. Sterownik główny CUKS-MPS3
Figure 1. CUKS-MPS3 main controller

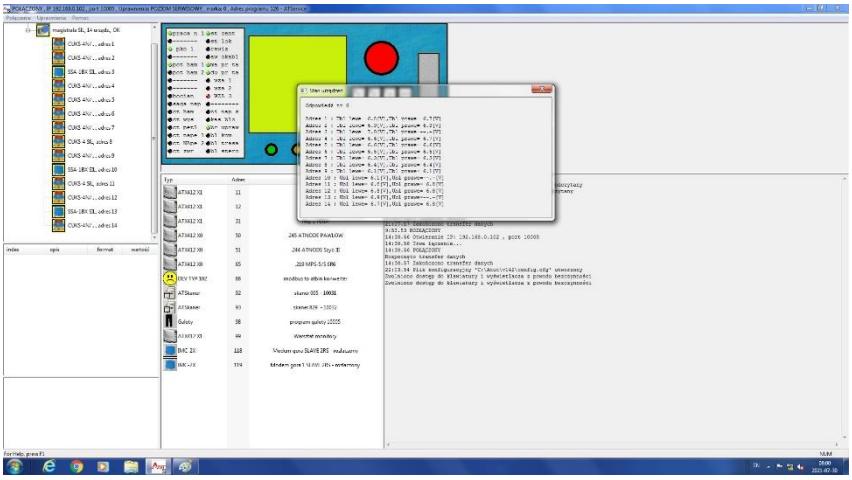
Tabela 1. Oznaczenie opisowe sterownika głównego CUKS-MPS3
Table 1. Descriptive designation of the main CUKS-MPS3 controller

Numer	Opis
1	Tablica synoptyczna
2	Wyświetlacz LCD
3	Wyłącznik zatrzymania awaryjnego – grzybkowy
4	Diody sygnalizacyjne: zasilanie sterownika oraz zasilanie magistral transmisji danych
5	Pulpit sterowniczy. Przyciski „ZAŁĄCZ”, „WYŁĄCZ”, „KASUJ” oraz przełącznik dwupozycyjny trybu pracy
6	Wyświetlacz segmentowy. Wyświetlanie numeru urządzenia z którego prowadzona jest rozmowa, pobijanie, numer zadziałanego wyłącznika awaryjnego oraz ilość urządzeń w systemie pracujących na danej magistrali
7	Klawiatura 16-to przyciskowa
8	Wpust do podłączenia urządzeń na magistrali prawej
9	Wpust do podłączenia urządzeń na magistrali lewej
10	Opcjonalny wpust kablowy PG16 dla sterowników typu CUKS-MPS3/M oraz CUKS-MPS3/S, do podłączenia linii telefonicznej lub światłowodu
11	Wypusty kablowe typu M25x1,5; M32x1,5 oraz dwa złącza kablowe ZAT/4 do podłączenia transmisji danych
12	Komora aparaturowa
13	Komora przyłączowa
14	Uchwyt montażowy

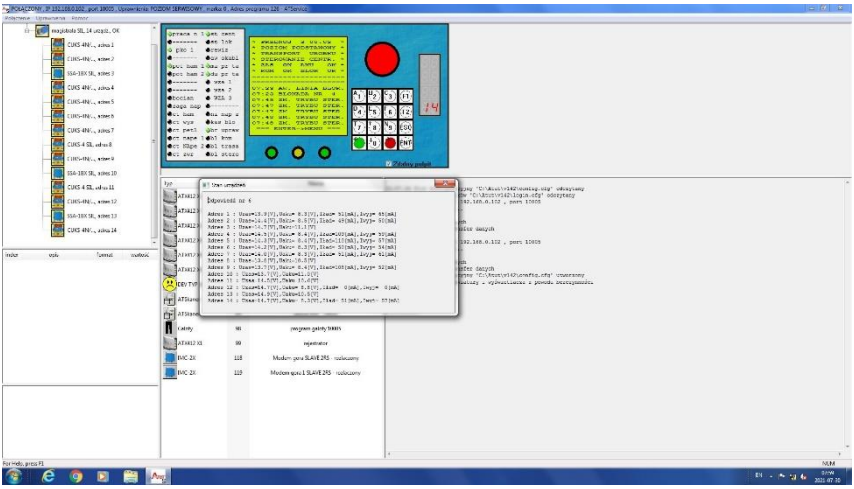
Możliwości zastosowania systemu części powierzchniowej jak i zarazem dołowej w zastosowaniu wizualizacji i możliwości nadzoru, kontroli, diagnostyki automatyki pozwala na poprawę bezpieczeństwa, monitoringu oraz efektywności pracy, nawet przy braku obecności osoby uprawnionej do określenia przyczyn w trakcie zaistnienia awarii. Trzeba zauważyć iż obsługa z utrzymania ruchu jest niejednokrotnie sama na kilka przenośników taśmowych o różnej długości. Dodatkowe możliwości podglądu i przejęcia sterowników CUKS-MPS3 poprzez wizualizację na zainstalowanej sieci kopalnianych komputerów poprawiają szybszą diagnozę i usuwanie awarii poprzez podgląd menu sterownika (Rys. 2), kontrolę napięć zasilania (Rys. 3) czy kontrolę napięć na wejściach i wyjściach danych urządzeń (Rys. 4).



Rys. 2. Widok Menu sterownika CUKS-MPS3 w wizualizacji
Figure 2. View of the CUKS-MPS3 controller menu in visualization



Rys. 3. Widok z kontroli napięć zasilania w wizualizacji
Figure 3. View from the control of supply voltages in the visualization



Rys. 4. Widok z kontroli napięć na wejściach i wyjściach danych urządzeń w wizualizacji
Figure 4. View from voltage control on inputs and outputs of device data in the visualization

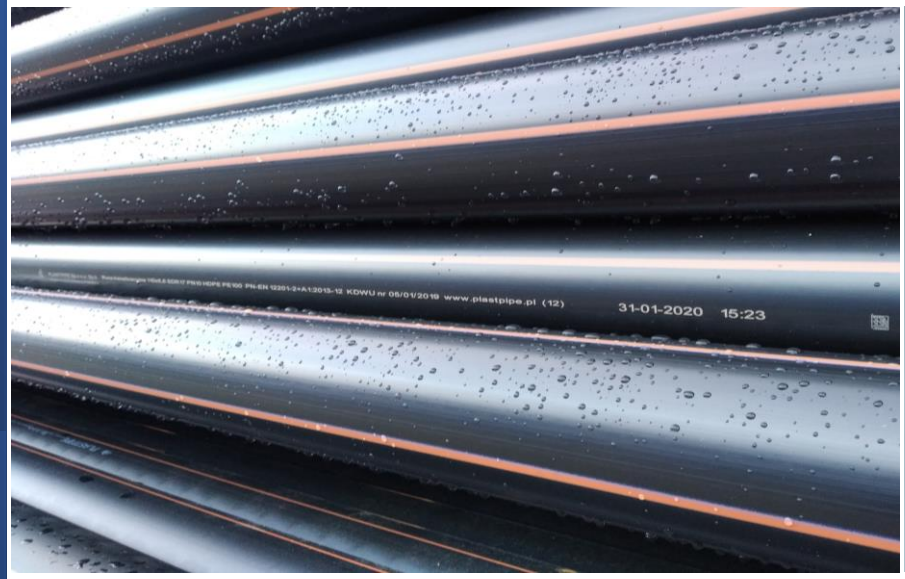
LITERATURA

[1] Antoniak J.: Systemy transportu przenośnikami taśmowymi w górnictwie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.

[2] Furmanik K.: Transport przenośnikowy. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Kraków 2008.

[3] Dokumentacja DOK-60.2/I2: System sterowania, nadzoru oraz wizualizacji. Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowo-Usługowe „ATUT" Sp. z o.o., Katowice 2021.

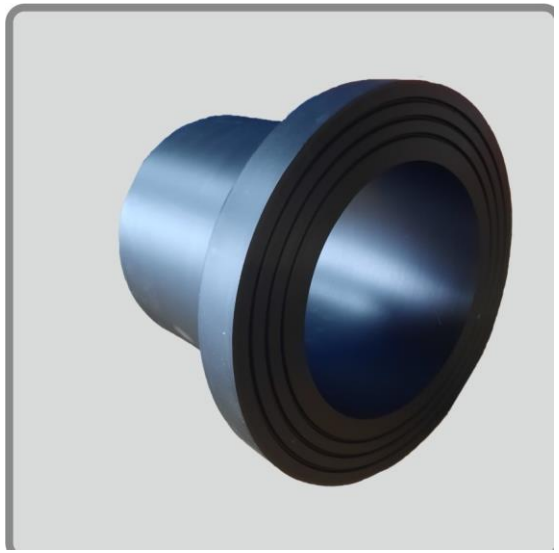
Wytrzymałość i żywotność systemów rurowych z tworzyw sztucznych wyposażonych w innowacyjną bezprzewodową technologię kodowania danych





plastpipe









plastpipe

Plastpipe sp. z o.o. spółka komandytowa jest znanym producentem rur z tworzyw sztucznych — innowacyjnym liderem, który łączy zaawansowaną technologię z doskonałą obsługą klienta, aby tworzyć najbardziej wyrafinowane i unikalne inowacjnie produkty w branży.

Producent rur i kształtek HDPE antystatycznych, trudnopalnych i nietoksycznych oraz elementów montażowych.

Jedyna firma w Polsce produkująca tuleje kołnierzowe HDPE antystatyczne, trudnopalne i nietoksyczne do DN400 PN16, PN20, PN25

Rury i kaształatki HDPE PE 100 typu ASTP2/W i ASTP3/G

Rury i kształtki ASTP2/W *składają się* z dwóch warstw: warstwy konstrukcyjnej wykonanej z polietylenu HDPE PE 100 oraz zewnętrznej trudnopalnej, nietoksycznej i antystatycznej warstwy HDPE PE 100. Przeznaczone są do transportu: cieczy niepalnych w tym agresywnych wody (woda ściekowa, woda kopalniana) roztworów wodnych i solanki

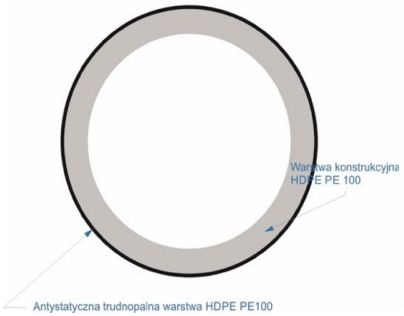
Rury i kształtki ASTP3/G *składają się* z trzech warstw: warstwy konstrukcyjnej wykonanej z polietylenu HDPE PE 100 oraz trudnopalnej, nietoksycznej i antystatycznej warstwy zewnętrznej i wewnętrznej HDPE PE 100. Przeznaczone są do transportu sprężonego powietrza, gazów inertnych, metanu (również w podciśnieniu) i wszystkich w/w mediów dla typu ASTP2/W

Zakres produkcji

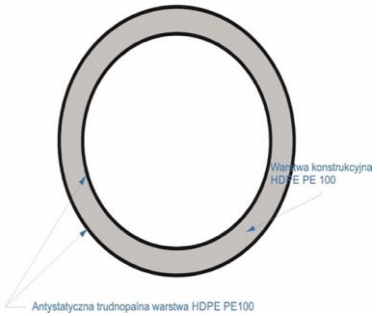
- Średnica nominalna rury przewodowej : od DN 16 do DN 500
- Średnica nominalna rury osłonowej: od DN 50 do DN 800
- Ciśnienie nominalne rury przewodowej: od PN 2,5 do PN 40.
- Standardowa długość odcinków prostych rur: od 150 mm do 6000 mm

SYSTEM UZUPEŁNIAJĄ KSZTAŁTKI WTRYSKOWE ,SEGMENTOWE I ELEMENTY ZŁĄCZNE (KOLANA , TRÓJNIKI, ŁĄCZNIKI ,TULEJE, ZAWORY ITP.)

Rura HDPE typu ASTP2/W



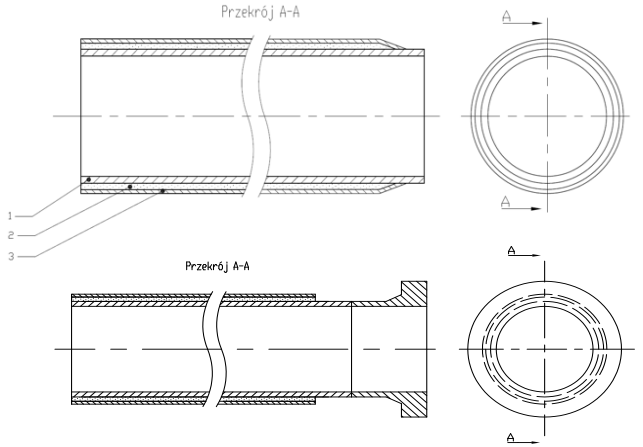
Rura HDPE typu ASTP3/G





RURY I KSZTAŁTKI PREIZOLOWANE PE-PU-PE TYPU ASTP2/P I ASTP3/P

plastpipe



Rury i kształtki preizolowane typu ASTP2/P i ASTP3/W składają się z rury przewodowej ASTP2/W lub ASTP3/G, izolacji z trudnopalnej pianki PUR oraz rury osłonowej ASTP2/O. Budowa zespołu rurowego uniemożliwia kontakt pianki z atmosferą kopalnianą (poprzez jej szczelne zamknięcie), co gwarantuje wieloletni okres eksploatacj

Przeznaczone są do budowy rurociągów typu ASTP2/P i ASTP3/P i transportu wody chłodniczej pod ciśnieniem w instalacjach klimatyzacji.

Zakres produkcji

- Średnica nominalna rury przewodowej : od DN 16 do DN 500
- Średnica nominalna rury osłonowej: od DN 50 do DN 800
- Ciśnienie nominalne rury przewodowej: od PN 2,5 do PN 40.
- Standardowa długość́ odcinków prostych rur: od 150 mm do 12000 mm



SYSTEM UZUPEŁNIAJĄ KSZTAŁTKI WTRYSKOWE ,SEGMENTOWE I ELEMENTY ZŁĄCZNE (KOLANA , TRÓJNIKI, ŁĄCZNIKI ,TULEJE, ZAWORY ITP.) ORAZ RURY OSŁONOWE DO PREIZOLACJI

ZŁĄCZKA H305 DO ŁĄCZENIA RUR BOSYCH HDPE

ZAWIESIA MONTAŻOWE DO PODWIESZANIA ROROCIĄGÓW

plastpipe

Złączka H305 składa się z z obejmy wykonanej z żeliwa sferoidalnego, uszczelki wykonanej z gumy EPDM i 4 śrub ze stali węglowej oraz podkładek i nakrętek ***P***rzeznaczona jest do łączenia rur bosych HDPE transportujących ciecze niepalne w tym agresywne wode kopalnianą i roztwory wodne, solanki, sprężone powietrze, gazy inertne, metanu.

Zakres produkcji

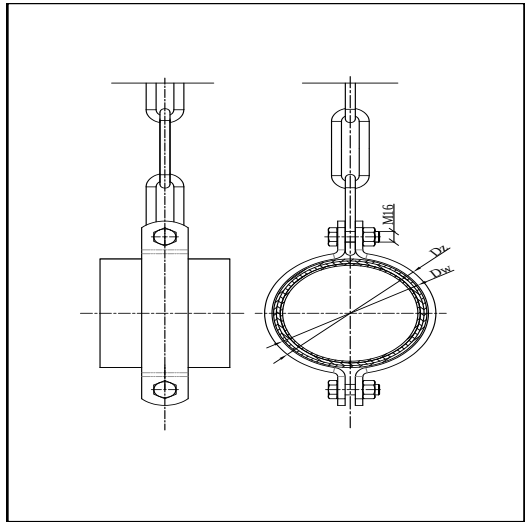
- Średnica nominalna rury przewodowej : od DN 16 do DN 500
- Ciśnienie nominalne rury przewodowej: do PN 40.



Zawiesie montażowe do podwieszania rurociągów składa się z obejmy, łańcucha technicznego oraz śrub. Obejma stalowa wykonana jest z płaskownika stalowego wykonanego ze stali S235 o wymiarach 50x4 mm z zachowaniem współczynnika bezpieczeństwa N >/= 6. ***P***rzeznaczona jest do podwieszania rurociągów transportujących ciecze niepalne w tym agresywne wode kopalnianą i roztwory wodne, solanki, sprężone powietrze, gazy inertne, metanu.

Zakres produkcji

- Średnica nominalna rury przewodowej : od DN 16 do DN 500



Certyfikaty

Certyfikaty.

- JSHP 6/B/2019 – RURY I KSZTAŁTKI POLIETYLENOWE PE O WYSOKIEJ GĘSTOŚCI HDPE TYPU ASTP2/W I ASTP3/G
- JSHP 25/B/2021 – RURY I KSZTAŁTKI PREIZOLOWANE PE-PU-PE TYPU ASTP2/P I ASTP3/P
- JSHP 9/B/2020 – RURY OSŁONOWE POLIETYLENOWE PE O WYSOKIEJ GĘSTOŚCI HDPE TYPU ASTP2/O DO PREIZOLACJI
- JSHP 29/B/2020 – ZŁĄCZKA H305 DO ŁĄCZENIA RUR HDPE
- JSHP/2 4/B/2020 ZAWIESIA MONTAŻOWE DO PODWIESZANIA ROCIĄGÓW

plastpipe

OGÓLNE WYMOGI DOTYCZĄCE UŻYTKOWANIA **RUROCIĄGÓW**

plastpipe

Ze względu na trudne warunki eksploatacyjne panujące w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych powszechnie stosowane rurociągi powinny cechować się:

- *długotrwałym okres eksploatacji ,*
- *odpornością na korozję ,*
- *brakiem zjawiska zarastania ,*
- *łatwością transportu,*
- *odpornością na uszkodzenia zewnętrzne,*
- *stałą możliwością identyfikacji parametrów technicznych.*

plastpipe

STOSOWANE RUROCIĄGI:

STALOWE :

narażone są głównie na rdzewienie i zarastaniem co znacznie skraca okres eksploatacji i prowadzi do częstych awarii

Z TWORZYWOWA SZTUCZNEGO HDPE:

wolne od rdzewienie i zarastaniem co znacznie wydłuża okres bezawaryjnej eksploatacji









RUROCIĄGI TWORZYWOWE HDPE ASTP2/W ASTP3/G

ZALETY:

- CAŁKOWITA ODPORNOŚĆ NA KOROZJĘ
- NISKA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNIOWA ZABESPIECZAJĄCA RUROCIĄG PRZED ZARASTANIEM
- NISKA WAGA (6 razy lżejszą od stali) UŁATWIAJĄCA TRANSPORT
- ODPORNOŚĆ CHEMICZNA
- MOŻLIWOŚĆ RECYKLINGU
- TRUDNOŚCIERALNOŚĆ
- ODPORNOŚĆ NA USZKODZENIA MECHANICZNE
- DŁUGI OKRES EKSPLOATACJI MRS 50 lat
- MOŻLIWOŚĆ TRANSPORTU W KRĘGACH
- MOŻLIWOŚĆ WYKONANIA ŁUKÓW I OMIJANIE PRZESZKÓD BEZ KONIECZNOŚCI STOSOWANIA KLINÓW LUB KOLAN
- MOŻLIWOŚĆ CHWILOWEGO ZATKANIA PRZEPŁYWU PODCZAS AWARII ZA POMOCĄ ZACISKÓW
- MOŻLIWOŚĆ PRZYCINANIA W CELU WYKONANIA PASÓWEK
- MOŻLIWOŚĆ STOSOWANIA W RUROCIĄGACH CIŚNIENIOWYCH I PODCIŚNIENIOWYCH
- **MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA BEZPRZEWODOWEJ TECHNOLOGI KODOWANIA DANYCH RFID**





plastpipe

Wdrożenie systemu RIFD

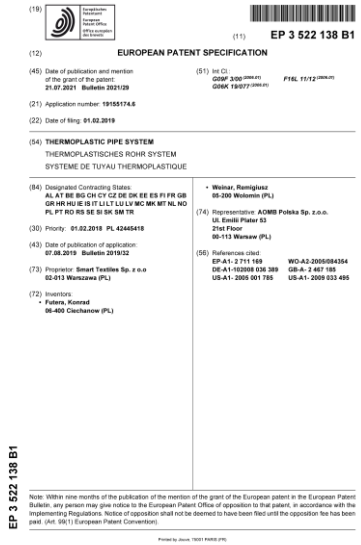
Jako czołowy producent rur z tworzyw sztucznych firma PLASPIPE:

- Poczyniła znaczące inwestycje w badania i rozwój technologii produkcji w procesie ciągłym systemów rurowych HDPE z technologią bezprzewodowego kodowania danych RFID.
- Opracowała i wdrożyła (wyprodukowała) pierwsze na rynku rury HDPE znakowane etykietami RFID z dopuszczeniem do stosowania w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, w szybach i na powierzchni.



Produkt objęty:

- Patentem europejski **EP3522138B1**
- Wzorem użytkowym
- Rozwiązanie stosowane już w zakładów górniczych do oznaczania obudów.



(19) European Patent Office

(11) EP 3 522 138 B1

(12) EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention of the grant of the patent: 21.07.2021 Bulletin 2021/29

(51) Int Cl.: G09F 3/00 (2006.01) F16L 11/12 (2006.01) G06K 19/077 (2006.01)

(21) Application number: 19155174.6

(22) Date of filing: 01.02.2019

(54) THERMOPLASTIC PIPE SYSTEM
THERMOPLASTISCHES ROHR SYSTEM
SYSTEME DE TUYAU THERMOPLASTIQUE

(84) Designated Contracting States: AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priority: 01.02.2018 PL 42445418

(43) Date of publication of application: 07.08.2019 Bulletin 2019/32

(73) Proprietor: Smart Textiles Sp. z o.o 02-013 Warszawa (PL)

(72) Inventors:
• Futera, Konrad
06-400 Ciechanow (PL)

• Weinar, Remigiusz
05-200 Wolomin (PL)

(74) Representative: AOMB Polska Sp. z.o.o.
Ul. Emilii Plater 53
21st Floor
00-113 Warsaw (PL)

(56) References cited:
EP-A1- 2 711 169
DE-A1-102008 036 389
US-A1- 2005 001 785
WO-A2-2005/084354
GB-A- 2 467 185
US-A1- 2009 033 495

EP 3 522 138 B1

Note: Within nine months of the publication of the mention of the grant of the European patent in the European Patent Bulletin, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to that patent, in accordance with the Implementing Regulations. Notice of opposition shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

plastpipe

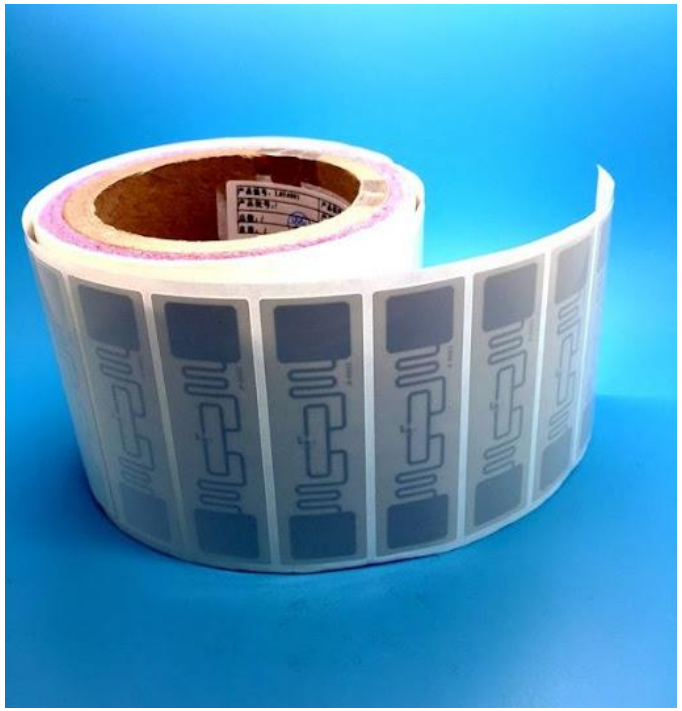
System RFID

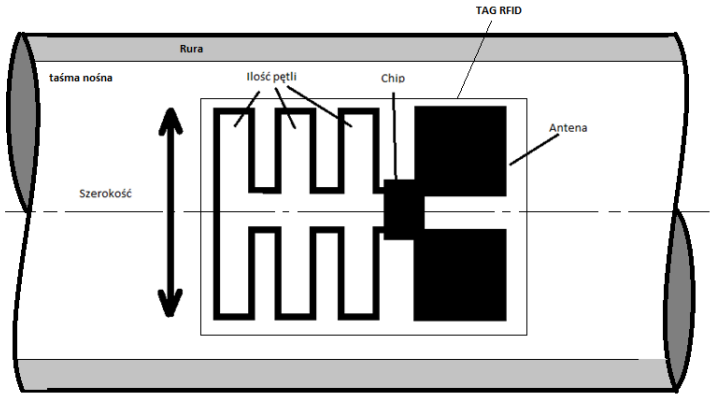
TECHNOLOGIA BEZPRZEWODOWEJ IDENTYFIKACJI RADIOWEJ

POLEGA NA ZAPISYWANIU, PRZECHOWYWANIU I ODCZYTYWANIU DANYCH W TZW TAGACH (CHIPACH) NANIESIONYCH NA TAŚMĘ.

SYSTEM UZUPEŁNIAJĄ MOBILNE CZYTNIKI TAGÓW LUB STACJONARNE ANTENY ORAZ

OPROGRAMOWANIA SYSTEMOWEGO

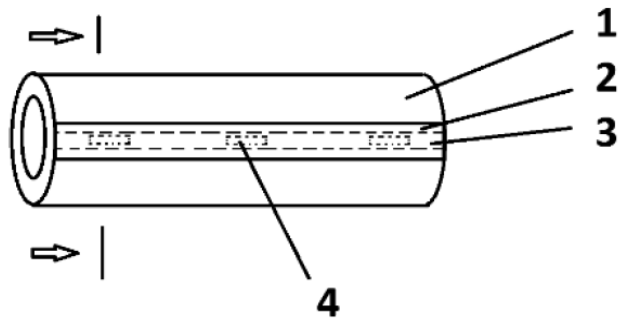


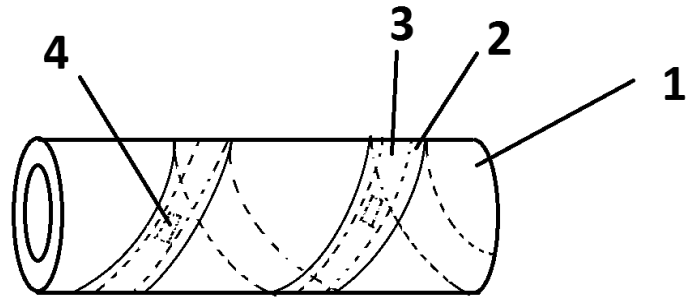


plastpipe

Rura HDPE ASTP2/W ASTP3/G *RFID*

- ZAPISYWANIE DANYCH NA TAGACH PODCZAS PROCESU PRODUKCJI I UŻYTKOWANIA
- TRANSMISJA ODBYWA SIĘ W SPOSÓB RADIOWY I NIE WYMAGA, ABY TAG BYŁ WIDOCZNY
- NIE WYMAGA ZASILANIA ZEWNĘTRZNEGO
- TAG ZABEZPIECZONY PRZED USZKODZENIEM ZEWNĘTRZNĄ WARSTWĄ HDPE
- TAGI UMIESZCZANE SĄ NA RURZE W SPOSÓB CIĄGŁY PODCZAS PROCESU PRODUKCJI
- TAŚMA RIFD NIE INGERUJE W STRUKTURĘ RURY
- NIE ZMIENIA PARAMETRÓW TECHNICZNYCH RURY
- NIE WPŁYWA NA WYTRZYMAŁOŚĆ I ŻYWOTNOŚĆ RURY
- NIE MA WPŁYWU NA ANTYSTATYKĘ, REZYSTANCJĘ , PALNOŚĆ I TOKSYCZNOŚĆ RURY
- ROZWIĄZANIE SPEŁNIAJĄCE WYMOGI ROZPORZĄDZENIA MINISTRA ENERGI I STOSOWANE SĄ JUŻ W ZAKŁADACH GÓRNICZYCH
- TEMPERATURA PRACY OD -30 DO 80 ST

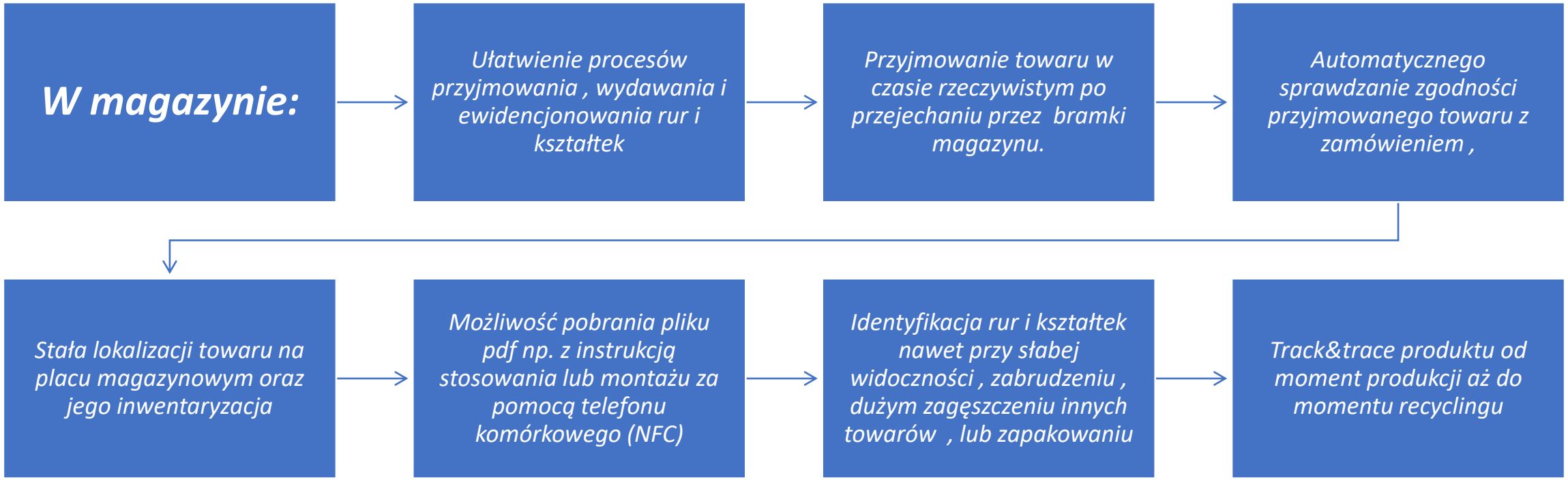




1 – Rura HDPE
2 – Taśma ,
3 – Tagi RFID ,
4 – Pętla

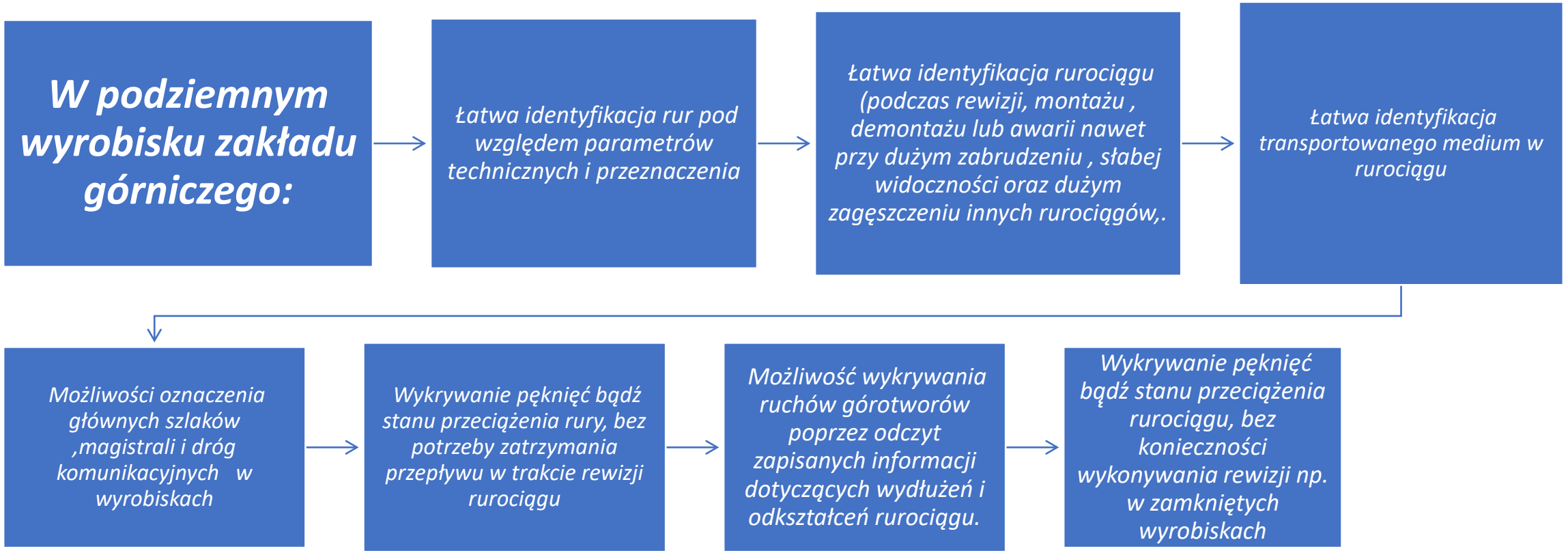
plastpipe

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA RUR HDPE Z RFID



plastpipe

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA RUR HDPE Z RFID



plastpipe

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ

plastpipe

Big Data oraz Internet Rzeczy w przemyśle górniczym. Wyzwania i zastosowania

Paweł Pyda
KGHM Polska Miedź S.A. o/COPI
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Technologii Informacyjnych

Helena Dudycz
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Technologii Informacyjnych

Paweł Stefaniak
KGHM Cuprum Centrum Badawczo-Rozwojowe, Zakład Analityki Systemów

Artur Skoczylas
KGHM Cuprum Centrum Badawczo-Rozwojowe, Zakład Analityki Systemów

STRESZCZENIE: W dobie Przemysłu 4.0 technologie takie jak Big Data (BD) i Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things – IoT) odgrywają kluczową rolę, szczególnie w przypadku wielozakładowych przedsiębiorstw produkcyjnych. W tych firmach wyzwaniem jest gromadzenie i przetwarzanie ogromnych ilości danych z urządzeń przemysłowych oraz pozyskanie kluczowych informacji z tych danych w czasie rzeczywistym do podejmowania decyzji ad hoc. Możliwość analizy danych pochodzących z urządzeń przemysłowych przekłada się bezpośrednio na optymalizację procesów produkcyjnych, optymalizację kosztów, zapobieganie nieplanowanym zdarzeniom oraz bezpieczeństwu podczas pracy. W tym kontekście szczególną uwagę należy zwrócić na analityczną platformę tj. Big Data Analytics (BDA), której głównym źródłem danych jest przemysłowy Internet rzeczy (ang. Industry Internet of Things - IIoT). W artykule przedstawiono wyniki z przeprowadzonego przeglądu literatury na temat zastosowania rozwiązań Big Data i IoT w przemyśle, a zwłaszcza w górniczym. Na podstawie analizy wielozakładowego przedsiębiorstwa górniczego zidentyfikowano główne wyzwania, przed jakimi stoją tego typu firmy, planujące wdrożyć technologie BD i IoT. Na zakończenie przedstawiono przypadek użycia IoT wspomagając bezpieczeństwo górników poprzez zastosowanie czujników do zbierania danych o parametrach życiowych i lokalizacji pracowników w kopalni.

SŁOWA KLUCZOWE: Big Data, Internet Rzeczy, Architektura danych, Przemysł 4.0, Przemysł górniczy

1. WSTĘP

Aktualnie w różnych obszarach biznesowych można dostrzec szybkie tempo zmian, które warunkuje dynamiczny rozwój przedsiębiorstw i globalny wzrost zapotrzebowania na różnego rodzaju informacje tu i teraz. Ilość generowanych danych z różnych źródeł wzrasta z roku na roku w tempie wykładniczym Dotyczy to zarówno działalności wewnątrz przedsiębiorstwa, jak również jej otoczenia. Coraz bardziej powszechne staje się tworzenie tzw. inteligentnych przestrzeni opartych na Internecie Rzeczy [1]. Rozwiązania te zaczynają przenikać do przedsiębiorstw przemysłowych, stając się głównym źródłem danych zasilających systemy cyber-fizyczne (ang. Cyber-Physical Systems CPS) [2,3]. Taki system w rzeczywistości zbudowany jest z szeregu inteligentnych komponentów informatycznych (wirtualnych), mechanicznych i elektronicznych (fizycznych), które komunikują się za pośrednictwem infrastruktury danych (np. Internetu). Dzięki takiemu rozwiązaniu świat realny i wirtualny stają się zintegrowane. Wyzwaniem dla przedsiębiorstw górniczych jest zatem takie przemodelowanie architektury informatycznej, aby efektywnie zarządzać informacją w czasie rzeczywistym, w celu uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku. Można wskazać następujące przykłady zastosowania takiej architektury systemu informatycznego w górnictwie: (1) automatyczna analiza chemiczna wydobywanego urobku dzięki zamontowanym kamerom nad przenośnikami i dokonywania na bieżąco korekt planów eksploatacyjnych; (2) bieżąca analiza danych pochodzących z samojezdnych maszyn górniczych, które mogą być wykorzystywane na potrzeby systemu antykolizyjnego a także do predykcji awarii, pozwalając przeprowadzić serwis na czas i zapobiec przestojom produkcyjnym oraz ograniczyć straty finansowe; (3) ciągła analiza danych pochodzących z czujników sejsmograficznych na potrzeby predykcji tąpań. Realizacja tych zadań z kolei wymusza intensyfikację adaptacji nowych technologii we wszystkich procesach biznesowych (produkcyjnych) przedsiębiorstwa [4], aby realne stało się osiągnięcie optymalizacji wydajności w relacji do niskich kosztów oraz poprawę bezpieczeństwa pracy [5]. W przypadku przedsiębiorstw przemysłowych bardzo ważną rolę odgrywa idea Przemysłu 4.0 (ang. Industry 4.0) [6,7], która opisuje koncepcję, szereg zasad oraz wyzwania przed jakimi stoją firmy w procesie transformacji cyfrowej.

Przejście przedsiębiorstwa na model architektury Industry 4.0 jest podstawą dla rozwoju zaawansowanej analityki Big Data na potrzeby generowania wiedzy o aktualnych i prognozowanych uwarunkowaniach przedsiębiorstwa przemysłowego. Należy mieć na uwadze, że architektura to nie tylko kwestie związane z infrastrukturą ICT (ang. Information and Communication Technologies), sprzętem i oprogramowaniem, ale holistyczne spojrzenie na organizację, w celu identyfikacji jej kluczowych potrzeb i doboru odpowiednich narzędzi, propozycji budowy obsługi procesów biznesowych, czy wprowadzenia optymalnych zmian organizacyjnych. Niezwykle ważne jest również zarządzanie zmianami w kontekście kolejnych projektów ICT [8–10]. Zastosowanie zaawansowanej analizy danych w przypadku przedsiębiorstw przemysłowych, zwłaszcza wielozakładowych, jest zadaniem o tyle trudniejszym w stosunku do innych firm, iż mamy do czynienia często z dużo większymi podmiotami, które są rozproszone terytorialnie, mają wiele oddziałów, również na całym świecie, ich procesy produkcyjne często są złożone i unikalne. O monitoringu procesów w przemyśle górniczym opisano [11]. Trudność ta wzrasta dodatkowo w przypadku przedsiębiorstw górniczych. Dane do analizy należy pozyskać z dużej liczby urządzeń przemysłowych biorących udział w produkcji np. monitoringu aktywności sejsmicznej, czujników środowiskowych zabudowanych w wyrobiskach górniczych, systemów lokalizacji ludzi i monitoringu ich parametrów fizjologicznych, monitoringu samojezdnych maszyn górniczych (SMG), transportu taśmowego, systemów wentylacji i klimatyzacji, odwadniania kopalni, telewizji przemysłowej itd. Należy podkreślić, że trudne wa-

runki przemysłowe obejmują cały proces technologiczny od zakładów górniczych, po zakłady wzbogacania rud, huty czy magazyny odpadów przeróbczych. Szczególnie trudne warunki do implementacji technologii IoT obserwujemy pod ziemią, gdzie występują problemy z komunikacją, urządzenia narażone są na uszkodzenia mechaniczne, zapylenie, wysoką temperaturę czy wilgotność.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyzwań jakie stoją przed przedsiębiorstwami górniczymi włączając technologie Big Data oraz Internetu Rzeczy do istniejącej w firmie architektury danych oraz przykłady zastosowania. Struktura jego jest następująca. W następnym punkcie omówiono zagadnienia związane z Big Data i IoT w przemyśle górniczym. W kolejnym przedstawiono wyzwania przedsiębiorstw przemysłowych w kontekście zastosowania technologii BD i IoT. Natomiast w punkcie czwartym opisano przypadek użycia IoT wspomagając bezpieczeństwo górników poprzez zastosowanie czujników do akwizycji danych o parametrach życiowych i lokalizacji pracowników kopalni. Artykuł kończy podsumowanie.

2. BIG DATA I INTERNET RZECZY W PRZEMYŚLE GÓRNICZYM

Na przestrzeni lat definicja pojęcia Big Data zmieniała się w czasie. Nadal ulega modyfikacji ze względu na stały rozwój technologii związanych z BD i jej zastosowania w praktyce. Pierwsze wzmianki na temat problematyki BD w kontekście komputerów przedstawili badacze NASA Michael Cox i David Ellsworth w swoim artykule [12]. Szczegółowy opis historii rozwoju BD został omówiony w pracy [13]. W zależności od zastosowania definicja BD przybiera wiele różnych wymiarów. W pracach naukowych badacze każdorazowo odwołują się do kilku kluczowych atrybutów związanych z pojęciem Big Data zaczynających się na literę V (w języku angielskim). W roku 2001 Laney scharakteryzował pojęcie BD przy pomocy trzech atrybutów tzw. 3 x V (3V's) tj.: Volume, Variety oraz Velocity [14]. W trakcie kolejnych lat dopisywano kolejne V, m.in. firma IBM uznała za istotny atrybut opisujący BD tj. Veracity [15]. Patgiri i Ahmed [16,17] opisali pojęcie BD używając już 9 atrybutów (9 V's). Rysunek 1 przedstawia definicję BD jako 9 V's.



Rys. 1. Dziewięć cech opisujących pojęcie Big Data.
Źródło: opracowanie własne

Początkowo Big Data była wykorzystywana głównie przez wielkie firmy, które było stać na użycie tej technologii. Główne zastosowanie to sektor finansowy, handel detaliczny wielopowierzchniowy czy szeroko rozumiana logistyka. Wraz ze wzrostem popularności BD zaczęto rozwijać techniki i narzędzia służące do przetwarzania i wizualizacji danych. W efekcie powstało pojęcie Big Data Analytics (BDA) [13,18]. Dalszy, intensywny rozwój architektury BDA był spowodowany przez potrzebę gromadzenia i przetwarzania dużych ilości danych często w trybie rzeczywistym pochodzących z urządzeń i czujników zintegrowanych z platformą Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things - IoT).

Pojęcie IoT można zdefiniować jako zbiór niezależnych urządzeń podłączonych do sieci, które mogą komunikować się ze sobą lub przesyłać dane do serwerów brzegowych (ang. edge server), a potem dalej do centrum danych (a dokładniej do klastra BD) [19]. Jako przykład można podać telefony komórkowe, pojazdy mechaniczne (samochody, autobusy, pociągi) z wbudowaną elektroniką np. diagnostyczną pozwalającą przesyłać dane o stanie technicznym urządzenia do monitoringu parametrów środowiska naturalnego takich jak temperatura, wilgotność czy jakość powietrza. Bardzo dobrym przykładem jest również powszechna dziś usługa paczkomatów. Urządzenia IoT są bardzo popularne w tzw. inteligentnych domach [20] czy sektorze medycznym [21]. W ostatnich latach znacząco rośnie ich rola również w przemyśle [22]. Rozwiązania te przy niewielkich modyfikacjach mogą być z powodzeniem stosowane wszędzie tam gdzie możliwy jest pomiar danego procesu lub zdarzenia i wysyłanie tych danych do dalszej analizy, aby na bieżąco podejmować decyzje. W ostatnim czasie znaczenia nabierają rozwiązania typu inteligentnych rzeczy (ang. smart wearable) dostępne również dla osób fizycznych. Są to np. ubrania, które są wyposażone w układy elektroniczne mające za zadanie zbieranie danych z otoczenia, ich przetwarzanie a następnie komunikację w sieci [23].

W przypadku przedsiębiorstw przemysłowych mamy do czynienia ze specjalnymi urządzeniami, które są odpowiednio zaprojektowane, aby mogły być stosowane w trudnych warunkach otoczenia. Dodatkowo muszą spełnić szereg innych wymogów np. związanych z bezpieczeństwem przechowywania i transmisją danych oraz niezawodnością (zanik zasilania, zakłócenia w transmisji danych). Urządzenia te identyfikowane są jako Przemysłowy Internet Rzeczy (ang. Industrial Internet of Things – IIoT) [24–26]. Propozycje gotowych platform dla IIoT opisano szerzej w [27].

W przedsiębiorstwach przemysłowych wyróżniamy procesy produkcyjne oraz diagnostyczne. W trakcie ich realizacji istnieje potrzeba zbierania i przetwarzania jednocześnie danych z ogromnej ilości czujników o dużej gęstości zabudowy, bardzo często w połączeniu ze sterowaniem urządzeniami mechanicznymi (tzw. wykonawczymi – robotami) np. w przemyśle motoryzacyjnym [28]. Zastosowanie do tych procesów urządzeń niezależnych mogłoby okazać się nieuzasadnione ekonomicznie, niemożliwe ze względu na gabaryty czy też niefunkcjonalne. Z tego powodu powstały systemy cyber-fizyczne (ang. Cyber-Physical Systems CPS) [2,29], do których podłączona jest duża ilość czujników oraz urządzeń mechanicznych. Urządzenia CPS posiadają własny system operacyjny oraz interfejsy komunikacyjne. W takim przypadku czujniki nie muszą posiadać własnej jednostki przetwarzającej zbierane sygnały, systemu operacyjnego, dedykowanego miejsca na przechowywanie danych czy dużego zapotrzebowania na energię elektryczną. W odróżnieniu od niezależnego urządzenia IoT, system CPS gromadzi, przetwarza dane z wielu czujników jednocześnie przesyłając dane dalej do systemów brzegowych, a potem do centrum danych. Zaletą takiego rozwiązania jest fakt, iż dane mogą być poddane wstępnej obróbce (oczyszczenie, agregacja, wstępne obliczenia algorytmiczne). Dzięki temu do centrum analitycznego przesyłana jest mniejsza ilość danych, co z kolei wpływa na mniejsze obciążenie sieci przesyłowych.

Obecnie urządzenia IIoT nabrały ogromnego znaczenia i okazały się kluczowe dla Przemysłu 4.0. Koncepcja zastosowania technologii BDA w połączeniu z IIoT nabrała nowych wymiarów. Wymóg automatyzacji, monitoringu, obserwacji urządzeń w przemyśle spowodował duże zapotrzebowanie na te technologie. W literaturze związanej z BDA oraz IIoT opisane są konkretne zastosowania tych technologii w przedsiębiorstwie górniczym. McNinch, Parks, Jacksha i Miller [26] w swoim artykule przedstawiają koncepcje zastosowania urządzeń IIoT do wsparcia procedur bezpieczeństwa LOTO (ang. a lockout-tagout procedure), które są używane przy obsłudze urządzeń elektrycznych. Mają zapobiegać przed nieautoryzowanym dostępem do urządzeń elektrycznych, które są w trakcie naprawy lub przeglądu. Macheta [30] wraz ze swoim zespołem opracował i przedstawił wyniki prac nad nowatorską bezprzewodową platformą komunikacyjną na potrzeby komunikacji urządzeń przemysłowych. Platforma wspiera protokół IPv6 w sieciach LLN (ang. Low Power and Lossy Networks). Z kolei w artykule [31] przedstawiono architekturę dla IoT i użycia technik BDA na potrzeby monitorowania tlenku węgla (ang. Carbon Monoxide). Natomiast w artykule [32] opisano zastosowanie urządzeń IIoT w połączeniu ze sterownikami PLC i systemem SCADA do predykcji efektywności wydobycia cynku i innych metali. Shriwas and Pritchard [33] opisują zastosowanie urządzeń IIoT do kontroli i monitorowania urządzeń wentylacyjnych (Ventilation Monitoring and Control in Mines). Przedstawiono w nim zastosowanie urządzeń IIoT do pomiaru i wykrywania gazów trujących oraz wysyłania powiadomień w przypadku wykrycia pożaru pod ziemią. Autorzy opisali również kwestie związaną z optymalizacją algorytmu do przesyłania danych oraz sposobu komunikacji urządzeń pomiędzy sobą, dzięki czemu osiągnięto małe zużycie energii urządzeń, które działają na baterię ze względu na brak zasilania. Z kolei w artykule [34] przedstawiono zastosowanie urządzeń IIoT w samojezdnych maszynach górniczych firmy Komatsu, które przesyłają aktualne dane na temat parametrów pracy maszyn. Na podstawie danych historycznych, bieżącemu monitorowaniu parametrów i zastosowaniu algorytmów uczenia maszynowego (ang.Machine Learning - ML) możliwe jest wykrywanie i przewidywanie anomalii i awarii.

3. WYZWANIA BIG DATA I INTERNETU RZECZY DLA PRZEMYSŁU GÓRNICZEGO

Planowanie i realizacja projektów w obszarze BD i IoT jest trudnym wyzwaniem. W zależności od skali projektu i jego zakresu trudność jego realizacji wzrasta. Obsługa procesów dla przedsiębiorstw przemysłowych jest jeszcze bardziej złożona ze względu na ich charakter oraz uwarunkowania prowadzonej działalności [35]. Wynika to także z samej złożoności architektury Big Data Analytics oraz systemów IIoT, a także jak wynika z raportu (Hadoop and Data Lakes Use Cases, Benefits and Limitations) opracowanego przez instytut BARC - Business Application Research Center, a CXP Group Company [36], brakuje profesjonalnej wiedzy, jak korzystać z technologii BD i IoT. Dodatkowo złożoność technologii, możliwość zastosowania wielu kombinacji alternatywnych narzędzi do realizacji tych samych procesów, z braku wiedzy, powstrzymuje firmy przed zastosowaniem BDA.

Wdrożenie i uruchomienie projektu wykorzystującego platformę BD i IIoT jest zagadnieniem na tyle skomplikowanym, że wymaga holistycznego spojrzenia na problem, który chcemy rozwiązać. W literaturze przedmiotu brakuje jasnych wskazówek i rekomendacji dotyczących zaprojektowania architektury zawierającej BD oraz IIoT do obsługi poszczególnych procesów od fazy identyfikacji i pozyskania danych, poprzez ich przetwarzanie i analizę, a kończąc na zaprezentowaniu wyników. Należy mieć na uwadze, że zaprojektowanie architektury to nie tylko kwestie doboru sprzętu czy narzędzi, ale także analiza procesów i dobór kompetentnych pracowników do ich obsługi [37]. Na tej podstawie można wskazać wyzwania w ob-

szarze procesów biznesowych, w obszarze organizacyjnym oraz w obszarze związanym z technologią ICT.

3.1. *Wyzwania w obszarze procesów biznesowych i produkcyjnych*

Wiele firm odnosi porażki podczas wdrożeń rozwiązań BDA z powodu zbyt powierzchownego zdefiniowania celu, jaki chcą osiągnąć. Objawia się to często słabym zmapowaniem celu projektu na odpowiednie procesy biznesowe, które powinny być szczegółowo opisane i uzgodnione z poszczególnymi właścicielami obszarów biznesowych (informacyjnych). Luki czy też niedociągnięcia w procesach mogą okazać się bardzo kosztowne na etapie implementacji architektury BD wynikające np. ze złego doboru narzędzi IT czy też modyfikacji procesów już realizowanych za pomocą tych narzędzi (np. wymaga się wykonania dodatkowych prac związanych z wprowadzonymi zmianami). Zarówno procesy, jak i narzędzia w ramach BD są tak złożone, iż nie sposób jest zaprojektować uniwersalną architekturę BDA, która byłaby w stanie obsłużyć wszystkie procesy (cele biznesowe) zarówno te już istniejące, jak i nowo planowane. Dlatego tak ważne jest, aby przystępując do projektowania architektury informatycznej w firmie bądź jej modyfikacji posiadać już wykaz zatwierdzonych procesów biznesowych.

W przypadku wielozakładowych przedsiębiorstw przemysłowych mamy do czynienia z przenikaniem się procesów z obszaru biznesowego z procesami z obszaru produkcyjnego, gdzie istnieją potrzeby transferu danych z jednego obszaru do drugiego tzn. z sieci przemysłowej do sieci korporacyjnej. Zauważono, że do podejmowania trafnych i ważnych decyzji biznesowych potrzebna jest fuzja danych z tych dwóch obszarów. I tak np. w przedsiębiorstwie górniczym musimy zestawić ze sobą koszty pracy, wydajność pracowników pod ziemią, zużycie materiałów do produkcji, koszty utrzymania parku maszynowego, parametry pracy maszyn górniczych i innych urządzeń pod ziemią w połączeniu z szeroko rozumianą logistyką [38] tj., optymalizacją zakupów, zarządzania danymi podstawowymi czy planowanie potrzeb materiałowych czyli danych pochodzących z systemów dziedzinowych np. systemu ERP.

3.2. *Wyzwania w obszarze organizacyjnym*

Jednym z najważniejszych czynników implementacji w przedsiębiorstwie przemysłowym architektury IT zawierającej BD oraz IIoT jest zapewnienie właściwych zasobów ludzkich wraz z odpowiednimi kompetencjami. Z jednej strony potrzebujemy odpowiednich pracowników do obsługi samej platformy analitycznej takich jak administratorzy, programiści, projektanci modeli danych, analitycy, projektanci i programiści raportów. Z drugiej strony pracowników (tzw. użytkowników biznesowych), którzy w procesie mogą pełnić rolę administratora danych podstawowych, właściciela danego obszaru informacyjnego, analityka biznesowego itp. Przy realizacji wsparcia dużych procesów biznesowych może zajść potrzeba wprowadzenia zmian organizacyjnych w danym dziale, w pionie lub w oddziale firmy. W przypadku ujednolicenia i optymalizacji procesów globalnych może zajść potrzeba wprowadzenia zmian zarówno we wszystkich oddziałach przedsiębiorstwa istniejących w danym kraju, jak i we wszystkich oddziałach ulokowanych w różnych państwach. Może to okazać się na tyle trudne ze względu na fakt, iż wiele oddziałów przedsiębiorstwa, jako niezależne podmioty, posiadają swoje własne struktury organizacyjne, standardy i procedury. Wdrażając architekturę IT zawierającą BD oraz IIoT w przedsiębiorstwie przemysłowym należy powołać takie role jak architekt systemowy, architekt rozwiązań czy też architekt korporacyjny, który potrafi spojrzeć holistycznie na procesy i zaproponować jednolite rozwiązanie dla całej firmy. Gellweiler [39] w swoich badaniach wskazał, że zapotrzebowanie na tego typu stanowiska jest bardzo duże i odgrywają one kluczowe role w organizacji.

3.3. *Wyzwania w obszarze technologii ICT*

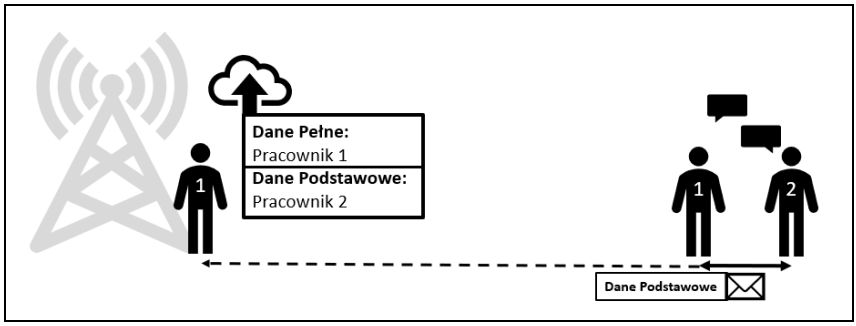
W przypadku przedsiębiorstw przemysłowych, a w szczególności górniczych, dobór odpowiedniej technologii jest o wiele bardziej złożony niż w przypadku innych firm. Podczas budowy lub modyfikacji istniejącej infrastruktury pojawiają się pytania: czy i w jakim stopniu skorzystać z rozwiązań chmurowych. W przypadku dużych i rozproszonych organizacji może to mieć duży wpływ ze względu na koszty usług, sposób transmisji danych, bezpieczeństwo przesyłanych danych, dostępność do danych oraz łatwość integracji usług z systemami przedsiębiorstwa. Dodatkowo przedsiębiorstwo musi sobie odpowiedzieć na pytanie, jak głęboką relację chce budować z dostawcami rozwiązań chmurowych, tak aby uniezależnić się od jednego konkretnego (tzw. vendor lock-in). Analizując mocne i słabe strony każdego wariantu, należy zaplanować, jaki model architektury wybrać, tzn. klasyczny (on-premises), chmurowy czy też hybrydowy.

Kolejny aspekt związany z wyborem technologii to potrzeba przechowywania dużych ilości, często nieustrukturyzowanych danych np. z czujników, zdjęcia i obrazy cyfrowe, zapis danych dla lokalizacji geoprzestrzennej itp. Należy odpowiednio zaprojektować architekturę sprzętową i dokonać wyboru oprogramowania. Możemy skorzystać z drogich komercyjnych rozwiązań lub oprzeć się na rozwiązaniach *open source*. W przypadku komercyjnych rozwiązań powinniśmy się liczyć z wysokimi kosztami serwisu i usług doradczych, natomiast nie musimy angażować pracowników z firmy. W przypadku skorzystania z darmowego rozwiązania musimy natomiast posiadać w firmie pracowników z odpowiednimi kwalifikacjami. Inne kluczowe aspekty, które należy rozważyć, są związane z rozproszoną lokalizacją oddziałów przedsiębiorstwa przemysłowego oraz w ramach nich lokalizacją urządzeń IIoT, z których chcemy pozyskiwać dane. Ma to wpływ na budowę lub modernizację m.in. infrastruktury sieciowej, umiejscowienia serwerów brzegowych, punktów dostępowych oraz samych urządzeń IIoT. Pozostałe kwestie związane są z niezawodnością przesyłania danych, bezpieczeństwem, zabezpieczeniem urządzeń na wypadek awarii. W przypadku urządzeń IIoT należy wziąć pod uwagę dobór odpowiedniego sprzętu odpornego na trudne warunki otoczenia, czy też sposób komunikacji i zasilania, uwzględniając słabe warunki do transmisji danych czy braku zasilania pod ziemią.

Kolejne wyzwanie wynika z potrzeby połączenia sieci przemysłowej (zawierającej dane z urządzeń przemysłowych) z siecią korporacyjną i środowiskiem BD. W przedsiębiorstwach górniczych do tej pory istnieje wyraźny podział na sieci przemysłowe z systemami przemysłowymi oraz na sieci korporacyjne z systemami biznesowymi. Sieci te zwykle są odseparowane od siebie, ale tworzy się pewnego rodzaju połączenia, aby pozyskać dane przemysłowe i zasilić nimi hurtownie danych w sieci korporacyjnej. Separacja ta głównie wynika ze względów bezpieczeństwa oraz specyfiki urządzeń przemysłowych. W wielu przedsiębiorstwach intensywnie wykorzystywane są systemy SCADA. Natomiast na razie nie widać, aby planowano je szybko zastąpić urządzeniami IIoT wraz ze środowiskiem BD. Niemniej jednak przedsiębiorstwa już na etapie planowania architektury powinny mieć na uwadze silny trend transformacji cyfrowej, która wcześniej czy później wymusi stopniowe przechodzenie w kierunku rozwiązań BD i IIoT. Przedsiębiorstwa przemysłowe, zwłaszcza górnicze mogą skorzystać z architektury referencyjnej RAMI 4.0, która m.in. wprowadza ujednolicenie standardu urządzeń, systemów i komunikacji.

4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA URZĄDZENIA TYPU SMART WEARABLE MONITORUJĄCEGO PARAMETRY ŻYCIOWE PRACOWNIKÓW W KOPALNI

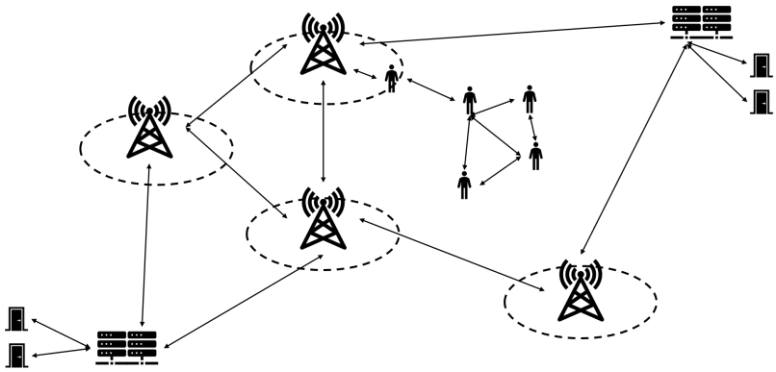
Podziemne kopalnie są zaliczane do jednych z najbardziej niebezpiecznych miejsc pracy. Pracownikowi w takich warunkach grożą takie niebezpieczeństwa jak: trujące gazy, pożary, wypadki mechaniczne, zawał stropu wyrobiska itp. W momencie wystąpienia nieszczęśliwego zdarzenia, znane jest zazwyczaj ogólne miejsce o lokalizacji takiego pracownika. Dla przykładu operatorzy maszyn ciężkich odpowiadają za transport urobku od przodka do punktu przeładunkowego. W kopalniach z komorowo-filarowym systemem eksploatacji złoża (np. KGHM) długość drogi odstawy urobku dla ładowarek łyżkowych wynosi zazwyczaj kilkaset metrów. W przypadku dłuższych tras (zazwyczaj nieprzekraczających 1 km) stosuje się konfigurację pracy ładowarek łyżkowych z wozami odstawczymi. Logistyka urobku w oddziale wydobywczym zazwyczaj prowadzona jest jedną trasą, jednakże zdarza się, że w wyniku np. zdarzeń losowych lub obciążenia punktu przeładunkowego operator zmuszony jest odstawić urobek wybierając inną ścieżkę przejazdu. W takim przypadku w sytuacji kryzysowej brak informacji o rzeczywistym położeniu maszyny może skutkować złym zaplanowaniem i przeprowadzeniem akcji ratunkowej, a w konsekwencji zaważyć o zdrowiu i życiu pracownika dołowego. Przeciwdziałać takim przypadkom ma za zadanie smart wearable. Jest to specjalne ubranie, które może zostać użyte do lokalizacji pracowników pod ziemią, mierzenia ich parametrów życiowych i środowiskowych oraz ostrzegania w przypadku niebezpiecznych warunków. O ile budowa takich urządzeń jest zadaniem stosunkowo prostym, to wprowadzenie modelu komunikacji w sieci jest już dużo bardziej skomplikowanym wyzwaniem. Wynika to m.in. z ograniczenia aplikacyjności długodystansowych źródeł komunikacji jak np. fale radiowe w warunkach kopalni głębokiej. Problem komunikacji może zostać rozwiązany poprzez budowę sieci punktów dostępowych w krytycznych punktach (przodek eksploatacyjny, wjazd na punkt wysypu oddziałowego, wjazd na drogę dojazdową do komory maszyn ciężkich itd.). Smart wearable pracownika, znajdujące się w zasięgu punktu dostępowego, przesyłałoby dane o stanie aktualnym oraz o wszelkich zdarzeniach zaistniałych od ostatniego przesłania, będąc w zasięgu punktu dostępowego. Takie rozwiązanie szczególnie sprawdza się, gdy wszyscy pracownicy w czasie swojej pracy przynajmniej kilka razy znajdują się koło różnych punktów dostępowych. Przedstawiony model komunikacji nie sprawdzi się natomiast w przypadku pracowników, którzy do punktów dostępowych (z różnych przyczyn) zbliżają się tylko na początku i na końcu swojej pracy. W tym przypadku, model komunikacji może zostać rozwiązany poprzez wprowadzenie dodatkowej komunikacji pomiędzy smart wearable pracowników, a nie tylko urządzeniem pracownika i punktem dostępowym. W tym modelu komunikacji urządzenia pracowników, którzy są blisko siebie, będą się wymieniać danymi. Gdy pracownik będzie w zasięgu punktu dostępowego, jego urządzenie prześle zarówno dane o nim, ale również dane z wszystkich innych urządzeń (pracowników), które spotkało od ostatniego zasięgu z punktem dostępowym (rys. 2). Głównym problemem jest tutaj rozmiar danych, dlatego zaleca się żeby dane wymieniane pomiędzy pracownikami były jak najbardziej podstawowe np. ostatnia lokalizacja oraz ocena parametrów życiowych. Taki model pozwala na odświeżanie danych o pracownikach z większą częstotliwością, przez co pozwala na sprawniejsze monitorowanie pracowników znajdujących się w kopalni, jak i zwiększa szanse na szybsze dotarcie do nich w przypadku akcji ratunkowej.



Rys. 2. Schemat wymiany danych pomiędzy urządzeniami

Mając rozwiązany model komunikacji pomiędzy zbierającymi dane smart wearable pracowników a punktami dostępowymi, służącymi do ich odbierania, należy rozwiązać problem agregacji tych danych. Duża liczba czujników może łatwo prowadzić do nadmiaru danych, co może okazać się krytyczne z punktu widzenia wydajności systemu. Dlatego zaleca się redukcję danych na etapie punktów dostępowych głównie przez usuwanie powtarzających się danych podstawowych, jak i ich agregację w postaci wskaźników. Pozwoli to na znaczne zmniejszenie wielkości danych, a w konsekwencji na stosunkowo proste przesłanie ich do serwera.

Serwer w sieci ma za zadanie agregować dane z całej kopalni i pozwalać na ich swobodne przetwarzanie. Ze względu na rozmiar przedsięwzięcia, serwerem nie może zostać jedna maszyna (komputer). Powinien to być cały blok połączonych komputerów tworzący strukturę (klaster komputerowy) zapewniający realizację zakładanych celów (rys. 3). Zalecane jest także, aby w obrębie całej sieci znajdował się w każdym możliwym czasie więcej niż jeden aktywny serwer, tak aby w przypadku awarii jednego z nich zachowana była dalsza archiwizacja danych. Zaleca się także implementację awaryjnej procedury w przypadku utraty jednego serwera, która spowoduje że do czasu przywrócenia pełnej przepustowości sieci, punkty dostępowe będą wysyłały tylko dane podstawowe (żeby nie przeciążyć pozostałych serwerów) archiwizując kompletne dane. Dodatkowo nie wszystkie punkty dostępowe muszą zostać połączone do serwera, jednak zaleca się utrzymanie większej ilości aktywnych połączeń, tak aby uniknąć przestoju w przypadku uszkodzenia warstwy fizycznej połączenia.



Rys. 3. Schemat połączeń w sieci

Smart wearable, punkty dostępowe, serwery to nie jedyne elementy jakie można wdrożyć w tej architekturze. Można dodatkowo przesyłać dane do serwerów z bramek wejściowych. Tego typu dane są kluczowe w przypadku organizacji akcji ratunkowych, kiedy można połączyć dane z bramek wejściowych z danymi smart wearable i uzyskać informację o pracowniku, np. czy wszedł lub opuścił teren danego oddziału wydobywczego.

PODSUMOWANIE

W tym artykule skoncentrowano się na rozwiązaniach Big Data oraz IoT dla przedsiębiorstw górniczych. Na podstawie przeprowadzonego badania literatury oraz analizy wielozakładowego przedsiębiorstwa, przedstawiono przykłady zastosowań BD i IoT oraz zidentyfikowano główne wyzwania związane z rozbudową architektury ICT o BD i IoT w przedsiębiorstwach górniczych. Przydatność użycia urządzeń zaliczanych do IoT w przypadku przedsiębiorstwa górniczego przedstawiono na przykładzie użycia czujników (smart wearable) do zbierania danych o lokalizacji i parametrach życiowych pracowników dołowych i ich otoczenia. W przypadku wielozakładowych przedsiębiorstw górniczych architektura BDA powinna stanowić dedykowany projekt, uwzględniający potrzeby biznesowe firmy oraz zachodzące w niej procesy. Natomiast wskazane jest opisywanie studiów przypadków istniejącej architektury lub propozycję takiej architektury w przedsiębiorstwie górniczym. Będą one różnić się koncepcją oraz zastosowanym sprzętem i oprogramowaniem. Jednak opis takiej architektury, pokazanie zastosowania urządzeń IoT w realizowanych procesach biznesowych, identyfikacja korzyści oraz wad takiego rozwiązania może być inspiracją do projektowania przydatnej architektury systemu informatycznego w przedsiębiorstwie górniczym. Zaprojektowana architektura ICT dla wielozakładowego przedsiębiorstwa górniczego może być potem wdrażana stopniowo, obejmując kolejne obszary działalności oraz zakłady.

Architektura ICT z oprogramowaniem i sprzętem Big Data oraz IoT może być kluczowym rozwiązaniem pozwalającym na przeprowadzanie optymalizacji procesów, jak i predykcję zdarzeń niepożądanych. Ogrom danych pozyskiwanych za pomocą rozwiązań IoT, przy wykorzystaniu technologii Big Data mogą stanowić istotne informacje w zapobieganiu awarii oraz wzrostu bezpieczeństwa pracowników w kopalni. Jednym z podstawowych zadań przedsiębiorstw górniczych jest szukanie rozwiązań, które zminimalizują wystąpienie zagrożeń dla życia i zdrowia pracowników.

Dalsze badania będą koncentrowały się w obszarze projektowania architektury uwzględniającej przesyłanie danych niemalże w czasie rzeczywistym pochodzących z urządzeń IIoT. Docelowa architektura powinna posiadać systemy, które na podstawie tych danych będą w stanie w czasie rzeczywistym ostrzegać dyspozytorów maszyn i urządzeń o potencjalnych zagrożeniach. Pozyskane dane po odpowiednim procesie oczyszczenia (przygotowania danych) mają posłużyć do budowy modeli uczenia maszynowego, które będą wykorzystywane do predykcji niepożądanych zdarzeń (awarie, konieczność serwisu urządzeń, itp.).

LITERATURA

[1] P. Stefaniak, J. Blachowski, A. Skoczylas, B. Jachnik, S. Anufriiev, DEVELOPMENT OF INTERNET OF THINGS PLATFORM FOR REAL-TIME AIR POLUTTION MINITORING SYSTEM, in: 2020: pp. 381–390. https://doi.org/10.5593/sgem2020/4.1/s19.048.

[2] L. Monostori, B. Kadar, T. Bauernhansl, S. Kondoh, S. Kumara, G. Reinhart, O. Sauer, G. Schuh, W. Sihn, K. Ueda, Cyber-physical systems in manufacturing, Cirp Ann.-Manuf. Technol. 65 (2016) 621–641. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005.

[3] F. Tramarin, M. Luvisotto, A. Willig, K. Yu, Guest Editorial: Industrial Cyber–Physical Systems—New Trends in Computing and Communications, IEEE Trans. Ind. Inform. 17 (2021) 3518–3522. https://doi.org/10.1109/TII.2020.3033818.

[4] E. Brzychczy, P. Gackowiec, M. Liebetrau, Data Analytic Approaches for Mining Process Improvement—Machinery Utilization Use Case, Resources. 9 (2020) 17. https://doi.org/10.3390/resources9020017.

[5] P. Kruczek, N. Gomolla, J. Hebda-Sobkowicz, A. Michalak, P. Śliwiński, J. Wodecki, P. Stefaniak, A. Wyłomańska, R. Zimroz, Predictive Maintenance of Mining Machines Using Advanced Data Analysis System Based on the Cloud Technology, in: E. Widzyk-Capehart, A. Hekmat, R. Singhal (Eds.), Proc. 27th Int. Symp. Mine Plan. Equip. Sel. - MPES 2018, Springer International Publishing, Cham, 2019: pp. 459–470. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99220-4_38.

[6] L. Ardito, A.M. Petruzzelli, U. Panniello, A.C. Garavelli, Towards Industry 4.0: Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration, Bus. Process Manag. J. 25 (2019) 323–346. https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0088.

[7] A.G. Frank, L.S. Dalenogare, N.F. Ayala, Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies, Int. J. Prod. Econ. 210 (2019) 15–26. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004.

[8] Z. Chaczko, C. Chiu, A.S. Kohli, V. Mahadevan, Smart Hospital Management System: An Integration of Enterprise Level Solutions Utilising Open Group Architecture Framework (TOGAF), Proc. 2010 3RD IEEE Int. Conf. Comput. Sci. Inf. Technol. ICCSIT 2010 VOL 5. (2010) 8–15.

[9] D. Jaramillo H, A. Cabrera S, M. Abad E, A. Torres V., J. Carrillo Verdum, Definition of Cybersecurity Businness Framework based on ADM-TOGAF, 2015 10TH Iber. Conf. Inf. Syst. Technol. CISTI. (2015).

[10] R. Afwani, B. Irmawati, A.H. Jatmika, N. Agitha, Specialized Mobile Health Design Using the Open Group Architecture Framework (TOGAF) : A Case Study in Child and Maternity Health Services Organization, Proc. 2018 5TH Int. Conf. DATA Softw. Eng. ICODSE. (2018).

[11] P. Gackowiec, M. Podobinska-Staniec, E. Brzychczy, C. Kuhlbach, T. Ozver, Review of Key Performance Indicators for Process Monitoring in the Mining Industry, Energies. 13 (2020) 20. https://doi.org/10.3390/en13195169.

[12] M. Cox, D. Ellsworth, Application-controlled demand paging for out-of-core visualization, in: Proc. Vis. 97 Cat No 97CB36155, IEEE, Phoenix, AZ, USA, 1997: pp. 235-244,. https://doi.org/10.1109/VISUAL.1997.663888.

[13] C. Wu, R. Buyya, K. Ramamohanarao, Big Data Analytics = Machine Learning + Cloud Computing, ArXiv160103115 Cs. (2016). http://arxiv.org/abs/1601.03115 (accessed March 31, 2021).

[14] D. Laney, 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety, META Group, 2001. http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf.

[15] M. Schroeck, R. Shockley, J. Smart, D. Romero-Morales, P. Tufano, Analytics: The Real-World Use of Big Data, IBM Institute for Business Value, 2012.

[16] R. Patgiri, A. Ahmed, Big Data: The V's of the Game Changer Paradigm, in: 2016 IEEE 18th Int. Conf. High Perform. Comput. Commun. IEEE 14th Int. Conf. Smart City IEEE 2nd Int. Conf.

Data Sci. Syst. HPCCSmartCityDSS, IEEE, Sydney, Australia, 2016: pp. 17–24. https://doi.org/10.1109/HPCC-SmartCity-DSS.2016.0014.
[17] S. Verma, Big Data and Advance Analytics: Architecture, Techniques, Applications, and Challenges, Int. J. Bus. Anal. 4 (2017) 21–47. https://doi.org/10.4018/IJBAN.2017100102.
[18] D. Fisher, R. DeLine, M. Czerwinski, S. Drucker, Interactions with big data analytics, Interactions. 19 (2012) 50–59. https://doi.org/10.1145/2168931.2168943.
[19] S. Ahmad, M.M. Afzal, A. ALharbi, Big Data Analytics with Fog Computing in integrated Cloud Fog and IoT Architecture for Smart Devices, Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur. 20 (2020) 171–177.
[20] Y. Dong, Y.-D. Yao, Secure mmWave-Radar-Based Speaker Verification for IoT Smart Home, IEEE Internet Things J. 8 (2021) 3500–3511. https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3023101.
[21] G. Manogaran, D. Lopez, A survey of big data architectures and machine learning algorithms in healthcare, Int. J. Biomed. Eng. Technol. 25 (2017) 182–211. https://doi.org/10.1504/IJBET.2017.087722.
[22] R.L. de Moura, L.D.F. Ceotto, A. Gonzalez, Industrial IoT and Advanced Analytics Framework: an approach for the Mining Industry, Ieee, New York, 2017.
[23] L. Greco, P. Ritrovato, F. Xhafa, An edge-stream computing infrastructure for real-time analysis of wearable sensors data, Future Gener. Comput. Syst. 93 (2019) 515–528. https://doi.org/10.1016/j.future.2018.10.058.
[24] A. Toro, G. Sanchez, M. Strefezza, E. Granado, IIoT and control systems: benefits, challenges and architectures, Cienc. E Ing. 38 (2017) 209–214.
[25] H.I. Lin, Y.C. Hwang, Ieee, Integration of Robot and IIoT over the OPC Unified Architecture, in: 2019 Int. Autom. Control Conf., 2019.
[26] M. McNinch, D. Parks, R. Jacksha, A. Miller, Leveraging IIoT to Improve Machine Safety in the Mining Industry, Min. Metall. Explor. 36 (2019) 675–681. https://doi.org/10.1007/s42461-019-0067-5.
[27] P. Gackowiec, M. Podobinska-Staniec, IoT platforms for the Mining Industry: An Overview, Inzynieria Miner.-J. Pol. Miner. Eng. Soc. (2019) 267–272. https://doi.org/10.29227/im-2019-01-47.
[28] Md.A. Rahim, Md.A. Rahman, M.M. Rahman, A.T. Asyhari, Md.Z.A. Bhuiyan, D. Ramasamy, Evolution of IoT-enabled connectivity and applications in automotive industry: A review, Veh. Commun. 27 (2021) 100285. https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2020.100285.
[29] F. Ullah, M.A. Babar, Architectural Tactics for Big Data Cybersecurity Analytics Systems: A Review, J. Syst. Softw. 151 (2019) 81–118. https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.01.051.
[30] J. Macheta, Synchroniczna, niskomocowa bezprzewodowa sieć sensorowa do monitorowania przemysłowych procesów produkcyjnych, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY. 1 (2019) 133–137. https://doi.org/10.15199/48.2019.09.27.
[31] M.A. Borges, G.M.F. Correia, M. de O. Igarashi, P.B. Lopes, L.A. Silva, An Architecture for the Internet of Things and the Use of Big Data Techniques in the Analysis of Carbon Monoxide, 2017 IEEE 18TH Int. Conf. Inf. REUSE Integr. IEEE IRI 2017. (2017) 184–191. https://doi.org/10.1109/IRI.2017.76.
[32] C. Maheswari, E.B. Priyanka, S. Thangavel, S.V.R. Vignesh, C. Poongodi, Multiple regression analysis for the prediction of extraction efficiency in mining industry with industrial IoT, Prod. Eng.-Res. Dev. 14 (2020) 457–471. https://doi.org/10.1007/s11740-020-00970-z.
[33] M. Shriwas, C. Pritchard, Ventilation Monitoring and Control in Mines, Min. Metall. Explor. 37 (2020) 1015–1021. https://doi.org/10.1007/s42461-020-00231-8.
[34] J. Lee, H.-A. Kao, S. Yang, Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment, Procedia CIRP. 16 (2014) 3–8. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001.
[35] H. Dudycz, P. Stefaniak, P. Pyda, Advanced Data Analysis in Multi-site Enterprises. Basic Problems and Challenges Related to the IT Infrastructure, in: N.T. Nguyen, R. Chbeir, E. Exposito, P. Aniorté, B. Trawiński (Eds.), Comput. Collect. Intell., Springer International Publishing, Cham, 2019: pp. 383–393. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28374-2_33.
[36] Hadoop and Data Lakes, (n.d.). http://barc-research.com/research/hadoop-and-data-lakes/.

[37] P. Pyda, P. Stefaniak, H. Dudycz, Development assumptions of a data and service management centre at KGHM S.A., Min. Goes Digit. (2019) 569–577. https://doi.org/10.1201/9780429320774-66.
[38] P. Pyda, H. Dudycz, P. Stefaniak, A Model of Enterprise Analytical Platform for Supply Chain Management, in: M. Hernes, K. Wojtkiewicz, E. Szczerbicki (Eds.), Adv. Comput. Collect. Intell., Springer International Publishing, Cham, 2020: pp. 363–375. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63119-2_30.
[39] C. Gellweiler, Types of IT Architects: A Content Analysis on Tasks and Skills, J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res. 15 (2020) 15–37. https://doi.org/10.4067/S0718-18762020000200103.

ABSTRACT

In the era of Industry 4.0, technologies such as Big Data (BD) and the Internet of Things (IoT) play a crucial role, especially in the case of multi-plant production companies. For these companies, the challenge is collecting and processing massive amounts of data from industrial devices and extracting essential information from that data in real-time for ad hoc decision-making. The ability to analyze data from industrial devices translates directly into optimizing production processes, cost optimization, prevention of unplanned events, and safety at work. In this context, particular attention should be paid to the analytical platform, i.e., Big Data Analytics (BDA), the primary source of the Industry Internet of Things - IIoT. The article presents the literature review results for using Big Data and IoT solutions for industry (mainly mining). Based on the analysis of a multi-plant mining enterprise, the main challenges faced by this type of company planning to implement BD and IoT technologies were identified. Finally, a case of using sensors to collect data on vital parameters and the location of workers in a mine is presented.

Pokłady możliwości



KGHM

TRANSPORT KONTENEROWY MATERIAŁÓW PETROCHEMICZNYCH WRAZ Z ICH PRZECHOWYWANIEM W PODZIEMNYCH KOMORACH PALIW

Rabenda Mirosław, Szewczak Wojciech, Jagiełło Wojciech
KGHM Polska Miedź S.A. Oddział Zakłady Górnicze Lubin

Idea powstania transportu kontenerowego materiałów petrochemicznych oraz jego zalety





- Brak infrastruktury kolejowej w rejonie nowo otwartego obszaru górniczego szybu LVI
- Ograniczenie przeładunku materiałów petrochemicznych –raz tankowany olej napędowy trafia bezpośrednio do komory paliw
- Zmniejszenie kosztów transportu materiałów petrochemicznych

KGHM

Środki techniczne wykorzystywane podczas transportu



- Autocysterna



- Ładowarka kołowa



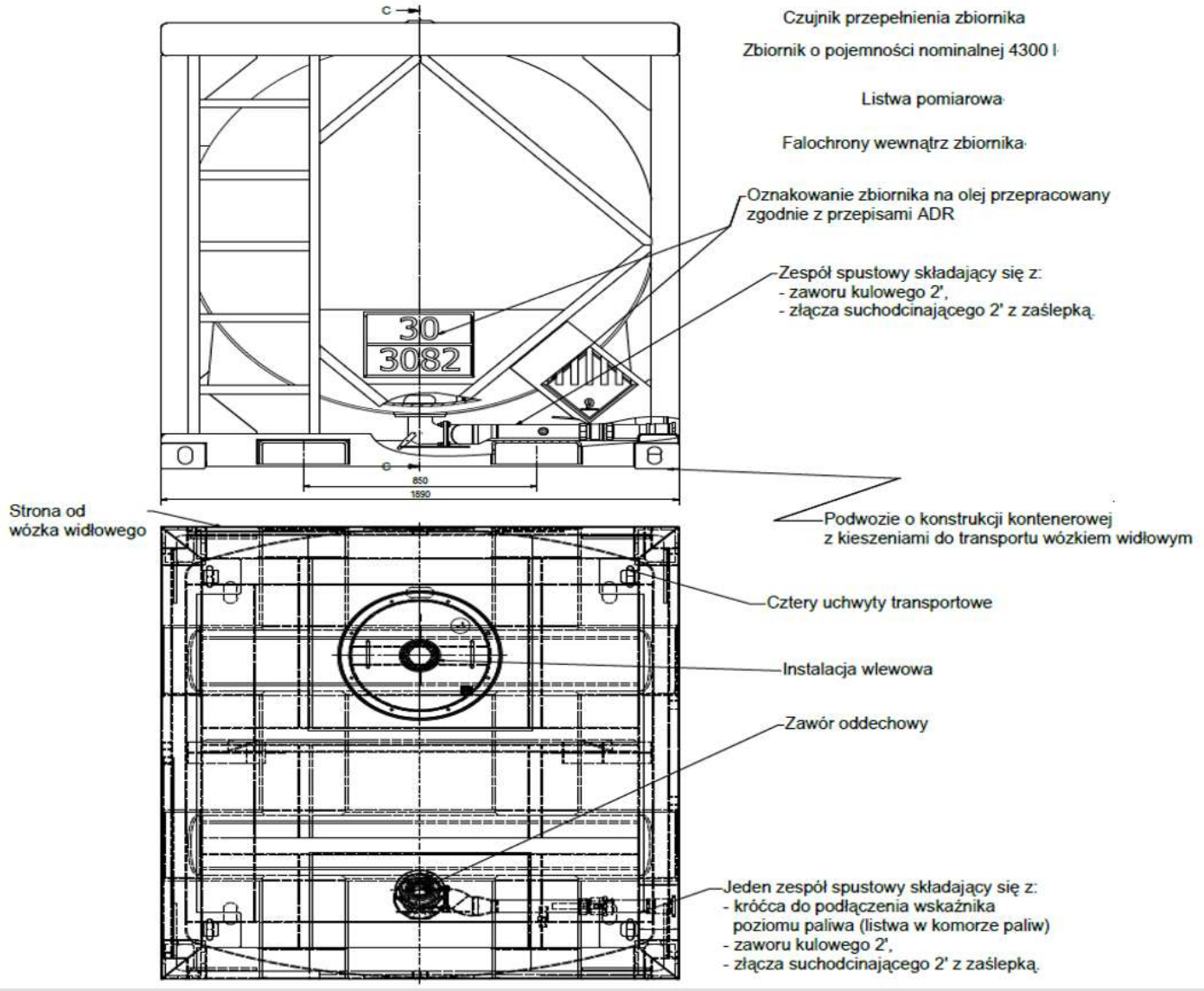
- Zbiorniki odejmowalne NK-0745



- GTP 16 lub GTP 2100

KGHM

Specyfikacja techniczna zbiorników odejmowalnych NK-0745



Stanowisko dystrybucji



Stanowisko dystrybucji

Stanowisko dystrybucji zlokalizowano w przecince P-1A i posiada ono instalacje technologiczne doprowadzające paliwo i olej hydrauliczny ze zbiorników odejmowalnych rurami stalowymi. Każde medium posiada niezależną instalację wyposażoną w układ pomiarowy. Do dystrybucji oleju napędowego zastosowano wysokowydajny dystrybutor jednowężowy z automatycznym pistoletem nalewczym typu PETRO SOLO z napędem pneumatycznym oraz jeden agregat typu AOC-PETRO. Olej hydrauliczny wydawany są przez specjalny agregat olejów ciężkich typu AOC-PETRO z napędem pneumatycznym.

Do tankowania wozów paliwowo-smarowniczych przewidziano linię szybkiego tankowania oleju napędowego i hydraulicznego. Ponadto w punkcie dystrybucji znajduje się stanowisko tankowania AdBlue.

Dodatkowo na stanowisku zabudowano urządzenia filtracyjno-pompowe dla odbioru oleju zużytego, przywożonego w pojemnikach lub przez pojazdy paliwowo-smarownicze. Instalacja oleju zużytego wyposażona jest w pompę pneumatyczną membranową, przepływomierz z licznikiem z kompensacją temperatury. Olej zużyty przepompowywany jest do zbiornika NK-0745.

Dystrybucja olejów z beczek odbywa się przy pomocy pomp pneumatycznych membranowych, które zasysają olej z beczek i rurociągami stalowymi tłoczą olej do zwijadeł z wężami, na końcu których znajdują się pistolety z przepływomierzami.

Magazyn paliw





Magazyn paliw

Magazyn paliwa, olejów i smarów zlokalizowano w P-13a pomiędzy chodnikami K-I i W-1b. Magazyn wydzielono tamami pełnymi z bloczków betonowych pod strop i wzmacniany słupami na narożach bram. Magazyn wyposażono w drzwi stalowe z zamknięciem, otwierane na zewnątrz, dla komunikacji oraz w siedem bram otwieranych na zewnątrz dla realizacji dostaw zbiorników NK-0745. W dwóch ścianach magazynu zabudowano klapy wentylacyjne samoczynnie zamykające się w przypadku pożaru i zadziałania stałej instalacji gaśniczej. Wewnątrz komory wykonano fundament pod następujące zbiorniki magazynowe:

- 4 zbiorniki NK-0745 na olej napędowy - $4x4,3m^3$
- 2 zbiorniki NK-0745 wieloolejowe z grodzią na olej hydrauliczny/przekładniowy - $2x(3m^3/1,3m^3)$
- 1 zbiornik NK-0745 na olej zużyty - $1x4,3m^3$

Zbiorniki stalowe o kształcie walcowym obudowane w prostopadłościennej ramie stalowej, przystosowane do transportu górniczym podnośnikiem transportowym i mające dopuszczenia do transportu publicznego.

Zbiorniki mają niezbędne wyposażenie umożliwiające napełnianie i opróżnianie, optyczną kontrolę stopnia napełnienia, zabezpieczenie przed nadmiernym wzrostem ciśnienia, przed przepełnieniem (tylko zbiornik na olej zużyty) oraz dostaniem się ognia do jego wnętrza. Układ 4 zbiorników służących do magazynowania oleju napędowego jest połączony wspólnym kolektorem. Układ dwóch zbiorników wieloolejowych z grodzią, służących do magazynowania oleju przekładniowego i hydraulicznego jest połączony na wspólnych kolektorach, osobno dla każdego medium.

Oprócz zbiorników stałych w magazynie znajdują się również oleje w opakowaniach fabrycznych (beczkach). Beczki stoją przy ścianie na wannach wychwytowych. Do pięciu beczek podłączona jest instalacja technologiczna, umożliwiająca dystrybucję olejów w puncie napełniania za pomocą pomp pneumatycznych membranowych.

Na wypadek rozszczelnienia się zbiornika z paliwem lub olejem i uniemożliwienia wylewania się substancji poza magazyn, został wykonany specjalny betonowy zbiornik awaryjny o pojemności powyżej 4,3 m3 w spągu magazynu.

Stanowisko manewrowe





KGHM

Instalacja p.poż.









KGHM

Instalacja p.poż.

Stała instalacja gaśnicza została zabudowana w przecince P-1a obok stanowiska dystrybucji.
Składa się z następujących elementów:

- Klap odcinających wiszących na linkach połączonych ze zwalniakami elektrohydraulicznymi
- Stałej instalacji gaśniczej na pianę lekką,
- Instalacji automatycznej sygnalizacji pożarowej.

Zabudowany system ochrony przeciwpożarowej charakteryzuje się:

- Identyfikacją lokalizacją zagrożeń w początkowej fazie,
- Samoczynnym zadziałaniem instalacji gaśniczej po automatycznym uszczelnieniu chronionej przestrzeni przez opuszczenie klap odcinających,
- Możliwością ręcznego uruchomienia automatycznego programu gaszenia,
- Zaalarmowaniem odpowiednich służb i osób w zagrożonej strefie,
- Działaniem przez całkowite wypełnienie pianą chronionej przestrzeni.

Instalacja wykrywania zagrożeń i sterowania gaszeniem w pomieszczeniu chronionym służy do:

- Wykrywania pożaru,
- Zamknięcie klap odcinających w tamach ograniczających pomieszczenia magazynowe,
- Uruchomienia sygnalizacji akustycznej i optycznej,
- Samoczynnego uruchamiania sterowania instalacją gaśniczą,
- Przekazania do dyspozytorni na powierzchni sygnałów o wykryciu zagrożenia i uruchomienie stałej instalacji gaśniczej.
- Stała instalacja gaśnicza może być uruchamiana automatycznie lub ręcznie. Automatyczne uruchomienie instalacji nastąpi w momencie zadziałania czujników temperatury i opuszczenia klap poprzez zwalniaki elektrohydrauliczne. Ręczne uruchomienia stałej instalacji gaśniczej może nastąpić z następujących miejsc:
- Przy wejściu do komory paliw od strony dystrybucji i rozładunku,
- W punkcie dystrybucyjnym przed wejściem do magazynu paliw,
- Na stanowisku rozładunku w dwóch miejscach, przed wejściem do magazynu paliw.

GTP-16 ; GTP 2100



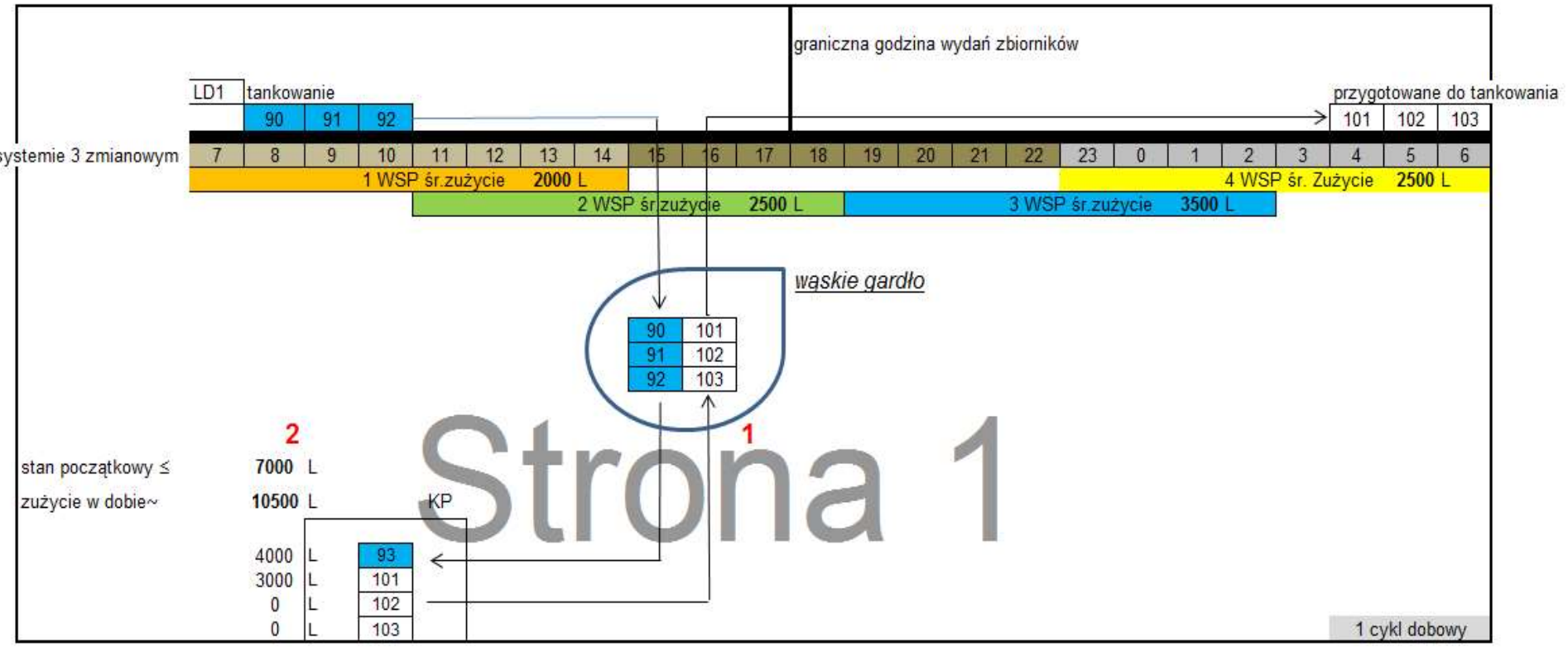
Wymiary i parametry techniczne	Wartość	Jednostka
Długość (bez wideł)	6 310	mm
Szerokość	2 740	mm
Wysokość	2 500	mm
Długość wideł	2 400	mm
Udźwig/środek ciężkości	16 000/1 200	kg/mm
Masa własna	28 500	kg
Masa całkowita dopuszczalna	44 500	kg
Udźwig nominalny	16 000	kg
Maksymalna wysokość podnoszenia	2 700	mm
Liczba miejsc	1	-
Rozstaw osi	3 400	mm
Promień skrętu		
- w prawo wewnętrzny	2900	mm
- w prawo zewnętrzny	7600	mm
- w lewo wewnętrzny	3000	mm
- w lewo zewnętrzny	7600	mm
Prześwit	305	mm
Ilość osi napędowych	2	szt.
Ilość kół jezdnych	4	szt.
Maksymalna prędkość jazdy na poszczególnych biegach		
- bieg pierwszy	4,0	km/h
- bieg drugi	8,0	km/h
- bieg trzeci	12,0	km/h
Maksymalna prędkość	do 12	km/h



Wymiary i parametry techniczne	*Wartość*	*Jednostka*
Długość	7 100	mm
Długość (bez wideł)	4 900	mm
Szerokość	2 460	mm
Wysokość	2 200 ±50	mm
Długość wideł	2 000	mm
Udźwig/środek ciężkości	7 000/1 050	kg/mm
Masa własna	15 900	kg
Masa całkowita dopuszczalna	22 900	kg
Udźwig nominalny	7 000	kg
Maksymalna wysokość podnoszenia	2 000	mm
Liczba miejsc	1+1	-
Rozstaw osi	2 700	mm
Prześwit	440	mm
Ilość osi napędowych	2	szt.
Ilość kół jezdnych	4	szt.
Maksymalna prędkość jazdy na poszczególnych biegach		
- bieg pierwszy	5,0	km/h
- bieg drugi	9,0	km/h
- bieg trzeci	18,0	km/h
Maksymalna prędkość z maksymalnym obciążeniem tj. (7000kg)	10,0	km/h

Model dostaw

MODEL WYMIANY ZBIORNIKOW MAGAZYNOWYCH W KOMORZE PALIW.



Strona 1

WARUNKI :

1 do godziny 15 muszą być gotowe 3 puste zbiorniki

2 stan początkowy ON dla 1 zmiany ≤ 7 000L

POTRZEBY:

1 dodatkowe min. 2 zbiornik pełniące funkcję buforu bezpieczeństwa na KP oraz rezerwy podczas awari.

2 rozwarzyć wydawanie pustych zbiorników na 3,4 zmianie (poprawi to organiację pracy na KP dla zmiany 1)

Wykaz zbiorników odejmowalnych

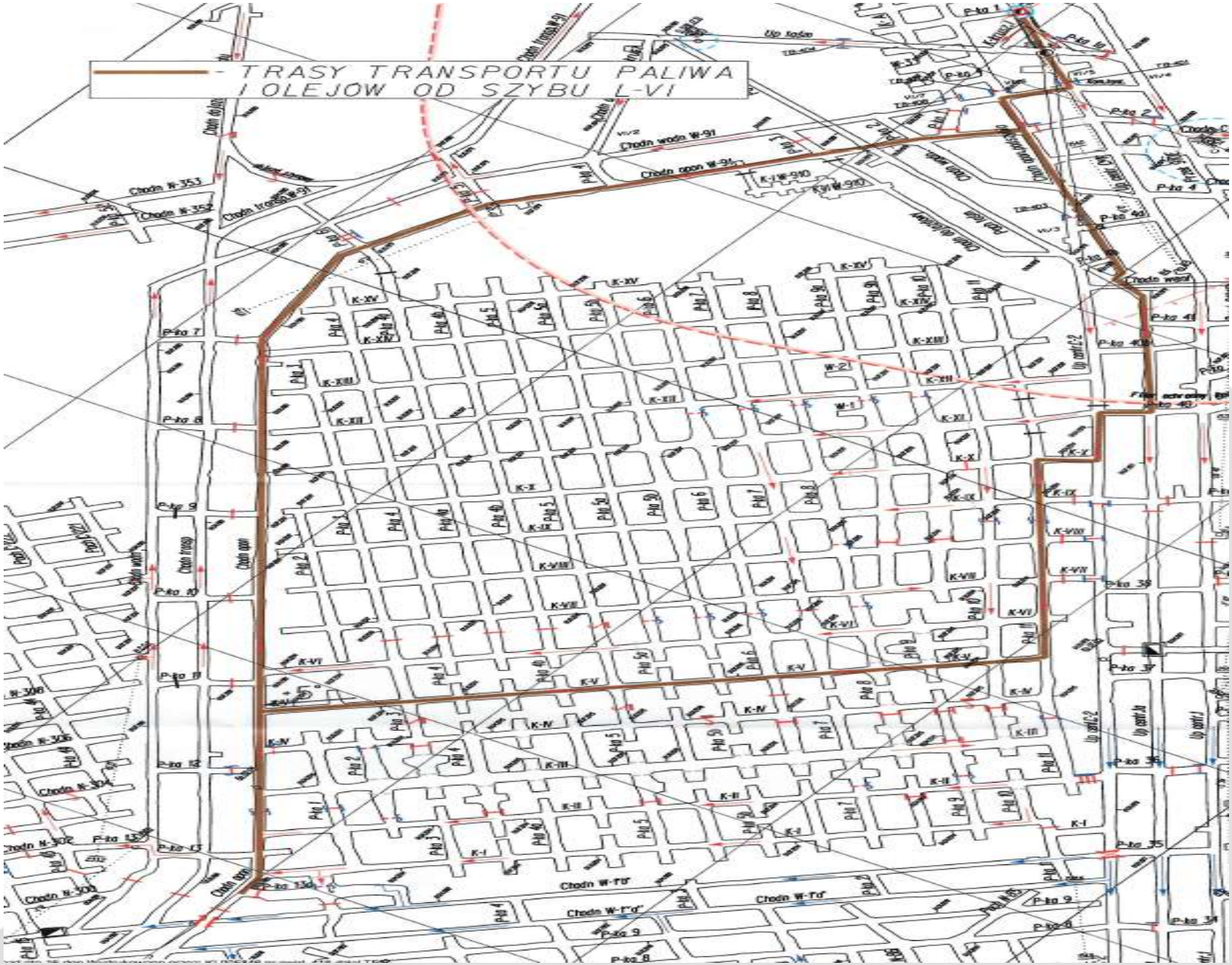
Olej napędowy	Nr fabryczny	Nr kop	Nr inwentarzowy	rok	typ
1	LW-01/18	90	60400000090	2018	NK-0745
2	LW-02/18	91	60400000091	2019	NK-0745
3	LW-03/18	92	60400000092	2019	NK-0745
4	LW-04/18	93	60400000093	2019	NK-0745
5	LW-01/19	101	60400000101	2019	NK-0745
6	LW-02/19	102	60400000102	2019	NK-0745
7	LW-03/19	103	60400000103	2019	NK-0745
8	LW-04/21	104	60400000104	2021	NK-0745
9	LW-05/21	105	60400000105	2021	NK-0745
10	LW-06/21	106	60400000106	2021	NK-0745
11	LW-07/21	107	60400000107	2021	NK-0745
Olej zużyty					
1	LW-05/18	96	60400000096	2019	NK-0745
2	LW-04/19	100	60400000100	2019	NK-0745
Olej hydrauliczny/przekładniowy					
1	LW-01/18	98	60400000098	2018	
2	LW-02/18	97	60400000097	2018	
Olej hydrauliczny					
1	LW-01/19	99	60400000099	2019	NK-0745.46
Woda					
1	LW-01/18	94	60400000094	2018	
2	LW-02/18	95	60400000095	2018	

KGHM

Transport zbiorników kontenerowych między szybem, a komorą paliw

Transport paliwa i olejów oraz wody zdemineralizowanej z szybu L-VI oraz oleju przepracowanego (zużytego) do szybu odbywa się za pomocą Górniczego Transportera Podnośnikowego (widłowego) typu GTP-16 lub GTP-2100 w kontenerowych zbiornikach magazynowych NK-0745. Każdy zbiornik przed transportem jest po zatankowaniu zaplombowany.
Transport produktów rafineryjnych, petrochemicznych w opakowaniach fabrycznych z szybu L-VI odbywa się za pomocą Górniczego Transportera Podnośnikowego (widłowego) typu GTP-16 lub GTP-2100 w pojemnikach kontenerowych.
Pozostały dołowy transport kopalniany jest realizowany za pomocą środków transportu oponowego takich jak pojazdy paliwowo-smarownicze (SWPS) do transportu paliwa, olejów, płynów eksploatacyjnych oraz pojazdy typu SWT lub SWTM (do transportu innych drobnych czynników eksploatacyjnych, jak środki smarne, chłodzące, itp.).
Paliwa, oleje smary oraz pozostałe płyny eksploatacyjne są dostarczane transporterem GTP-16 lub GTP-2100 w zbiornikach kontenerowych lub w kontenerach z podszybia L-VI do pomieszczenia manewrowego komory paliw, skąd zbiorniki kontenerowe są ustawiane w pomieszczeniu magazynowym na postumencie w specjalnych prowadnicach.
Możliwe jest alternatywne dostarczenie oleju napędowego i oleju hydraulicznego pojazdami paliwowo-smarowniczymi (SWPS) .
Opakowania fabryczne są transportowane do pomieszczenia magazynowego za pomocą ręcznego wciągnika jednobelkowego przejezdnego (o nośności Q = 1 T).
Pojemniki do dystrybutora płynu AdBlue są transportowane za pomocą transportera GTP-16 lub GTP-2100 od strony stanowiska tankowania i wymieniane są zgodnie z DTR dystrybutora tego płynu.
Przed wstawieniem zbiorników kontenerowych lub beczek (opakowań fabrycznych) do miejsc, z których nastąpi dystrybucja ich zawartości należy to miejsce zwolnić po przez odtransportowanie opróżnionych zbiorników kontenerowych lub pustych opakowań fabrycznych (wyjątek stanowi zbiornik kontenerowy z olejem zużytym / przepracowanym , który należy wywieźć pełny).

Trasa transportu materiałów petrochemicznych



Podsumowanie

Pierwsza dostawa ON w kontenerach na L-VI miała miejsce 07.04.2020r.

Od tego czasu opuszczonych zostało 1 091 sztuk niebieskich zbiorników kontenerowych NK-0745.

Łącznie opuszczono w kontenerach 4 326 000 litrów oleju napędowego.







KGHM

KGHM

Dziękuję za uwagę

Przenośnik zgrzebłowy do prac ratowniczych typu PRJZR-400

SCRAPER CONVEYOR FOR EMERGENCY RESCUE OPERATION PRJZR-400

Rafał Rychter
Adam Bosowski
Jarosław Konsek
Łukasz Filar
Jan Świtlik
Jastrzębskie Zakłady Remontowe Sp. z o.o., Jastrzębie-Zdrój

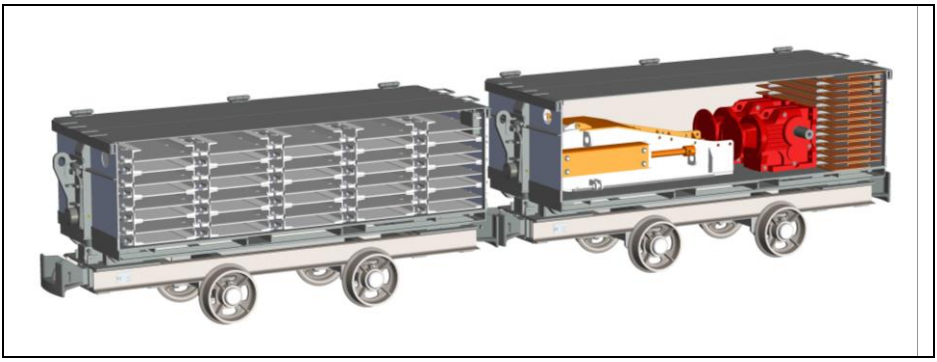
STRESZCZENIE: Przenośnik zgrzebłowy do prac ratowniczych typu PRJZR-400 przeznaczony jest do stosowania w wszystkich miejscach, gdzie istnieje konieczność szybkiego dotarcia do osób poszkodowanych lub przygotowania miejsca zdarzenia pod właściwą akcję ratunkową tj. w kopalniach, placach budowy, w miejscach kataklizmów takich jak trzęsienia ziemi. Lekka i modułowa budowa urządzenia pozwala na szybki transport poszczególnych jego elementów do miejsca docelowej zabudowy, a wprowadzona uniwersalność konstrukcji umożliwia dowolną jego konfigurację, zależnie od wymaganej długości (max. 40 m) , czy medium zasilania – napięcie elektryczne, sprężone powietrzne, emulsja wodna lub woda pod odpowiednim ciśnieniem. Urządzenie jest transportowane w specjalnych kontenerach, które dzięki swojej budowie można przewozić na platformach kołowych lub za pomocą transportu podwieszanego.

ABSTRACT: The scraper conveyor is designed to be used in all places where there is a need to quickly reach the injured or prepare the scene for a proper emergency rescue operation, i.e. in mines, construction sites, in places of natural disasters such as earthquakes. The light and modular structure of the conveyor allows for quick transport of its individual elements to the final location, and the introduced universal design of the structure enables adaptable configuration, depending on the required length (max. 40m), or the supply medium - electric voltage, compressed air, water emulsion or water under suitable pressure. The conveyor is transported in special containers, which, thanks to their construction, can be transported on wheeled platforms or by suspended transport.

SŁOWA KLUCZOWE: Przenośnik zgrzebłowy, ratownictwo, transport rannych

Jastrzębskie Zakłady Remontowe Sp. z o.o. przy współpracy z Centralną i Okręgowymi Stacjami Ratownictwa Górniczego skonstruowały i wyprodukowały nowy innowacyjny przenośnik zgrzebłowy typu PRJZR-400, który jest przeznaczony do wszelkich prac ratowniczych, prowadzonych w miejscach, gdzie istnieje konieczność szybkiego dotarcia do osób poszkodowanych lub przygotowania miejsca zdarzenia pod właściwą akcję ratunkową, tj. w kopalniach, placach budowy, w miejscach kataklizmów takich jak trzęsienia ziemi i zawalenia [1,4]. Lekka i modułowa budowa urządzenia pozwala na szybki transport poszczególnych jego elementów do miejsca docelowej zabudowy, a wprowadzona uniwersalność konstrukcji umożliwia

dowolną jego konfigurację, zależnie do wymaganej długości (max. 40 m) , czy medium zasilania – napięcie elektryczne, sprężone powietrzne, emulsja wodna lub woda pod odpowiednim ciśnieniem. Urządzenie jest transportowane w specjalnych kontenerach, które dzięki swojej budowie można przewozić na platformach kołowych lub za pomocą transportu podwieszanego. Dodatkowo przenośnik przystosowano do zabudowy specjalistycznych nadstawek które można wykorzystać do zabudowy noszy przeznaczonych do transportu rannych [2], lub kontenerów z narzędziami i specjalistycznym sprzętem wykorzystywanym przez ratowników w trakcie prowadzonej akcji.



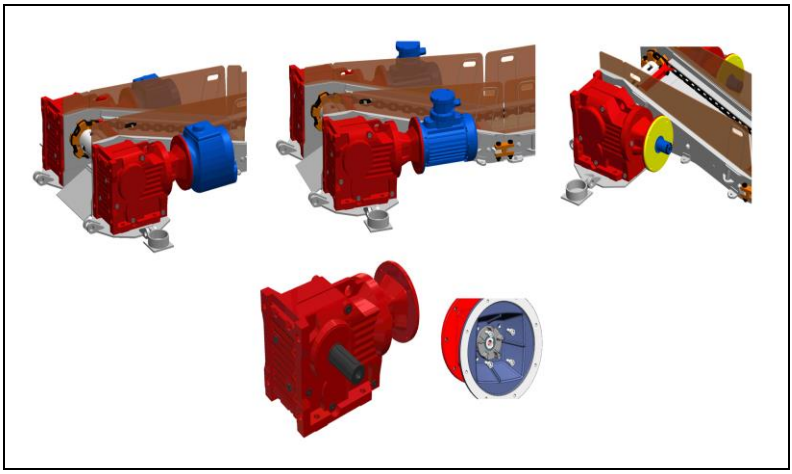
Rys. 1. Transport w uniwersalnych kontenerach
Figure 1. Transport in universal containers



Rys. 2. Transport poszkodowanego [5]
Figure 2. Transportation of the injured person [5]

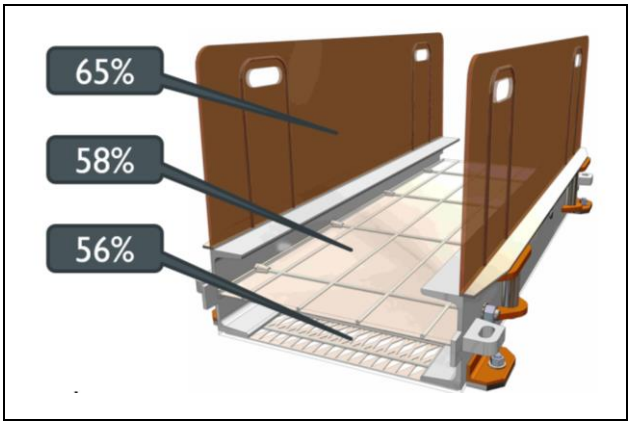
Celem wdrożonego projektu było opracowanie urządzenia, które mogłoby mieć zastosowanie w trakcie prowadzenia wszelkich akcji ratowniczych, niezależnie od miejsca jej prowadzenia oraz dostępnych mediów [3]. Dlatego też, już na etapie koncepcyjnym należało przewidzieć zastosowanie i wprowadzić później do konstrukcji następujące możliwości:

- unifikacji napędów (różnych rodzajów silników: elektrycznych, pneumatycznych i hydraulicznych),



Rys. 3. Zabudowa różnych rodzajów silników (elektrycznego, pneumatycznego i hydraulicznego) do jednej przekładni
Figure 3. Installation of various types of motors (electric, pneumatic and hydraulic) in one gearbox

- zastosowania innowacyjnych lekkich materiałów (w przenośniku zastosowano poliuretan charakteryzujący się właściwościami zbliżonymi do stali trudnościeralnych, przy równoczesnym obniżeniu masy elementów z niego wykonanych o około 60%),



Rys. 4. Obniżenie masy elementu
Figure 4. Part weight reduction

Tabela 1. Zalety zastosowania poliuretanu
Table 1. Advantages of using polyurethane

Element	Masa [kg]		Obniżenie masy elementu [%]
	Wykonanie z poliuretanu	Wykonanie z stali	
Płyta ślizgowa segmentu trasy	11,4	27,1	58%
Płyta zamykająca segmentu trasy	7,4	16,7	56%
Zastawka segmentu trasy	3,7	10,5	65%
Kompletny segment trasy	62,0	93,8	34%

- modułowości konstrukcji,



Rys. 5. Modułowa budowa urządzenia [5]
Figure 5. Segment construction of the device [5]

- szybkiego transportu,
- transportu rannych,
- transportu na „czoło prac" kontenerów z specjalistycznym sprzętem ratowniczym.

Ponadto w ramach realizowanego projektu, przeprowadzono szereg spotkań zarówno z potencjalnymi użytkownikami jak i przedstawicielami producentów elementów handlowych, celem których była wymiana doświadczeń, a także wypracowanie wspólnej wizji urządzenia opartej na posiadanych doświadczeniach. W trakcie tych konsultacji analizie poddano najważniejsze parametry techniczne urządzenia m.in.:

- długość całkowita przenośnika,
- długość i szerokość jednego segmentu trasy,
- wielkość i prędkość łańcucha,

- wydajność,
- konfiguracja układów napędowych,
- czas przygotowania urządzenia do pracy,
- wykorzystanie przenośnika do innych pomocniczych prac o niewielkiej wydajności i krótkim czasie eksploatacji.

Efektem tych prac było wypracowanie przedstawionych poniżej założeń technicznych, które finalnie zostały wprowadzone do nowego urządzenia.

Tabela 2. Parametry techniczne
Table 2. Technical specifications

L.p.	**Parametr**	**Wartość**		
1	Nazwa i typ	PRJZR-400		
2	Ilość jednostek napędowych	1 lub 2		
3	Maksymalna długość przenośnika	40 [m]		
4	Typ jednostki napędowej	Silnik elektryczny	Silnik hydrauliczny	Silnik pneumatyczny
5	Maksymalny moment silnika	49,4 [Nm]	63 [Nm]	47,4 [Nm]
6	Ciśnienie / napięcie zasilania	500 / 1000 [V]	2,2 – 2,8 [bar]	4 [bar]
7	Układ napędu	Wysyp prosty		
8	Łańcuch (ilość pasm / wielkość)	2 / 14x50 [mm] o podwyższonych parametrach		
9	Prędkość łańcucha	0,6 [m/s]		
10	Rynnociąg: • Szerokość • Profil • Długość koryta • Grubość płyty ślizgowej • Wytrzymałość złączy między rynnami	400 [mm] C 140E 1000 [mm] 8 [mm] 2 x 50 [kN]		
11	Maksymalne nachylenie wzdłużne przenośnika	±18 [˚]		
12	Maksymalny kąt przegięcia poziomego rynien	±2,0 [˚]		
13	Maksymalny kąt przegięcia pionowego rynien	±2,5[˚]		

Przenośnik został nagrodzony złotymi i srebrnymi medalami na licznych międzynarodowych konkursach, oraz odznaczony medalem platynowym za najlepszy wynalazek w branży na XIV Międzynarodowych Targach Wynalazków i Innowacji INTARG® 2021 KATOWICE, które odbywały się pod głównym honorowym patronatem Ministerstwa Rozwoju, Pracy i Technologii.

LITERATURA

[1] Szlązak J., Szlązak N. 2014: Ratownictwo górnicze
[2] Drwięga A. 2015: Maszyny Górnicze 4/2015 – Zespół urządzeń do wykonywania przekopu ratowniczego str. 9-15.
[3] 2nd Annual Report Research Programme of the Research Fundfor Coal and Steel - RFCR-CT-2012-00002, 2015 Enhanced effectiveness and safety of rescuersinvolved in high risk activities by designing innovativerescue equipment systems - INREQ.
[4] Dz.U.2020.1123 16czerwiec 2021 – Rozdział 3 Organizowanie i prowadzenie akcji ratowniczej – Państwowa Straż Pożarna
[5] Dokumentacja zdjęciowa JZR Sp. z o.o.

Informacja o oszczędności energii i jej rola w procesie podejmowania decyzji zarządczych

Information on Energy Savings and its Role in the Process of Making Management Decisions

Mariusz Sangórski
KGHM Polska Miedź S.A.

STRESZCZENIE: Pojęcie „oszczędności energii" często bywa rozumiane jako różnica w zużyciu energii w dwóch różnych okresach – „bazowym" i „raportowania". Takie intuicyjne rozumienie jest niezgodne z definicją „oszczędności" wyrażoną w aktach prawnych i może prowadzić do podejmowania – nawet w najlepszej wierze – błędnych decyzji zarządczych. W tym kontekście, prawidłowe określenie wielkości osiągniętych oszczędności jest kluczowe dla podjęcia decyzji, których rezultatem, w konsekwencji skutecznie przeprowadzonych działań proefektywnościowych, ma być poprawa efektywności energetycznej przedsiębiorstwa. Celem pracy jest przedstawienie łatwej w zastosowaniu metody oceny jakości informacji o oszczędności a także wskazówki, jak prawidłowo tę oszczędność określić.

SŁOWA KLUCZOWE: Oszczędność energii, energetyczna linia bazowa, okres bazowy, okres raportowania.

ABSTRACT: The concept of "energy savings" is often understood as the difference in energy consumption in two different periods - "baseline" and "reporting". However, such an intuitive understanding is inconsistent with the definition of "savings" expressed in legal acts and may lead to making wrong management decisions even in the best faith. In this context, the correct determination of the amount of achieved savings is crucial for making the right decisions allowed, as a consequence of effectively conducted pro-efficiency measures, to improve the enterprise's energy efficiency. This work aims to demonstrate an easy-to-use method of assessing the quality of information about savings and guidelines on determining these savings correctly.

KEYWORDS: Energy Performance Improvement, Energy Saving, Energy Baseline, Baseline Period, Reporting Period.

1. WSTĘP

1.1. Wprowadzenie

„Oszczędność energii" jest miernikiem rezultatu działań, zamierzonych lub nie, wpływających na poprawę (lub pogorszenie) efektywności energetycznej[1]. Zatem rozważając pojęcie „oszczędności energii" powinno rozważać się kwestie poprawy efektywności energetycznej rozumianej jako cel do osiągnięcia, określony m.in. w europejskich [1, 2, 3] i krajowych aktach legislacyjnych [4].

Dlaczego należy poprawiać efektywność energetyczną? Ponieważ przedsiębiorstwo lepiej gospodarując zużywaną energią poprawia swoją pozycję na rynku, umożliwiając sobie przetrwanie a więc i ochronę swoich pracowników. To ważny powód – ale ważniejszym jest ochrona środowiska, którego stan ma wpływ na wszystkich.

Poprawę efektywności energetycznej można traktować jako proces, w którym „oszczędność", będąca wskaźnikiem skuteczności podejmowanych działań, jest jednym z mierników jakości tego procesu. Tam, gdzie taka informacja jest wykorzystywana do podejmowania decyzji, powinna ona odzwierciedlać rzeczywistość. Czy jest możliwe, że wyznaczona, nawet zgodnie z normami, wielkość oszczędności będzie informacją o niskiej jakości i, jako taka, będzie nie tylko nieprzydatna ale i zarządczo szkodliwa? Tak, to możliwe. Stan taki może być rezultatem zaistnienia kilku czynników, takich jak:

- brak świadomości adresata do czego wiedza o oszczędności jest mu potrzebna a więc i czego tak naprawdę chce się dowiedzieć;
- różne rozumienie określenia „oszczędność" – i to zarówno przez adresatów informacji jak i jej autorów;
- nieweryfikowanie jakości informacji przez jej odbiorców – czyli przyjmowanie informacji „na wiarę".

Nietrafione decyzje skutkują obniżeniem wartości przedsiębiorstwa, zmniejszeniem jego konkurencyjności oraz, co najważniejsze, postępującą degradacją postaw pracowniczych, dlatego w niniejszej pracy zaprezentowano sposób obsługi ryzyka związanego z niskiej jakości informacją zarządczą.

Wykorzystana metoda polega na wyjaśnieniu, czym jest „oszczędność"– w jej aspekcie prawnym, normatywnym i pragmatycznym – prezentacji sposobu jej określenia oraz dostarczeniu kryteriów oceny jakości przedstawianej informacji o „oszczędności", których zastosowanie wpłynie pozytywnie na skuteczność zarządzania.

Bazę pojęć wykorzystywanych w niniejszej pracy stanowi norma PN-EN ISO 50001:2018-09, ponieważ do tej normy odwołuje się Ustawa o efektywności energetycznej [3].

1.2. Poprawa efektywności energetycznej

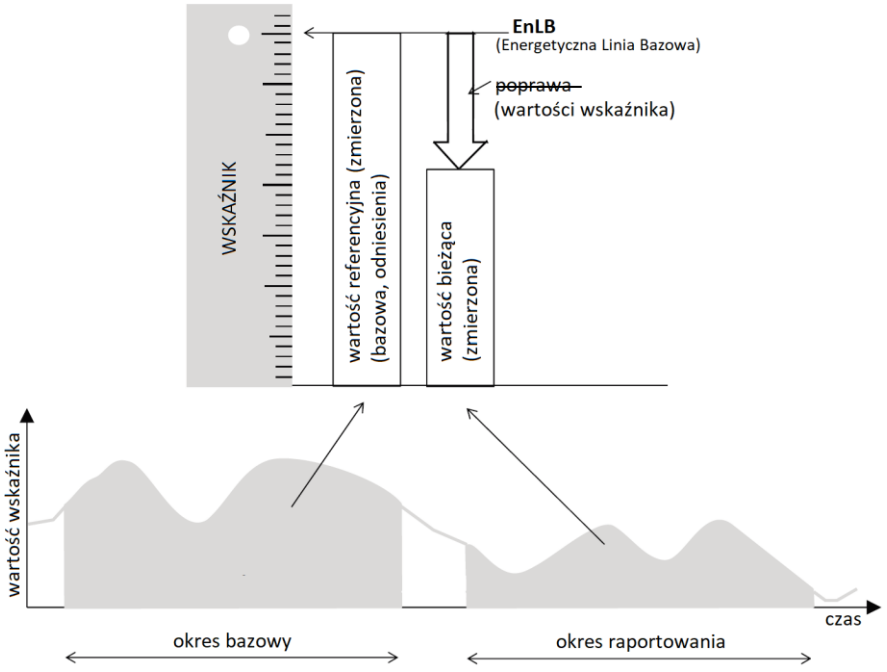
Efektywność energetyczna to „*stosunek uzyskanych wyników, usług, towarów lub energii do wkładu energii*" [1]. Poprawa efektywności to „*zwiększenie efektywności końcowego wykorzystania energii dzięki zmianom technologicznym, gospodarczym lub zmianom zachowań*" [1], podobnie jak w [5, 6]. Odwrotnością efektywności jest energochłonność którą można zdefiniować jako „*stosunek wkładu energii do uzyskanych wyników, usług, towarów lub energii*". Obie miary są równoprawne [2] choć odzwierciedlają nieco inną perspektywę postrzegania celu stosowania miary: przy efektywności uwagę kierujemy na zwiększenie wydajności przy

[1] W Dyrektywie [2] „oszczędność energii" jest opisywana jako „wartość efektywności energetycznej".

stałym zużyciu energii, przy energochłonności koncentrujemy się na zmniejszeniu zużycia energii potrzebnym do wytworzenia jednostki produktu procesu. Organizacja powinna zdecydować, którą z miar wykorzystywać przy świadomości jej percepcji przez jej użytkowników. W KGHM, gdzie celem nadrzędnym jest zmniejszenie zużycia energii przy niezmienionym wolumenie produkcji wykorzystywana jest „energochłonność".

Co zatem oznacza sformułowanie „poprawa efektywności" czyli także „poprawa energochłonności": czy możemy mówić o poprawie energochłonności jeśli uległa ona zmniejszeniu (np. rok do roku)? Czy zwiększenie energochłonności oznacza jej pogorszenie? Niekoniecznie.

Porównanie różnych wartości wskaźnika źródłowego (tu: energochłonności) jest przeprowadzane najczęściej w dziedzinie czasu, np. rok do roku (czyli porównujemy wartości średnioroczne w dwóch różnych, zwykle kolejnych latach). Nazwijmy rok wcześniejszy okresem bazowym a późniejszy okresem raportowania. Porównujemy zatem np. średnioroczną wartość z okresu bazowego (wartość referencyjną, bazową, odniesienia – określaną także jako Energetyczna Linia Bazowa, EnLB [8, def. 3.4.7]) i z okresu raportowania (wartość bieżącą, zmierzoną) a wynikiem porównania jest ich różnica. Takie podejście prezentowane jest w normie ISO 50006, skąd pochodzi ilustrujący je rysunek 1.



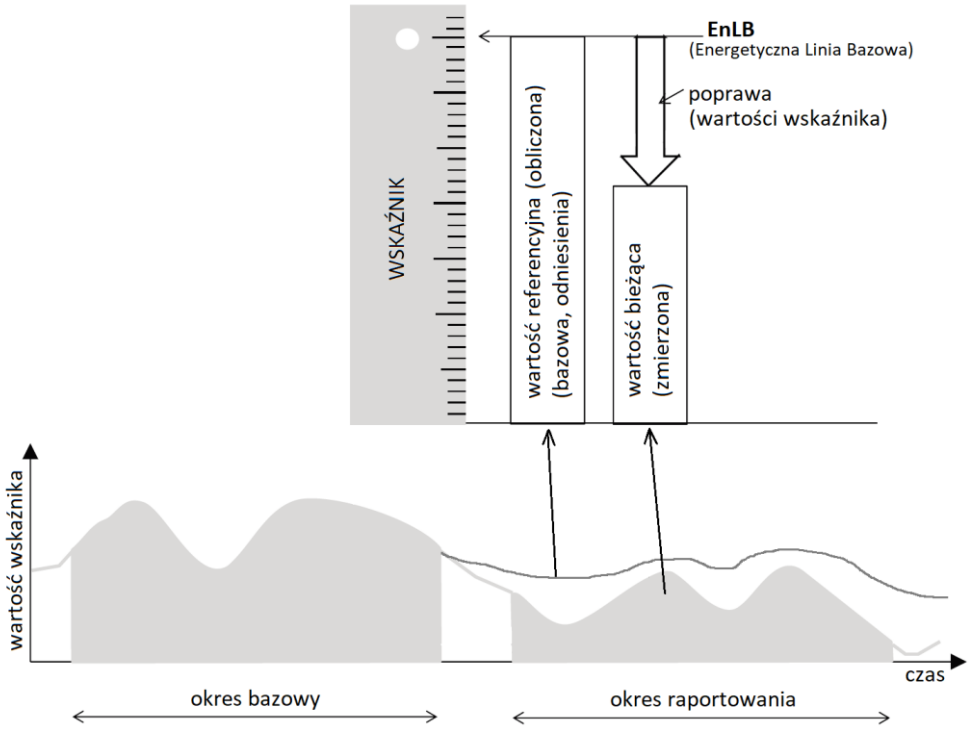
Rys. 1. Koncepcja określenia **zmiany** wartości wskaźnika na podstawie porównania jego wartości zmierzonych w dwóch różnych okresach (źródło [7], rysunek 3 po edycji autora)
Figure 1. Concept of determining the EnPI value change based on comparing of the measured EnPI value from different periods (source: [7], fig. 3 edited by author)

Rysunek wymaga kilku objaśnień.
W oryginalnej normie ISO 50006 (która nie ma statusu Polskiej Normy) na określenie różnicy między wartościami wskaźników użyto słowa "*improvement*". Mimo, że to określenie nie jest prawidłowe pozostawiono je (choć przekreślone) dla zachowania zgodności z oryginałem, dodano jednak określenie prawidłowe („zmiana").
Drugą kwestią jest wyjaśnienie pojęcia „Energetycznej Linii Bazowej, **EnLB**", które w PN-EN ISO 50001:2018-09 zdefiniowane jest następująco: „*odniesienie(-a) ilościowe stanowiące podstawę do porównywania wyniku energetycznego*" [8, def. 3.4.7]. Oznacza to, że EnLB jest po prostu wartością odniesienia, do której porównywana jest wartość bieżąca. Zaznaczyć należy, że choć EnLB bazuje na danych z ustalonego okresu, ten nie jest definicyjnie ustalony.
Wyjaśnienia wymaga jeszcze pojęcie „wyniku energetycznego" zdefiniowanego następująco: „*wynik energetyczny - wymierny(-e) rezultat(-y) związany(-e) z efektywnością energetyczną, wykorzystaniem energii i zużyciem energii*" [8, def. 3.4.3], co oznacza, że przez „wynik energetyczny" należy rozumieć jakąkolwiek miarę związaną z zarządzaniem energią: jej zużycie (konsumpcję), efektywność jej wykorzystania lub sposób jej wykorzystania.

Zdefiniowany w sposób wyżej opisany **nowy wskaźnik** wynikowy, **którym jest zmiana energochłonności** jest wskaźnikiem ilościowym, którego wartość „odpowiada na pytanie": „o ile wartość się zmieniła w rozważanym okresie". W przypadku energochłonności możemy powiedzieć, np. że w ciągu roku energochłonność wzrosła (zmieniła się o + wartość). Oczywiście, zwiększenie energochłonności nie jest pożądane jednak stwierdzenie, że energochłonność się pogorszyła, nie jest uprawnione. Zamiana stwierdzenia „niepożądane" na ocenę „pogorszenie" jest zmianą typu oceny (z ilościowej na jakościową) i może prowadzić do błędnych decyzji zarządczych. Prawidłowa ocena jakościowa musi opierać się na wskaźniku jakościowym, bazującym na porównaniu dwóch wartości wskaźnika źródłowego (energochłonności) odzwierciedlającego identyczne warunki pomiarowe. Kwestia dokonywania porównania w identycznych warunkach pomiarowych jest kwestią fundamentalną i jako taka traktowana jest w wielu standardach „jakościowych", [6, 7, 9, 10, 11, 12, 13]. Uzyskanie takich warunków w dwóch różnych okresach jest mało prawdopodobne dlatego należy porównywać wartości z tego samego okresu, okresu raportowania. Ale aby dokonywać porównania potrzebne są dwie różne wartości a mamy tylko jedną, energochłonność zmierzoną w okresie raportowania. Skąd wziąć drugą wartość? Trzeba ją oszacować, obliczyć.
Wartość ta ma odpowiadać na pytanie: jaka byłaby wartość wskaźnika, gdyby proces funkcjonował tak jak w okresie wcześniejszym (poprzednio zwanym okresem bazowym ale teraz już nie) ale w warunkach jak w okresie raportowania. Aby obliczyć tę wartość należy opisać sposób funkcjonowania procesu w okresie wcześniejszym – np. za pomocą modelu matematycznego odzwierciedlającego zależność zmiennej zależnej (tu: energochłonności) od czynników, które na tę energochłonność wpływają – w modelowaniu określane są one jako zmienne niezależne, a mogą nimi być np. czynniki pogodowe (temperatura, ciśnienie), wydajność procesu wyrażona wolumenem produkcji itp. Różnica między wartością energochłonności rzeczywistej (zwaną wartością zmierzoną) w okresie raportowania a obliczoną, hipotetyczną energochłonnością w okresie raportowania (zwaną też wartością przewidzianą lub estymowaną) jest wartością nowego wskaźnika – jest to wskaźnik jakościowy nazywany poprawą, tu: poprawą energochłonności.
Koncepcja ta, tyle, że z użyciem innego nazewnictwa, jest powszechnie stosowana i opisana także w standardach [6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19]. Konsternację może budzić stwierdzenie, że obie koncepcje (ilościowa i jakościowa) opisane są w normie ISO 50006:2014 – jest to efekt konstrukcji normy, która będąc w zamiarze autorów, źródłem szczegółowej wiedzy nt.

stosowania metody oceny wyniku energetycznego na podstawie porównania wartości wskaźników: bieżących z bazowymi, jest równocześnie wewnętrznie niespójna (co jest przyczyną wprowadzania w błąd czytelników podchodzących do norm literalnie).

Koncepcję wskaźnika jakościowego ilustruje rysunek 2 przedstawiający odpowiednio zmodyfikowaną wersję rysunku 1.



Rys. 2. Koncepcja określenia poprawy wartości wskaźnika na podstawie porównania jego wartości obliczonej i zmierzonej – obu w okresie referencyjnym (źródło [7], rysunek 3 po edycji autora)
Figure 2. Concept of determining the EnPI value improvement based on comparing of the EnPI value calculated and measured from reporting period (source: [7], fig 3 edited by author)

Czy zatem jest możliwe, że energochłonność uległa zwiększeniu a mimo to nastąpiła jej poprawa? Jak najbardziej. Zwykle jest tak dlatego, że skutkiem zrealizowanych działań proefektywnościowych energochłonność zmniejszyła się w porównaniu do energochłonności, którą charakteryzowałby się proces gdyby tych działań nie przeprowadzono. Dokonanie oceny jakościowej na podstawie wskaźnika ilościowego w takiej sytuacji doprowadziłoby do wniosku, że przeprowadzone działania proefektywnościowe były nieskuteczne – co przecież w rozważanej sytuacji nie miało miejsca. Nieprawidłowy wniosek może skutkować nieprawidłową decyzją (np. „należy zaniechać działań proefektywnościowych") której szkodliwość dla organizacji pozostaje poza dyskusją. Skoro energochłonność się poprawiła skąd zatem jej wzrost? W rozważanym przypadku zwiększenie energochłonności mogło być efektem wpływu jakiegoś czynnika związanego z procesem (np. pogorszeniem warunków w jakich proces był realizowany).

1.3. Oszczędność energii - przegląd normatywów

Bezpośrednim rezultatem poprawy efektywności jest zawsze poprawa zużycia energii, definiowana podobnie jak poprawa energochłonności. Miernik tej poprawy to „oszczędność energii" i w aktach prawa międzynarodowego jest zdefiniowana następująco: „*ilość zaoszczędzonej energii ustalona poprzez pomiar lub oszacowanie zużycia przed i po wdrożeniu jednego lub kilku środków poprawy efektywności energetycznej przy jednoczesnym zapewnieniu normalizacji warunków zewnętrznych wpływających na zużycie energii*;" [1]. W Ustawie [4] „oszczędność energii" została zdefiniowana podobnie: „*ilość energii stanowiącą różnicę między energią potencjalnie zużytą przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację w danym okresie, przed zrealizowaniem jednego lub kilku przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej, a energią zużytą przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację w takim samym okresie, po zrealizowaniu tych przedsięwzięć i po uwzględnieniu znormalizowanych warunków zewnętrznych wpływających na zużycie energii;".*
Autor niniejszej pracy (oraz ustawodawcy krajowi) uznają, że definicje te, jako mające wartość praktyczną, są definicjami wzorcowymi – nawet, jeśli inne definicje oszczędności pojawiły się wcześniej.

Pojęcie „oszczędności" bywa rozumiane odmiennie od zamierzeń autorów Dyrektyw [1, 2, 3] i ustawodawcy [4]: intuicyjnie (jako rezultat nieprawidłowej interpretacji wskaźnika ilościowego) lub zgodnie ze standardami międzynarodowymi, w tym normami ISO, w których to pojęcie jest definiowane różnie. Można zatem, posługując się standardami, określić oszczędność energii i nie będzie ona informacją zgodną z definicją wzorcową ani miarodajną a jej wykorzystanie może spowodować błędne decyzje zarządcze.

Zgodnie z Dyrektywą [2] Ustawą [4] i ISO 50001[8], ogólna formuła pozwalająca określić poprawę wyniku energetycznego (oszczędności, poprawy efektywności lub energochłonności - $\boldsymbol{\Delta E}$) może zostać zapisana następująco:

$$\boldsymbol{\Delta E} = \textit{wartość EnLB (obliczona)} - \textit{wartość bieżąca (zmierzona)} \quad (1)$$

Różnice w określaniu „oszczędności" mają swoje źródło w różnej terminologii, różnie określanej EnLB i różnie przyjmowanej wartości bieżącej.

W tabeli 1 zaprezentowano wyniki analizy przykładowych norm i standardów, odnoszących się do kwestii oszczędności. Ponieważ większość tych standardów nie ma swoich polskich wersji, autor zachował oryginalne sformułowania. Celem prezentacji tych informacji jest zademonstrowanie, jak bardzo standardy odnoszące się do tej samej kwestii (poprawy wyniku energetycznego wyrażonej przez poprawę efektywności lub oszczędność energii) i wykorzystujące jedno z dwóch dostępnych podejść (lub oba na raz): ilościowe lub jakościowe, są ze sobą niespójne na poziomie słownictwa i na poziomie rozumienia koncepcji jako takiej. Niespójność ta może prowadzić do nieporozumień, jeśli komunikacja między stronami bazuje na literalnym podejściu do pojęć zamiast na zrozumieniu desygnatów tych pojęć.

Ponieważ podejście jakościowe jest jedynym, którego wykorzystanie zapewnia wsparcie skutecznego procesu decyzyjnego w obszarze zarządzania energią, w tabeli 1 oznaczono je kolorem zielony. Zaznaczyć należy, że kwalifikacja stosowanego podejścia jako ilościowe lub jakościowe bazuje na analizie treści standardu i prezentuje stanowisko autora zestawienia.

Tabela 1. Podsumowanie prezentowanych w standardach zarządzania energią podejść dot. oszczędności.
Table 1. Summary of the energy management standards approaches to determine energy saving.

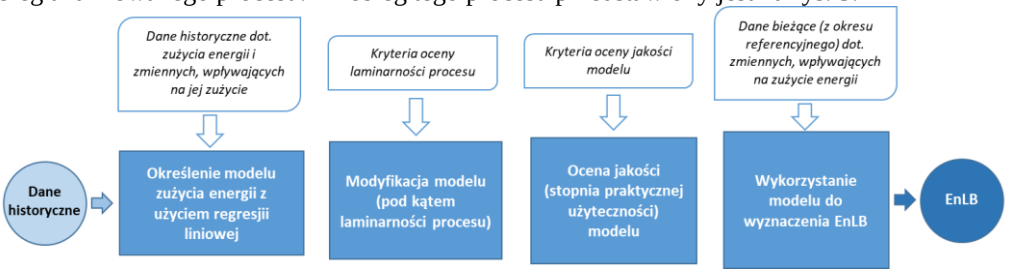
nazwa standardu	stosowana w standardzie nazwa wskaźnika efektywności	typ wskaźnika	formuła wyznaczania wartości wskaźnika efektywności
ISO 50001:2018 [8]	poprawa wyniku energetycznego	ogólny	**ΔE** = EnB - improvement in energy efficiency/consumption
		ilościowy	**ΔE** = Reference EnPI value - current EnPI value
		jakościowy	**ΔE** = expected energy consumption - actual energy consumption
PN-EN 16212:2012 [18]	poprawa efektywności energetycznej, oszczędność energii (całkowita, autonomiczna, indukowana prawnie, dodatkowa)	ilościowy	**ΔE** top-down = reference energy consumption (from the base year)- energy consumption in the considered period
		jakościowy	**ΔE** bottom-up = energy consumption in the absence of end-user-actions - energy consumption after end-user actions
ISO 50006:2014 [7]	poprawa wyniku energetycznego	ilościowy	**ΔE** = Total energy consumption of baseline period - Total energy consumption of reporting period
		ilościowy	**ΔE** = Reference EnPI value - current EnPI value
		jakościowy	**ΔE** = Erep_est - E rep_act
		jakościowy	**ΔE** = normalized EnB - Energy reported actual
		ilościowy	**ΔE** = expected energy consumption - Energy reported actual
		jakościowy	**ΔE** = Energy reported estimated - Energy reported actual
		ilościowy	**ΔE** = Reference EnPI - current EnPI
		ilościowy	**ΔE** = EnB - current EnPI
ISO 13273-1:2015 [5]	poprawa efektywności energetycznej, oszczędności energii	jakościowy	***ΔE*** *= energy consumption following implementation of an energy performance improvement action*
ISO 17741:2016 [9]	oszczędności energii	jakościowy	***ΔE*** *= Adjusted energy baseline - energy consumption during the reporting period*
ISO 17742:2015 [6]	poprawa efektywności energetycznej, uznane oszczędności, oszczędności energii zrealizowane, oczekiwane	jakościowy	***ΔE*** *= energy baseline - energy consumption*
ISO 17743:2016 [14]	oszczędności energii	ilościowy	***ΔE*** *unadj. = Energy baseline - energy consumption during the reporting period*
		jakościowy	***ΔE*** *adj. = Adjusted energy baseline - energy consumption during the reporting period*
ISO 50046:2019 [15]	oszczędność energii	ilościowy	***ΔE*** *= EnB - (predicted) energy consumption*
ISO 50047:2016 [16]	oszczędność energii	jakościowy	***ΔE*** *= EnB after adjusting - (predicted) energy consumption*
		jakościowy	***ΔE*** *= normalized EnB - (predicted) energy consumption*
		ilościowy	***ΔE*** *= EnB - (predicted) energy consumption*
ISO 50015:2014 [17]	poprawa wyniku energetycznego	jakościowy	**ΔE** = EnB - measurable results of energy efficiency, or energy consumption related to energy use
ASHRAE [11]	oszczędności, oszczędności energii, "uniknięte" użycie energii	jakościowy	***ΔE*** *= preretrofit baseline - postretrofit reporting period*
Energy Baseline Methodologies for Industrial Facilities [13]	oszczędności energii, poprawa wyniku energetycznego	jakościowy	***ΔE*** *= Expected consumption - Actual consumption*
		jakościowy	***ΔE*** *= EnB with adjustments - Actual consumption*
UNIDO [12]	oszczędność, oszczędności energii	ilościowy / jakościowy	***ΔE*** *= EnB - considered consumption (actual or future)*
M&V Guidelines [19]	oszczędności	jakościowy	ΔE (Savings) = (Baseline Energy − Post-Installation Energy) ± Adjustments
The Uniform Methods Project [20]	oszczędności: projektowane, przejęte, ocenione, brutto, netto	ilościowy / jakościowy	Energy Savings = (Baseline-Period Energy Use – Reporting-Period Energy Use) ± Adjustments

Problematyka systemowego zarządzania energią w Polsce bazuje na normie międzynarodowej ISO 50001:2018 [8] a więc i występujące w tej normie słownictwo powinno być wykorzystywane w takim samym znaczeniu jak w normie. Jednakże w normie tej nie ma szczegółów technicznych dotyczących konkretnych metodyk, należy o nie sięgnąć do jakiegoś normatywu technicznego. Naturalnym wyborem powinna być norma ISO 50006, która jednak nie znajduje się w zbiorze Polskich Norm a jej spójność wewnętrzna i z normą ISO 50001jest dyskusyjna[2]. Status Polskiej Normy ma inny, europejski standard: PN-EN 16212 [18]. W normie tej zaprezentowane są obydwa podejścia do określania oszczędności: ilościowe (metoda „*top-down*") i jakościowe (metoda „*bottom-up*"), pozostawiając użytkownikowi wybór metody (w domyśle, wygodniejszej do zastosowania) różnicując rezultat jej zastosowania jedynie określeniem rodzaju oszczędności (całkowita, autonomiczna, indukowana prawnie, dodatkowa).

Jak widać, w systemie standaryzacyjnym panuje umiarkowany porządek, zatem zamiast bezrefleksyjnie trzymać się normatywów wystarczy zrozumieć praktyczną przydatność koncepcji oceny jakościowej procesu poprawy efektywności energetycznej – zgodnie z definicją wzorcową - i ją właśnie stosować.

1.4. Określanie oszczędności – przypadek KGHM Polska Miedź. S.A.

W KGHM Polska Miedź S.A. od 2016 roku funkcjonuje system zarządzania energią (SZE) oparty na normie ISO 50001 (dokładnie PN-EN ISO 50001:2012), którego zgodność z wymaganiami zaktualizowanej normy ISO 50001:2018 potwierdzono odpowiednim certyfikatem roku 2020. W ramach SZE podczas corocznego przeglądu energetycznego określana jest oszczędność osiągnięta w roku poddawanym przeglądowi (raportowania). Oszczędność ta jest wynikiem porównania zużycia energii wykorzystanej w roku raportowania (zmierzonej wartości bieżącej) z energetyczną linią bazową (EnLB) – wg formuły (1). EnLB reprezentuje, zgodnie z definicją wzorcową oszczędności, estymowane w okresie raportowania zużycie energii w procesie funkcjonującym tak, jak przebiegał on wtedy, gdy nie zachodziły w nim żadne zmiany (przypomnijmy: świadome lub nieświadome).
Do wygenerowania EnLB wykorzystywany jest model zużycia energii (jako rezultat regresji liniowej), bazujący na danych z okresu referencyjnego, odzwierciedlających laminarny przebieg analizowanego procesu. Przebieg tego procesu przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3. Opis mechanizmu generowania EnLB (opracowanie własne)
Figure 3. Mechanism of creating the Energy Baseline (own work)

Bardziej szczegółowy opis wykorzystywanej w KGHM metodyki można znaleźć w [21].

[2] Aktualnie (3 kwartał 2021 r) norma ISO 50006 znajduje się w fazie aktualizacji która ma na celu także poprawę jej spójności.

2. OCENA INFORMACJI O „OSZCZĘDNOŚCI”

Spośród zdefiniowanych w aktach legislacyjnych i normatywnych „oszczędności”, w oparciu o kryteria celu wykorzystania tej informacji, można wyróżnić jej dwa główne typy:

- **oszczędność osiągniętą** (jak rezultat zmian które zaszły w procesie), tzw. „ex post”;
- **oszczędność szacowaną** do osiągnięcia (jako potencjalny rezultat wprowadzenia zmian do procesu) – tzw. „ex ante”.

W tabeli 2 i 3 przedstawione są dwie grupy kryteriów oceny jakości informacji, których wykorzystanie pozwoli sprawdzić, czy informacja otrzymana jest tą oczekiwaną – czyli czy można ją wykorzystać w procesie zarządczym.

2.1. Oszczędność szacowana do osiągnięcia – „ex ante”

Tabela 2. Kryteria oceny jakości informacji odnośnie do oszczędności „ex ante”.
Table 2. Criteria for assessing the quality of information on ex-ante savings.

Kryterium oceny (opis wymagania)	**Materialny dowód spełnienia wymagania**
Określenie oszczędności szacowanej do osiągnięcia polega na porównaniu zużycia energii - obliczonego dla przebiegu rozważanego procesu bez modyfikacji - z obliczonym dla przebiegu procesu zmodyfikowanego. Obliczenia dotyczą tego samego okresu (raportowania) i warunków w przyszłości (po zrealizowaniu działań proefektywnościowych).	1. Metodyka określania oszczędności jest udokumentowana i zawiera m.in. opis sposobu obliczania zużycia energii. 2. Metodyka obliczania zużycia energii jest udokumentowana i zawiera m.in.: - opis sposobu tworzenia modelu zużycia energii, - opis sposobu oceny jego jakości (praktycznej przydatności), - opis wykorzystania modelu.
Formuła wykorzystana do obliczenia zużycia energii w okresie raportowania (dla przebiegu procesu bez modyfikacji i zmodyfikowanego) - model zużycia energii - opisuje zależność zużycia energii od czynników, mających wpływ na to zużycie.	3. Model zużycia energii ma postać umożliwiającą ocenę spełnienia wymagania.
Model zużycia energii bazuje na danych (dot. zużycia energii i czynników mających wpływ na to zużycie) z okresu, w którym proces zużywający rozważaną energię przebiegał wzorcowo, laminarnie (tzn. bez zakłóceń) lub też wykorzystywany jest mechanizm detekcji i prawidłowej eliminacji zakłóceń.	4. Metodyka budowy modelu zużycia energii zawiera opis kryteriów oceny przebiegu procesu od kątem jego wzorcowości lub laminarności . 5. Proces i rezultat oceny przebiegu procesu (wzorcowego lub laminarnego) w oparciu o kryteria oceny jest udokumentowany. 6. Jeśli wykorzystywany jest mechanizm detekcji i eliminacji zkłóceń to jest on udokumentowany.
Model zużycia energii jest odpowiedniej jakości (praktycznie przydatny) tzn. określone przy jego wykorzystaniu zużycie energii jest miarodajne.	7. Metodyka budowy modelu zużycia energii zawiera opis kryteriów oceny jakośći (praktycznej przydatności modelu zużycia energii).

2.2. Oszczędność osiągnięta – „ex post”

Tabela 3. Kryteria oceny jakości informacji odnośnie do oszczędności „ex post”.
Table 3. Criteria for assessing the quality of information on ex-post savings.

Kryterium oceny (opis wymagania)	**Materialny dowód spełnienia wymagania**
Określenie oszczędności osiągniętej polega na porównaniu zmierzonego zużycia energii z obliczonym zużyciem energii - w tym samym okresie (raportowania) - czyli dla warunków z okresu raportowania.	1. Metodyka określania oszczędności jest udokumentowana i zawiera m.in. opis sposobu określania EnLB. 2. Metodyka określania EnLB jest udokumentowana i zawiera m.in.: - opis sposobu tworzenia modelu zużycia energii, - opis sposobu oceny jego jakości (praktycznej przydatności), - opis wykorzystania modelu do określenia EnLB.
Formuła wykorzystana do obliczenia zużycia energii w okresie raportowania (model zużycia energii) opisuje zależność zużycia energii od czynników, mających wpływ na to zużycie.	3. Model zużycia energii ma postać umożliwiającą ocenę spełnienia wymagania.
Model zużycia energii bazuje na danych (dot. zużycia energii i czynników mających wpływ na to zużycie) z okresu, w którym proces zużywający rozważaną energię przebiegał laminarnie, tzn. bez zakłóceń lub też wykorzystywany jest mechanizm detekcji i prawidłowej eliminacji zakłóceń.	4. Metodyka budowy modelu zużycia energii zawiera opis kryteriów oceny laminarności przebiegu procesu. 5. Proces i rezultat oceny laminarności przebiegu procesu w oparciu o kryteria oceny jest udokumentowany. 6. Jeśli wykorzystywany jest mechanizm detekcji i eliminacji zkłóceń to jest on udokumentowany.
Model zużycia energii jest odpowiedniej jakości (praktycznie przydatny) tzn. określona przy jego wykorzystaniu EnLB jest miarodajna.	7. Metodyka budowy modelu zużycia energii zawiera opis kryteriów oceny jakośći (praktycznej przydatności modelu zużycia energii).

PODSUMOWANIE

Osoba skoncentrowana na skutecznym zarządzaniu powinna podejmować decyzje na podstawie faktów. Jest to nie tylko fundament zarządzania dyktowany zdrowym rozsądkiem ale i wymaganie dwóch kluczowych dla zarządzania energią norm: ISO 9001 i ISO 50001 [23, 8]. Autor zgadza się ze stwierdzeniem, że „Jest bardziej prawdopodobne, że decyzje podejmowane na podstawie analizy i oceny danych i informacji dostarczą pożądanych wyników”[3]. Fakty to nie tylko informacje historyczne ale i miarodajne oszacowania oraz, co najważniejsze, świadomość prawidłowo zdefiniowanego celu.
W kontekście zarządzania energią „oszczędność” można traktować jako kluczowy wskaźnik wydajności (KPI, [22]) w procesie poprawy efektywności energetycznej przedsiębiorstwa – dobrze więc, aby wskaźnik ten był reprezentatywny, miarodajny i praktycznie przydatny.

[3] PN-EN ISO 9001:2015. Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia. 2.3.6: Zasady zarządzania jakością. Podejmowanie decyzji na podstawie dowodów [23]

LITERATURA

[1] DYREKTYWA 2006/32/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylająca dyrektywę Rady 93/76/EWG.
Dostęp: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0032

[2] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE. Dostęp:
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/AUTO/?uri=CELEX:32012L0027&qid=1607414070714&rid=1

[3] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej. Dostęp:
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/AUTO/?uri=CELEX:32018L2002&qid=1607413459409&rid=1

[4] Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej, Dz. U. 2016 poz. 831, (2016.05.20), Dostęp: https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20160000831

[5] ISO/IEC 13273-1, Energy efficiency and renewable energy sources — Common international terminology — Part 1: Energy efficiency, (2015.06.01).

[6] ISO 17742:2015, Energy efficiency and savings calculation for countries, regions and cities, (2015.08.15).

[7] ISO 50006:2014, Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance, (2014.12.15).

[8] PN-EN ISO 50001:2018-09, Systemy zarządzania energią. Wymagania i wytyczne dotyczące stosowania.

[9] ISO 17741, General technical rules for measurement, calculation and verification of energy savings of projects, (2016).

[10] IMPVP. Międzynarodowy Protokół Oceny i Weryfikacji Efektywności. Koncepcje i opcje określania oszczędności energii i wody. Efficiency Valuation Organization. Wolumin 1 (wrzesień 2010).
Dostęp: www.evo-world.org

[11] ASHRAE Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings, ISSN 1046-894X.

[12] UNIDO - United Nations Industrial Development Organization [(UNIDO].) (2015). Practical guide for implementing an energy management system. Dostęp:
https://www.industrialenergyaccelerator.org/wp-content/uploads/IEE_EnMS-Practical-Guide.pdf

[13] Energy Baseline Methodologies for Industrial Facilities. Northwest Energy Efficiency Alliance REPORT #E13-265, (2013.10.17).
Dostęp: https://studylib.net/doc/13991093/energy-baseline-methodologies-for-industrial-facilities

[14] ISO 17743, Energy savings — Definition of a methodological framework applicable to calculation and reporting on energy savings, (2016).

[15] ISO 50046, General methods for predicting energy savings, (2019).

[16] ISO 50047, Energy savings - Determination of energy savings in organizations, (2016).

[17] ISO 50015, Energy management systems — Measurement and verification of energy performance of organizations — General principles and guidance (2014).

[18] PN-EN 16212, Obliczanie efektywności energetycznej i oszczędności energii -- Metody wyznaczania maksymalnych i minimalnych wartości, (2012.10).

[19] M&V Guidelines: Measurement and Verification for Performance-Based Contracts Version 4.0. US Department of Energy, (2015.11).
Dostęp: https://www.energy.gov/sites/default/files/2016/01/f28/mv_guide_4_0.pdf

[20] M. Li, H. Haeri, A. Reynolds: The Uniform Methods Project: Methods for Determining Energy Efficiency Savings for Specific Measures, (2012.01-2016.01).
Dostęp: https://www.energy.gov/eere/about-us/ump-home

[21] M. Sangórski, A. Wierzbic: Using computer software for energy saving determination in complex business processes – a case study of KGHM Polska Miedź S.A.. Informatyka ekonomiczna, 2020 /4

(58) s. 127-41. Dostęp: http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-dfd1571a-fb92-47e2-b1ac-090627b38217/c/127--141_Sangorski_Wierzbic_Using_computer_software_for_energy.pdf
[22] D. Parmenter „Kluczowe wskaźniki wydajności. Tworzenie, wdrażanie i stosowanie", OnePress, (2016).
[23] PN-EN ISO 9001. Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia, (2015).

Procesowe podejście do systemowego zarządzania pomysłami pracowniczymi

Process Approach to Systemic Management of Employee Ideas

Mariusz Sangórski
KGHM Polska Miedź S.A.

STRESZCZENIE: Celem pracy jest zaprezentowanie procesowego podejścia do systemowego zarządzania pomysłami pracowniczymi. Istotą prezentowanego podejścia jest zamodelowanie systemu **z**arządzania **p**omysłami **p**racowniczymi (**ZPP**) jako procesu z jawnie określonymi wymaganiami. Wartością dodaną pracy jest przedstawienie uniwersalnego modelu procesu ZPP bazującego na wymaganiach będących reprezentacją determinant sukcesu systemu wraz z opisem tych determinant. Praca dostarcza także prostego narzędzia diagnostycznego do identyfikacji możliwych przyczyn niewystarczająco efektywnego funkcjonowania systemu pomysłów w dowolnej organizacji.

ABSTRACT: This work aims to demonstrate a process approach to the systemic management of employee ideas. The essence of the proposed method is to model the employee suggestion system as a process with explicitly defined requirements. The added value of the work is the presentation of a universal employee suggestion system model based on needs representing the determinants of the system success, together with a description of these determinants. The work also provides a simple diagnostic tool to identify possible causes of an ineffective idea system in any organization.

SŁOWA KLUCZOWE: pomysły pracownicze, system sugestii pracowniczych, program pomysłów pracowniczych, zarządzanie innowacjami.

KEYWORDS: Employee ideas, Employee suggestion system, Employee suggestion scheme, Innovation management.

1. WSTĘP

Zarządzanie to sztuka osiągania celów czyli sprawiania, za pomocą świadomych działań ukierunkowanych na zasoby, że cel zaplanowany do osiągnięcia zostanie osiągnięty (parafraza definicji R.W Griffina, [1]). W zakresie działań zarządczych znajdują się wszystkie aktywności, bez których osiągnięcie celu jest niemożliwe, począwszy od rozważenia celu, poprzez planowanie sposobu jego osiągnięcia aż do sprawdzenia, że cel został osiągnięty.
Zarządzanie zawsze jest ukierunkowane, i zawsze dotyczy jakiegoś konkretnego obszaru lub aspektu – czyli kontekstu, w którym umieszczony jest cel, który ma być osiągnięty. Przykładowo, jeśli celem jest poprawa efektywności energetycznej przedsiębiorstwa aspektem tym jest energia (czyli mówimy o zarządzaniu energią, patrz ISO 50001) a jeśli celem jest ochrona zdrowia pracowników aspektem tym jest BHP (patrz ISO 45001). Jeśli natomiast celem jest doskonalenie i rozwój przedsiębiorstwa, aspektem tym jest innowacyjność i zaangażowanie pracowników. W niniejszej pracy autor prezentuje procesowe podejście do tej właśnie kwestii, aby udzielić odpowiedzi na pytanie: jakie działania należy podjąć aby osiągnąć korzyści płynące ze skutecznego zarządzania tym aspektem. Działania te są zaprezentowane w postaci ogólnego modelu procesu **z**arządzania **p**omysłami **p**racowniczymi (**ZPP**), uwzględniającego, oprócz aktywności, także związane z nimi wymagania, których spełnienie implikuje sukces zarządzania i których niespełnienie implikuje jego porażkę. Wiedza ta powinna ułatwić zarówno projektowanie nowego jak i doskonalenie funkcjonującego systemu.

2. SKUTECZNE ZARZĄDZANIE POMYSŁAMI

2.1. SZPP – cel funkcjonowania

Przed podjęciem jakiejkolwiek aktywności zarządczej, służącej przecież osiągnięciu celu, należy precyzyjnie określić ten cel, bowiem zarządzanie bez poprawnie zdefiniowanego celu jest, z definicji, bezcelowe.
Celem nadrzędnym procesu ZPP czyli tym, którego osiągnięciu ten proces służy, jest zwykle strategiczny cel biznesowy: generowanie zysku poprzez zdobycie lub utrwalenie przewagi konkurencyjnej. W aspekcie zarządzania innowacyjnością i zaangażowaniem pracowników cel nadrzędny osiągany jest dzięki skutecznemu wykorzystywaniu wewnętrznego, intelektualnego i motywacyjnego potencjału pracowników – to jest więc cel operacyjny procesu ZPP. Osiągnięcie tego celu przynosi organizacji korzyści sprzyjające osiągnięciu celu strategicznego. Korzyści te można rozważać w trzech aspektach:

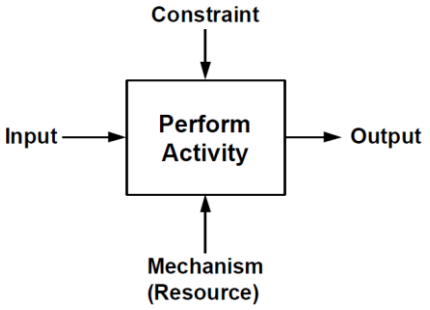
- Korzyści bezpośrednich – będących efektem wykorzystania innowacyjności pracowniczej;
- Innowacyjności – czyli ujawnianej wiedzy pracowniczej, do której organizacja nie ma łatwego dostępu;
- Zaangażowania – czyli wzrostu motywacji do uczestniczenia w doskonaleniu organizacji.

W opracowaniu [5, wykres 3] korzyści te zostały wskazane jako najczęstsze powody wdrażania systemu sugestii, zatem można uznać, że zarządzający są świadomi potencjału skutecznego zarządzania pomysłami pracowniczymi.
Warunkiem osiągnięcia korzyści jest prawidłowe funkcjonowanie dobrze zaprojektowanego, prawidłowo wdrożonego, skutecznie utrzymywanego i doskonalonego procesu – w takich okolicznościach pracownicy chętnie będą dzielili się swoją wiedzą, doświadczeniem i spostrzegawczością, będą wydajniej i bezpieczniej pracowali i będą z tego tytułu bardziej zadowoleni.

2.2. Model procesu ICOM

W normie ISO 9000 [2, def. 3.4.1] „proces" zdefiniowany jest następco: „zbiór działań wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących, które wykorzystują wejścia procesu do dostarczenia zamierzonego rezultatu". Najprościej mówiąc: proces to działanie które przekształca to co na wejściu w to, co na wyjściu. Produkt procesu w zamierzeniu jest materializacją osiągnięcia jego celu.

Aby opisać proces ZPP autor skorzystał z metodyki modelowania opisowego procesów IDEF0 [3] opracowanej pod koniec lat siedemdziesiątych przez Siły Powietrzne USA (US Air Force). Tworzone z użyciem tej metodyki modele procesów określane są czasem jako modele ICOM, co jest akronimem opisującym tę metodykę (Input - wejście, Constraints - ograniczenia, Output - wyjście, Mechanism - mechanizm). Ideę tę pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Reprezentacja IDEF0 przedstawiająca model funkcjonalny procesu „ICOM" (źródło: [3], rysunek 1)
Figure 1. IDEF0 representation of the functional process model "ICOM" (source: [3] figure 1)

Korzystając z modelu ICOM można opisać dowolny proces, wskazując w jaki sposób (z użyciem jakiego mechanizmu) to co na wejściu procesu przetwarzane jest w to, co na wyjściu – czyli jak osiągnąć zamierzony cel. Proces funkcjonuje w określonym kontekście, który jest opisany za pomocą ograniczeń: wymagań dotyczących procesu i jego produktu oraz reguł biznesowych, definiujących granice kontekstu. Przykładem ograniczeń w rozważanym procesie są zapisy dotyczące prawa autorskiego ale i obowiązujące w organizacji polityki i regulaminy a także konkretne wymagania dotyczące samego procesu, np. struktura informacyjna zgłoszenia pomysłu lub maksymalny czas oczekiwania na rozważenie zgłoszonego pomysłu.

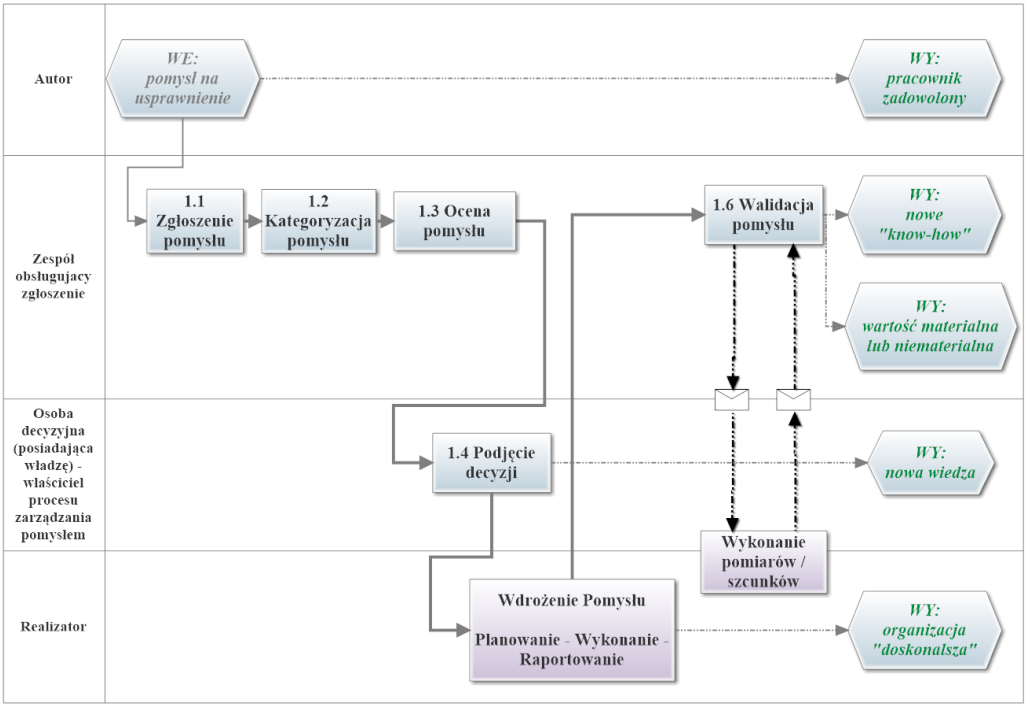
2.3. Mapa procesu ZPP

Każdy proces zarządzania pomysłem pracowniczym z założenia służy temu samemu celowi: osiągnięciu korzyści płynących z aktywnego współuczestniczenia pracowników w doskonaleniu organizacji. Można także założyć, że każdy proces zarządzania pomysłami pracowniczymi przebiega w taki sam sposób – oczywiście na poziomie mechanizmu. Oznacza to, że w każdym wypadku rozważany proces będzie miał te same kroki procesowe (podprocesy) choć konkretny sposób ich realizacji będzie oczywiście dopasowany do charakterystyki organizacji, jej kultury, dojrzałości, zwyczajów, struktury i wykorzystywanych narzędzi.

Autor założył, że istnieje pewien wzorcowy sposób przebiegu procesu opisany wymaganiami, będącymi pochodną determinant sukcesu zarządzania, co oznacza, że istnieje prawidłowa od-

powiedź na pytanie: jakie wymagania muszą być spełnione, aby zmaksymalizować prawdopodobieństwo sukcesu zarządzania pomysłami pracowniczymi. Pytanie to można też sformułować inaczej: niespełnienie jakich wymagań spowoduje, że osiągnięty rezultat będzie inny od najlepszego możliwego do osiągnięcia.

Na rysunku 2 przedstawiona jest mapa procesu zarządzania pomysłami pracowniczymi uwzględniająca cały cykl życia pomysłu (stąd podprocesy operacyjne: „wdrożenie pomysłu" i „wykonanie pomiarów" – które nominalnie nie przynależą do procesu zarządzania). Ujawnione są w niej główne kroki procesowe (mechanizm procesu), wejście i wyjścia procesu oraz główne role w procesie.



Rys. 2. Mapa procesu zarządzania pomysłami pracowniczymi (opracowanie własne)
Figure 2. Schema of the suggestion management process (own work)

Opisy zilustrowanych wyżej procesów znajdują się w tabeli 1 (proces główny) i w tabeli 2 (podprocesy procesu głównego). Opisy te uwzględniają cel każdego procesu, jego produkt, ich możliwe mierniki oraz odpowiednie ograniczenia.

Poprawna identyfikacja celu każdego procesu jest kluczowa z punktu widzenia zarządzania, bowiem tylko sparametryzowanie tego celu pozwala weryfikować jego osiągnięcie a więc dostarcza informacji nt. skuteczności zarówno przebiegu procesu jak i jakości zarządzania procesem. W celu szybkiej oceny przebiegu procesu można posłużyć się opisanymi, jako przykładowe, miernikami. Jeśli natomiast proces i podprocesy nie są opisane i opomiarowane czyli miarodajna, bazująca na faktach, ocena ich funkcjonowania nie jest możliwa – jest to pierwsza, bardzo znacząca przesłanka wskazująca na źródła nieoptymalnego funkcjonowania systemu – o ile są co do tego wątpliwości.

Aby każdy proces wytwarzał pożądany produkt odpowiednej jakości, musi on przebiegać w określony sposób i, choć szczegółowy opis tego sposobu wykracza poza zakres niniejszej pracy, to możliwe jest przyporządkowanie mu ograniczeń (w tym wymagań), których naruszenie (w przypadku wymagań – ich nie spełnienie) oznacza nieskuteczność procesu.

Tabela 1. Proces główny opisany wg. modelu ICOM (praca własna)
Table 1. Main process described with ICOM methodology (own work)

ZARZĄDZANIE POMYSŁEM PRACOWNICZYM	
Cel 1	**Uzyskane korzyści (materialne, niematerialne) będące bezpośrednim efektem wykorzystania pomysłu:** • **w obszarze wskazanym,** • **w obszarach innych niż wskazany,** • **w miejscu wskazanym,** • **w miejscach innych niż wskazane.**
Wejście	Pomysł usprawnienia (w głowie autora).
Wyjście (produkt)	Korzyści (materialne, niematerialne) będące efektem wykorzystania pomysłu.
Miernik skuteczności	Informacja o wielkości osiągniętych korzyści (miernik podprocesu walidacji pomysłu).
Ograniczenia	• Wymagania związane aktami prawnymi, normatywami i regulacjami wewnętrznymi organizacji; • Skuteczność procesu rozpowszechniania dobrych praktyk w organizacji.
Cel 2	**Zadowolenie autora pomysłu – dla zwiększenia jego zaangażowania w proces doskonalenia organizacji oraz poprawy wydajności i bezpieczeństwa jego pracy.**
Wejście	Pomysł usprawnienia (w głowie autora).
Wyjście (produkt)	Autor pomysłu jest zadowolony
Miernik skuteczności	• Dynamika wzrostu ilości skutecznie zgłaszanych pomysłów; • Dynamika wzrostu ilości praktycznie wykorzystanych pomysłów.
Ograniczenia	• Wymagania dotyczące czasu procedowania pomysłu („rozsądny termin”); • Wymagania dotyczące komunikacji z autorem – m.in. maksymalny czas pomiędzy jednostkami informacyjnymi, kompletność informacji (tak, aby autor był świadomy tego, co się z jego pomysłem dzieje); • Skuteczność procesu zarządzania pomysłem.
Cel 3	**Uzyskanie nowej wiedzy, ochrona nowego „know-how”.**
Wejście	Pomysł usprawnienia (w głowie autora).
Wyjście (produkt)	Udokumentowana informacja nt. możliwych do osiągnięcia (w określonych okolicznościach) korzyści
Miernik skuteczności	Ilość pomysłów skutecznie obsłużonych (udokumentowanych, wykorzystanych, chronionych prawnie).
Ograniczenia	• Wymagania dot. zarządzania informacją; • Wymagania Ustawy PWP[1] [4].

[1] Ustawa Prawo własności przemysłowej.

Tabela 2. Podprocesy procesu głównego opisane wg. modelu ICOM (praca własna)
Table 2. Main process sub-processes described with ICOM methodology (own work)

1.1 ZGŁOSZENIE POMYSŁU	
Cel	Udokumentowanie pomysłu w sposób umożliwiający jego dalsze procedowanie
Wejście	Pomysł usprawnienia (w głowie autora).
Wyjście (produkt)	Pomysł udokumentowany zgodnie z wymaganiami (zbiór informacji dotyczących pomysłu i autora umożliwiający dalsze procedowanie).
Miernik skuteczności	• Ilość pomysłów poprawnie udokumentowanych • Ilość pomysłów wymagających powtórnego zgłoszenia; • Ilość pomysłów odrzuconych z powodu niespełnienia wymagań odn. do ich udokumentowania; • Ilość pomysłów poprawnie udokumentowanych do ilości pomysłów niepoprawnie udokumentowanych.
Ograniczenia	Wymagania dotyczące zawartości formantu wykorzystywanego do dokumentowania pomysłu (zwykle wzór karty zgłoszenia pomysłu lub odpowiednia konstrukcja formularza elektronicznego).
1.2 KATEGORYZACJA POMYSŁU	
Cel	Ochrona własności intelektualnej zgodnie z ustawą PWP [4].
Wejście	Pomysł udokumentowany zgodnie z wymaganiami.
Wyjście (produkt)	Dokumentacja pomysłu uzupełniona o informację, czy pomysł spełnia wymagania Ustawy PWP [4] – w celu wyboru scenariusza procedowania.
Miernik skuteczności	• ilość pomysłów podlegających ustawowej ochronie prawnej; • ilość pomysłów podlegających ustawowej ochronie prawnej w stosunku do wszystkich pomysłów skutecznie zgłoszonych.
Ograniczenia	Kryteria kwalifikacji jako przedmiot ochrony praw zgodnie z Ustawą PWP [4].
1.3 OCENA POMYSŁU	
Cel	Przyporządkowanie do pomysłu parametrów określających jego wartość dla organizacji.
Wejście	Pomysł udokumentowany zgodnie z wymaganiami (uzupełniony o wynik kategoryzacji).
Wyjście (produkt)	• Dokumentacja pomysłu uzupełniona o wyniki oceny jego potencjału (wartości) biznesowej; • Rekomendacja dotycząca decyzji biznesowej dotyczącej pomysłu.
Miernik skuteczności	Stosunek korzyści szacowanych (wartości oczekiwanej) do korzyści rzeczywiście osiągniętych (zmierzonych w procesie walidacji pomysłu).
Ograniczenia	• Kryteria oceny pomysłu • Kryteria priorytetyzacji

Tabela 2. Podprocesy procesu głównego opisane wg. modelu ICOM – cd (praca własna)
Table 2. Main process sub-processes described with ICOM methodology – continue (own work)

1.4 PODJĘCIE DECYZJI	
Cel	Nadanie pomysłowi statusu „biznesowego" - odzwierciedlającego biznesową wartość pomysłu
Wejście	Pomysł udokumentowany zgodnie z wymaganiami (uzupełniony o wynik oceny).
Wyjście (produkt)	Nadany pomysłowi status prawny (wymaganie) związany z jego dalszą obsługą.
Miernik skuteczności	Ilość decyzji określonego rodzaju (statystyka).
Ograniczenia	Katalog decyzji możliwych do podjęcia.
1.5 WALIDACJA POMYSŁU	
Cel	Weryfikacja wyników szacowanych do osiągnięcia – dla oceny procesu zarządzania (w tym zastosowanych metodyk i kryteriów) oraz rzeczywistego potencjału pomysłu
Wejście	Kompletna dokumentacja pomysłu (w tym szacunki dot. planowanych do osiągnięcia korzyści)
Wyjście (produkt)	Informacja o wielkości osiągniętych korzyści.
Miernik skuteczności	Stosunek korzyści osiągniętych do szacowanych/zaplanowanych do osiągnięcia.
Ograniczenia	• Metodyka walidacji • Kryteria oceny

Krytycznie ważnym miernikiem każdego rozważanego wyżej procesu jest ilość obsłużonych pomysłów - skutecznie i zgodnie z wymaganiami – mierzona bezwzględnie (ilościowo) i względnie (w stosunku do wszystkich pomysłów które znalazły się na wejściu danego procesu – tzw. ***backlog***). Wersja ilościowa tego wskaźnika opisuje wydajność procesu natomiast wersja jakościowa (względna) opisuje efektywność procesu.
Informacje dodatkowe nt. możliwych mierników można znaleźć w [19 tabela 6] i w [20].

Należy pamiętać, że powinno się stosować wyłącznie mierniki, które są wykorzystywane w celu dodania wartości do procesu (tzn. funkcjonują procesy zarządcze w których ta informacja jest wykorzystywana w konkretnym celu) – zatem ta kwestia powinna być przedmiotem szczególnie starannego rozważenia. Oczywiście, fundamentem systemu mierzenia (także efektywności procesów) jest zapewnienie odpowiedniej jakości pomiarów i kalkulacji, uwzględniającej odpowiednio skuteczne mechanizmy weryfikacji danych wejściowych.

Z uwagi na przyjęty poziom szczegółowości opisu procesu głównego nie uwzględniono w nim podprocesów dodatkowych (wspierających), których prawidłowy przebieg warunkuje skuteczność procesu głównego. Przykładowe podprocesy w sposób uproszczony opisano w tabeli 3.

Tabela 3. Podprocesy wspierające (praca własna)
Table 3. Supporting sub-processes (own work)

Podproces	Cel podprocesu
Okresowy przegląd systemu zarządzania	Ocena skuteczności procesu potrzebna do jego doskonalenia
Okresowy przegląd pomysłów „zaparkowanych" (zakwalifikowanych jako pomysły do wdrożenia w przyszłości)	Ocena potencjału ujawnionego i udokumentowanego pod kątem jego możliwego wykorzystania
Szkolenie (uzupełnianie wiedzy i trening umiejętności)	• Ułatwienie potencjalnym autorom kreowania i opisywania pomysłów • Ułatwienie osobom wspierającym autorów (mentorom) i obsługującym proces (administratorom, ekspertom itp.) ich pracy
Komunikowanie efektów funkcjonowania systemu	Budowanie powszechnej świadomości wartości systemu (wzmacnianie motywacji wewnętrznej)
Promowanie systemu zarządzania	
Finansowanie systemu, zarządzanie zasobami	Umożliwienie alokacji zasobów niezbędnych do skutecznego funkcjonowania systemu

2.4. Autor pomysłu jako podmiot zarządzania – aspekt nagradzania i komunikacji

Proces zarządzania pomysłami pracowniczymi można rozważać z co najmniej dwóch perspektyw. Każda perspektywa determinowana jest odrębnym celem do osiągnięcia, co związane jest z orientacją procesu na różnych jego klientów. Kiedy celem jest osiągnięcie korzyści związanych z organizacją, klientem jest organizacja, reprezentowana przez jej przedstawicieli. Przykładowo – jeśli rozważanym efektem zastosowania pomysłu jest poprawa bezpieczeństwa pracy, klientem procesu zarządzania pomysłami jest organizacja reprezentowana przez przedstawiciela odpowiedzialnego za proces poprawy bezpieczeństwa pracy (np. głównego inspektora BHP), podczas gdy inni członkowie organizacji są interesariuszami tego procesu.
Proces ZPP ma jednak i inny cel, nie bezpośredni i nie oczywisty ale nie mniej ważny: jest nim zwiększenie zaangażowania pracowników w doskonalenie organizacji. W tym przypadku klientem procesu jest autor pomysłu a wszyscy inni interesariuszami. Taka perspektywa postrzegania procesu ZPP stawia autora pomysłu w jego centrum pozwalając skoncentrować się na aspekcie jego motywacji.

Żaden pracownik nie podzieli się swoim doświadczeniem jeśli nie będzie odpowiednio zmotywowany. Zatem chcąc doskonalić organizację przy wykorzystaniu potencjału pracowniczego organizacja powinna motywować swoich pracowników do doskonalenia oraz, co równie ważne, nie demotywować ich do tego. Obie perspektywy są jednakowo ważne bowiem obie są źródłem wymagań do procesu ZPP, równocześnie nie zawsze brak motywatora jest demotywujący, tak jak i brak demotywatora jest motywujący.
W tabeli 4 opisane są przykładowe czynniki motywujące i demotywujące pracowników do uczestnictwa w doskonaleniu organizacji opracowane na podstawie [9 - 14]. Z uwagi na wiele odmiennych podejść do tematu podsumowanie przedstawione w tabeli reprezentuje autorską interpretację zapisów źródłowych. Dodatkowo, informacje w tabeli nie są wartościowane (tzn. nie jest określona ich waga).

Tabela 4. Przykładowe czynniki wpływające na zaangażowanie pracowników w doskonalenie organizacji (praca własna)
Table 4. Examples of the factors having an impact on employee organization improvement engagement (own work)

Motywatory	Demotywatory
Nagradzanie za zgłaszane pomysły	
Atrakcyjność nagród	**Nagrody bez wartości dla autora**
Chęć poprawy warunków pracy	
Uczynienie pracy łatwiejszą	
Chęć uczestniczenia w rozwiązywaniu problemów	
Widoczne zaangażowanie przełożonych w utrzymanie systemu	Manifestacyjna niechęć do systemu
Zachęcanie i wspieranie	Zniechęcanie i przeszkadzanie
Transparentny proces oceny pomysłów	**Nieznane kryteria oceny pomysłów**
Kryteria oceny pomysłów ukierunkowana na poprawę dobrostanu organizacji (odpowiedniość kryteriów)	**Niezrozumiałe, bezsensowne kryteria oceny**
Szybkie procedowanie	**Przedłużające się procedowanie**
Utrzymywanie stałego kontaktu z autorem	**Brak komunikacji**
Podmiotowe, partnerskie traktowanie autora	**Przedmiotowe traktowanie autora**
Uznanie ze strony środowiska	
Satysfakcja z powodu wdrożenia proponowanego rozwiązania	
Pozytywny wpływ na ocenę pracowniczą	
Dobra atmosfera w pracy	Zła atmosfera pracy
Sprzyjająca kultura organizacyjna	Niesprzyjająca kultura organizacyjna
Rywalizacja	
Możliwość samorozwoju	
Łatwość zgłoszenia pomysłu	
Szacunek, życzliwość	**Brak szacunku**
Chęć dzielenia się wiedzą	
Możliwość wspólnego rozwiązywania problemów	

Jak widać, znacznie więcej czynników motywuje do zaangażowania na rzecz doskonalenia organizacji niż demotywuje, jednak siła demotywatorów jest zwykle większa niż siła motywatorów – dlatego eliminacja demotywatorów jest zadaniem tak samo ważnym jak tworzenie środowiska sprzyjającego wzrostowi zaangażowania. Z zestawienia wynika, że najsilniej motywującym i demotywującym aspektem funkcjonowania procesu ZPP jest jego transparentność, odpowiedniość i sprawność (szybkość procedowania) oraz traktowanie autora pomysłu jak partnera. Oznacza to, że staranne zaprojektowanie procesu i zapewnienie zasobów do jego

sprawnego funkcjonowania a także życzliwe i skuteczne wsparcie tworzy solidny fundament procesowy do osiągania zamierzonych korzyści. Kluczowe jest zwłaszcza uczciwie traktowanie autorów pomysłów. W tym kontekście nagradzanie należy traktować jako demonstrację wagi tego, czym dla zarządzających jest aktywny udział pracowników w doskonaleniu organizacji – nie zaś jako źródło dodatkowych korzyści.
Choć uważa się, że nagrody materialne, szczególnie finansowe, mają największy wymiar motywacyjny, to, jak wykazano w [15], zależność między zaangażowaniem a nagradzaniem za zaangażowanie jest zbliżona dla nagród materialnych (monetaryzowalnych) i niematerialnych, oscylując w obu przypadkach między 30 a 34%. W organizacjach o utrwalonej kulturze zorientowanej na rozwój (w „organizacjach uczących się"), w których pracownicy są wynagradzani wystarczająco, aby czuć się ekonomicznie bezpiecznie, dominujące są motywatory wewnętrzne, wynikające z wyznawanych w organizacji wartości czy reprezentowanych postaw, np. chęć poprawy dobrostanu organizacji postrzeganej jako organizm społeczny czyli dobro wspólne [10, 11]. W organizacjach stymulujących pracowników za pomocą motywatorów zewnętrznych (np. premii) – dominujący motywator będzie miał wymiar materialny, najczęściej czysto finansowy. Spośród osób, które w roku 2013 wzięły udział w badaniu opinii nt. systemów sugestii pracowniczych [5], ponad 80% uczestników wskazało nagrody jako najsilniejszy motywator do zgłaszania pomysłów. Wśród tych nagród dominowały nagrody wyłącznie finansowe (45% badanych), finansowo-rzeczowe (30%) i wyłącznie rzeczowe (20%).

Zdaniem autora, pracownicy wkładający dodatkowy, ponadnormatywny wysiłek na rzecz organizacji, powinni mieć świadomość, że ten wysiłek jest dla organizacji ważny i cenny. Sposoby osiągnięcia tego celu są co najmniej trzy:

- Zaprojektowanie procesu ZPP i zapewnienie zasobów tak, aby proces przebiegał sprawnie (czyli pomysły były procedowane w jak najkrótszym czasie – czas pomiędzy kolejnymi krokami procesowymi nie powinien przekraczać 10 dni roboczych);
- Zapewnienie odpowiedniej komunikacji z autorem pomysłu tak, aby ten wiedział, na jakim etapie jest jego pomysł (informacja powinna być kompletna z perspektywy autora i przekazywana zgodnie z harmonogramem procedowania, czyli nie rzadziej niż co 10 dni);
- Upewnienie autora pomysłu, że jest kimś ważnym w organizacji, jego praca jest dla organizacji cenna i organizacja jest tego świadoma – również poprzez uczciwą partycypację w osiągniętych dzięki wykorzystaniu pomysłu korzyściach.

Zdaniem autora, zorientowanie procesu ZPP przede wszystkim na autora pomysłu powinno, w dłuższym horyzoncie czasowym, przynieść organizacji większą wartość niż skoncentrowanie się na natychmiastowych korzyściach, które z tytułu funkcjonowania procesu może odnieść organizacja. Ludzie, którzy robią coś dlatego, że chcą zawsze będą skuteczniejsi niż ci, którzy robią bo im się za to płaci – ponieważ siła motywacji wewnętrznej zawsze jest większa niż siła motywacji zewnętrznej [16].

3. OCENA PROCESU ZARZĄDZANIA POMYSŁAMI PRACOWNICZYMI

Aby możliwe było doskonalenie procesu konieczna jest ocena jego funkcjonowania. W [17] zaprezentowano kompletne narzędzie do pomiaru dojrzałości systemu (uwzględniającego nie tylko proces ale i inne, niezbędne do osiągnięcia zamierzonego rezultatu, elementy). Narzędzie to składa się ze 107 kryteriów oceny (sformułowanych jako przesądzenia) zebranych w pięć

grup tematycznych a jego wykorzystanie daje dobry, szczegółowy obraz dojrzałości organizacji w zakresie zarządzania pomysłami pracowniczymi. Zakres niniejszej pracy nie pozwala na zaprezentowanie tego narzędzia, ale jeśli czytelnik jest zainteresowany szybką, uproszczoną oceną warstwy procesowej systemu (czyli procesu – z perspektywy priorytetyzacji działań doskonalących) może to zrobić w oparciu o kryteria opisane w tabeli 5.

Tabela 5. (praca własna)
Table 5. (own work)

Krytrium oceny	**Tak**	**Nie**	**Nie wiem**
W organizacji funkcjonuje proces **Z**arządzania **P**omysłami **P**racowniczymi (**ZPP**)			
Proces ZPP jest formalnie ustanowiony (np. poprzez zarządzenie)			
Proces ZPP jest opisany (np. za pomocą mapy lub procedury) - na tyle szczegółowo, aby możliwe było zrozumienie jego przebiegu i skuteczne nim steowanie			
Każdej aktywności realizowanej w ramach procesu ZPP przyporządkowana jest rola z jawnie określonym zakresem obowiązków i uprawnień			
Proces ma swojego właściciela - osobę, która posiada pełną władzę nad potrzebnymi do jego skutecznego funkcjonowania zasobami			
Przebieg procesu ZPP jest zrozumiały dla jego klientów i interesariuszy			
Proces ZPP jest opomiarowany miarą ilościową - istnieje możliwość oceny wydajności procesu			
Proces ZPP jest opomiarowany miarą jakościową - istnieje możliwość oceny skuteczności procesu			
Wyniki pomiarów procesu są wykorzystywane do jego doskonalenia (na ich podstawie podejmowane są odpowiednie decyzje i działania)			
Do oceny pomysłu wykorzystywane są udokumentowane i dostępne kryteria oceny.			
Do podjęcia decyzji dot. pomysłu wykorzystywane są udokumentowane kryteria priorytetyzacji.			
Autor pomysłu jest na bieżąco informowany nt. statusu jego pomysłu.			
Proces przebiega płynnie, nie ma opóźnień ani zatorów.			

Odpowiedź „tak” należy udzielić, jeśli osobie korzystającej z kwestionariusza znany jest dowód materialny zgodny z rozważanym kryterium.
Udzielona odpowiedź „nie” lub „nie wiem” wskazuje na obszar, który powinien być poddany szczegółowej analizie w pierwszej kolejności.

PODSUMOWANIE

Skuteczne zarządzanie pomysłami pracowniczymi jest taką samą sztuką, jak skuteczne zarządzanie czymkolwiek innym. W opracowaniach [10-13] opisano wiele przypadków praktycznego funkcjonowania systemu sugestii pracowniczych oraz wymagania, których spełnienie może przyczynić się do zwiększenia skuteczności systemu. Warto zaznaczyć, że funkcjonowanie procesu ZPP jest wymaganiem normatywnym wielu norm dotyczących systemów zarządzania

(np. ISO 14001/ISO 45001, 7.4.2; ISO 50001, 7.4), jest także przedmiotem normatywu międzynarodowego [18] zawierającego wiele praktycznych wskazówek dotyczących jego skutecznego funkcjonowania.

LITERATURA

[1] Griffin R. W.: Podstawy zarządzania organizacjami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.

[2] PN-EN ISO 9000 Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia, (2015).

[3] A. Presley, D. H. Liles: THE USE OF IDEF0 FOR THE DESIGN AND SPECIFICATION OF METHODOLOGIES. Automation & Robotics Research Institute. The University of Texas at Arlington, (1998).Dostęp: https://www.researchgate.net/publication/2447898_The_Use_of_IDEF0_for_the_Design_and_Specification_of_Methodologies

[4] USTAWA z dnia 30 czerwca 2000 r. Prawo własności przemysłowej. Dz. U. 2001 Nr 49 poz. 508.

[5] Ł. Dekier, A. Grycuk: PROGRAMY SUGESTII PRACOWNICZYCH, Doświadczenia polskich przedsiębiorstw. Stowarzyszenie Lean Management Polska, Wrocław, (2014). Dostęp: http://leanpolska.org/wp-content/uploads/Raport-SLMP-Programy-sugestii-pracowniczych-2014.pdf

[6] D. Ostrowski: Assessment of Employee Engagement in the Implementation of an Employee Suggestion Program in Company X – Research Results. Economic and Environmental Studies Vol. 17, No. 4 (44/2017), 985-1002, (2017). Dostęp: http://dx.doi.org/https%3A//doi.org/10.25167/ees.2017.44.22

[7] G. Santos, J. Afonesca, N. Lopes, M. J. Felix, F. Murmura: Critical success factors in the management of ideas as an essential component of innovation and business excellence. International Journal of Quality and Service Sciences, Vol. 10 No. 3. Dostęp: www.emeraldinsight.com/1756-669X.htm

[8] F. Lasreado, M. Arif, A. Rizivi, C. Urdzik: Critical success factors for employee suggestion schemes: a literature review. Organizational Analysis, Vol. 24 No. 2, 2016, pp. 315-339. Emerald Group Publishing Limited, 1934-8835, DOI 10.1108/IJOA-04-2014-0753

[9] S. Gerlach, A. Brem: Idea management revisited: A review of the literature and guide for implementation. International Journal of Innovation Studies 1 (2017) 144-161. https://doi.org/10.1016/j.ijis.2017.10.004

[10] Y. Yasuda: 4o Years, 20 Million Ideas. The Toyota Suggestion System. Japan Management Association.

[11] Kaizen Teian, Developing Systems for Continuous Improvement Through Employee Suggestion, Japan Human Relations Association.

[12] R.L. Bassford, C.L. Matrin: Employee Suggestion Systems. Boosting Productivity and Profits. Crisp Publications Inc., 1996.

[13] F. Lasrado: Sustaining Creativity and Innovation in Organizations: A Tool Kit: Employee Suggestion System. Trafford Publishing. 2014

[14] L. Hatcher, T.L. Ross, D. Collins: Attributions for participation and nonparticipation in Gainsharing-Plan Involvement System. Group & Organization Studies, Volume: 16 issue: 1, page(s): 25-43, (1991) Dostęp: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/105960119101600103

[15] Z. Wagas, S. Saleem: The Effect of Monetary and Non-Monetary Rewards on Employee Engagement and Firm Performance. European Journal of Business and Management. ISSN 2222-1905 (Paper) ISSN 2222-2839 (Online).Vol. 6, No.31, 2014 . Dostęp: https://www.iiste.org/Journals/index.php/EJBM/article/viewFile/16530/16937

[16] R. M. Badubi: Theories of Motivation and Their Application in Organizations: A Risk Analysis. International Journal of Innovation and Economic Development Volume 3, Issue 3, (2017), Pages 44-51 Dostęp: http://researchleap.com/wp-content/uploads/2017/08/04.-Theories-of-Motivation-and-their-Application-in-Organisations-A-Risk-Analysis.pdf

[17] F. Lasrado, B. Gomiscek, A TOOL TO MEASURE MATURITY OF AN EMPLOYEE SUGGESTION SCHEME. University of Wollongong in Dubai, Faculty of Business. Management and

Production Engineering Review, Volume 6 • Number 2 • June 2015 • pp. 4–13. DOI: 10.1515/ mper--2015-0011
[18] ISO 30401 Knowledge management systems — Requirements (2018).
[19] S. Gerlach, A. Brem: Idea management revisited: A review of the literature and guide for implementation. International Journal of Innovation Studies, Volume 1, Issue 2, Pages 144-16 (2017). Dostęp: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096248717300048
[20] F. Lasrado, M. Arif, A. Rizvi: The determinants for sustainability of an employee suggestion system. International Journal of Quality & Reliability Management 32(2):182-210 (2015). Dostęp: https://www.researchgate.net/publication/271713350_The_determinants_for_sustainability_of_an_employee_suggestion_system

Akademia PGG – kompleksowy program szkoleniowo-rozwojowy pracowników Polskiej Grupy Górniczej S.A.

Andrzej Sączek, Anna Wiśniewska
Anna Bentkowska, Łukasz Rduch
Polska Grupa Górnicza S.A.

STRESZCZENIE: Optymalne dopasowanie kompetencji i kwalifikacji pracownika do zajmowanego stanowiska, zarządzanie wiedzą, odkrywanie potencjału pracowników oraz rozwój pracowników zgodny z potrzebami prowadzonej działalności to ważny cel Polskiej Grupy Górniczej S.A. Podążając w tym kierunku powstała idea opracowania przez Departament Wsparcia HR programu szkoleniowo-rozwojowego Akademia PGG, uruchomionego w 2021 r. W referacie przedstawiono założenia oraz elementy programu Akademia PGG. Zaprezentowano narzędzie internetowe dla pracowników spółki - portal Akademia PGG, w którym każdy pracownik ma możliwość zapoznać się z ofertą szkoleniową, harmonogramem szkoleń i programów rozwojowych jak również otrzymać dostęp do pełnych zasobów edukacyjnych spółki. W artykule zaprezentowano również narzędzie wspierające zarządzanie procesem szkoleń w spółce - aplikacja CMS - (Course Management System). Ponadto przedstawiono w jaki sposób spółka wyszła naprzeciw wymaganiom pandemii.

SŁOWA KLUCZOWE: kompetencje, kwalifikacje, pracownik, szkolenia, rozwój, system zarządzania szkoleniami, ścieżki rozwoju zawodowego, sukcesja kadr, zarządzanie wiedzą

PGG Academy – Comprehensive Developmental Training Programme of Employees of Polska Grupa Górnicza S.A.

ABSTRACT: Optimum fitting competence and qualifications of the employee for the taken position, the knowledge management, discovering the potential of employees and development of employees in accordance with needs of conducted activity are an important aim Polska Grupa Górnicza S.A. heading in this direction an idea of drawing up by the Department HR supporting a training-developmental program arose Academy of PGG, started in 2020.

In the paper main assumptions and elements of the program were described PGG Academy. an Internet tool was expressed for all employees of the company - portal PGG Academy, in which every employee Polska Grupa Górnicza S.A. is able to get acquainted with the training offer, the schedule of courses and trainings, the teaching base and principles of raising qualifications and competence as well as to receive the access to solid educational resources of the company. In the article an also next tool was expressed supporting management with process of trainings in the company - application CMS - (Course Management System).

1. WPROWADZENIE

Jednym z priorytetowych celów strategii Polskiej Grupy Górniczej S.A. jest efektywne zarządzanie kadrami. Cel ten można zrealizować poprzez optymalne dopasowanie kompetencji i kwalifikacji pracownika do zajmowanego stanowiska, zarządzanie wiedzą, odkrywanie potencjału pracowników oraz rozwój pracowników zgodny z potrzebami prowadzonej działalności. Działania te są niezwykle ważne również w obliczu aktualnie trwającej transformacji górnictwa, gdzie tym bardziej istotne staje się racjonalne i zrównoważone zarządzanie kadrami.

Podążając w tym kierunku powstała idea uruchomienia przez Departament Wsparcia HR programu szkoleniowo-rozwojowego Akademia PGG, biorąc pod uwagę:

- zapewnienie niezbędnych kwalifikacji i kompetencji pracowników,
- rozwój w obszarach technicznych,
- rozwój w obszarach psychospołecznych,
- chęć do podejmowania przez pracowników nowych wyzwań i zmian,
- zdolność do kreowania innowacyjnych rozwiązań,
- uczenie się nowych rzeczy.

Wszystkie działania szkoleniowo-rozwojowe podejmowane przez Polską Grupę Górniczą, umożliwiające pracownikom możliwość podnoszenia kwalifikacji, doskonalenia kompetencji, umiejętności oraz budowania ścieżki kariery zawodowej, zostały określone nazwą Akademia PGG.

Akademia PGG jako wielomodułowy program szkoleniowo-rozwojowy ma za zadanie wspierać załogę, przyczyniając się do wzrostu motywacji, efektywności pracy i zwiększenia zaangażowania, poszerzając m.in. zbiór narzędzi kierowniczych. Taki spójny i szeroko rozbudowany program umożliwi również zabezpieczenie przyszłych potrzeb kadrowych Spółki oraz lepsze wykorzystanie potencjału kwalifikacyjnego pracowników. W Akademii PGG wykorzystano różnorodne formy uczenia się, z których ważniejsze to: uczenie się zachowań i rozwiązywania problemów, przyswajanie potrzebnych informacji oraz wiele innych. Każda z tych form uczenia się wymaga swoistych dla siebie metod i sposobów, np.: uczenie się zachowań wymaga treningów i ćwiczeń, uczenie się rozwiązywania problemów wymaga kontaktu z nowymi problemami, myślenia twórczego.[1]

2. AKADEMIA PGG – KOMPLEKSOWY PROGRAM ZAPEWNIAJĄCY ROZWÓJ ZAŁOGI

2.1. *Cel oraz geneza stworzenia programu Akademia PGG oraz narzędzi informatycznych: portalu Akademia PGG oraz aplikacji CMS Course Management System*

Codzienne wyzwania, przed jakimi stoją pracownicy i kadra kierownicza oraz branża górnicza wymagają szybkiego i skutecznego tworzenia nowych rozwiązań, doskonalenia procesów a to z kolei wymaga od pracowników wielu nowych kompetencji w tym m.in. otwartości na zmiany i zdolności do ciągłego uczenia się oraz do oduczania się tych treści, które aktualnie nie są już użyteczne.

Dlatego też łączenie formalnych i nieformalnych form uczenia się jest kluczowe dla rozwoju osobistego oraz zdobywania nowych umiejętności. Poprzez formalną formę uczenia się rozumiemy: zdobywanie wykształcenia w szkołach, szkolenia, kursy, studia, uzyskanie certyfikatów. Nieformalna forma uczenia się to: wymiana wiedzy i doświadczeń poprzez konferencje, wizyty studialne, uczenie się od współpracowników, samorozwój, różnorodne aktywności rea-

lizowane poza zorganizowanymi formami kształcenia się. Każdy z nas uczy się głównie przez samodzielne zdobywanie doświadczeń, poprzez realizowane zadania w swoim miejscu pracy jak również poprzez wymianę doświadczeń i rozmowę ze współpracownikami. W rezultacie zatem każdy z nas staje się nauczycielem, trenerem, instruktorem, mentorem, coachem innych.

W celu zapewnienia miejsca wspomagającego formalne i nieformalne uczenie się została utworzona wirtualna przestrzeń – portal szkoleniowo-rozwojowy Akademia PGG.

Portal Akademia PGG został uruchomiony w styczniu 2021 r. i powstał w oparciu o wieloletnie doświadczenie pracowników Departamentu Wsparcia HR związane z szeroko rozumianym rozwojem pracowników Polskiej Grupy Górniczej. Został stworzony przez specjalistów Zakładu Informatyki i Telekomunikacji Polskiej Grupy Górniczej S.A.

W trakcie prowadzonych działań rozwojowych począwszy od programu Skuteczny Sztygar, Organizację uczącą się, proces badania kluczowych kompetencji i Szkoły konsultantów wewnętrznych, uczestnicy biorący udział w tych projektach wielokrotnie wskazywali na potrzebę stworzenia miejsca związanego z zarządzaniem wiedzą w naszej organizacji oraz zapewnieniem niezbędnych kwalifikacji i kompetencji w naszej firmie. Działania realizowane w ramach Akademii PGG uwzględniają proces uczenia się dorosłych, którzy zazwyczaj uczą się tego czego potrzebują. Dlatego też cele tego procesu powinny być skupione wokół ich codziennych potrzeb i problemów. Dorośli chcą zdobywać kompetencje, które pozwolą im sobie lepiej poradzić z tymi problemami oraz podniosą efektywność w ich codziennej pracy.



Rys. 1. Główne działania w ramach Akademii PGG
Figure 1. Main activities within the PGG Academy

Celem strategicznym Spółki jest efektywne zarządzanie kadrami. Program Akademia PGG z uwagi na jego wielopłaszczyznowe działanie umożliwia realizację tego strategicznego celu oraz innych przedstawionych poniżej.

Priorytetowym celem z perspektywy osób zarządzających zasobami ludzkimi w organizacji było stworzenie modułu, który umożliwiałby zarządzanie szkoleniami oraz wprowadzał analitykę HR, która dotychczas była realizowana w tradycyjny sposób z wykorzystaniem standardowych narzędzi analitycznych.

Kolejnym ważnym celem było stworzenie narzędzia do komunikacji z 39 tys. pracowników. Komunikacja musiała być dwustronna, ale jednocześnie szybka i bazująca na nowoczesnych, zwinnych rozwiązaniach – od Departamentu Wsparcia HR i Koordynatorów ds. szkoleń i rozwoju w poszczególnych Oddziałach, realizujących zadania w obszarze szkoleń i rozwoju do każdego pracownika uczestniczącego w szkoleniach i kursach oraz w odwrotną stronę.
Zarządzanie wiedzą i rozwojem zawodowym w organizacji oraz dopasowanie wiedzy do potrzeb pracowników to kolejne cele, których realizację umożliwia Akademia PGG.

Celem z perspektywy rozwoju jest zaproszenie wszystkich pracowników do kaskadowania wiedzy wewnątrz organizacji. Wiedzy praktycznej i technicznej, która będzie wypływała z wiedzy i doświadczeń pracowników operacyjnych, którzy są specjalistami w danym obszarze. Jest to założenie, które uruchamia przepływ wiedzy w organizacji od pracownika do pracownika, zapewniając w ten sposób dostęp do najlepszych praktyk realizowanych w różnych, często odległych od siebie Oddziałach firmy.

Ważnym zadaniem w ramach Akademii PGG było rozszerzenie dotychczasowego sposobu edukowania pracowników o nowe aspekty, w szczególności te z obszaru psychospołecznego, nowych wyzwań i zmian, kreowania innowacyjnych rozwiązań czy uczenia się nowych rzeczy.

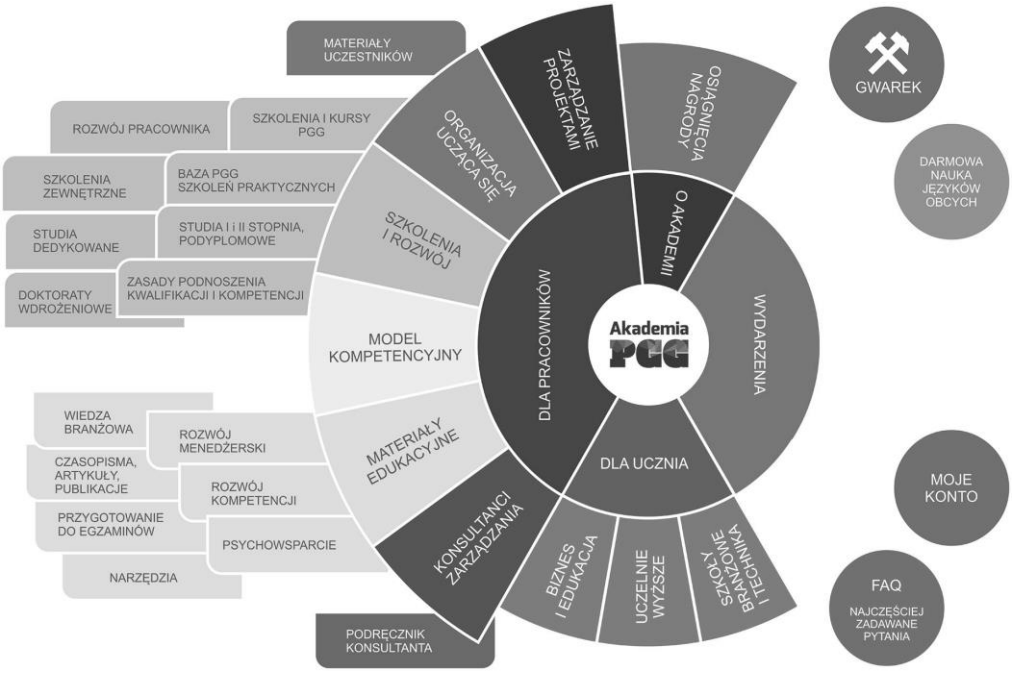
2.2. Portal Akademia PGG, czyli dostęp do wszystkich możliwości rozwojowych w jednej wirtualnej przestrzeni

Akademia PGG to z jednej strony ulokowana na portalu niezbędna wiedza, z drugiej strony informacja odnośnie ścieżek rozwoju zawodowego. To także realizacja programów rozwojowych dedykowanych naszym pracownikom z jednoczesnym pozyskiwaniem informacji zwrotnej o podejmowanych działaniach dla pracowników naszej firmy oraz o ich oczekiwaniach. Na portalu Akademia PGG każdy pracownik ma możliwość zapoznać się z ofertą szkoleniową, harmonogramem kursów i szkoleń, bazą dydaktyczną oraz zasadami podnoszenia kwalifikacji i kompetencji w PGG. Uruchomiony portal Akademia PGG ma służyć szybkiej wymianie informacji oraz ma wspierać i umożliwiać doskonalenie zawodowe. Portal daje możliwość dostępu do pełnych zasobów edukacyjnych Spółki. Zespół Departamentu Wsparcia HR prowadzi proces podnoszenia kwalifikacji i kompetencji pracowników, dedykując pracownikom szeroką ofertę szkoleń, kursów, warsztatów, studiów, konferencji oraz nowych autorskich programów rozwojowych. Portal jest miejscem, w którym można się o nich dowiedzieć jak również z nich skorzystać.



Rys. 2. Strona startowa Akademii PGG
Figure 2. The homepage of the PGG Academy

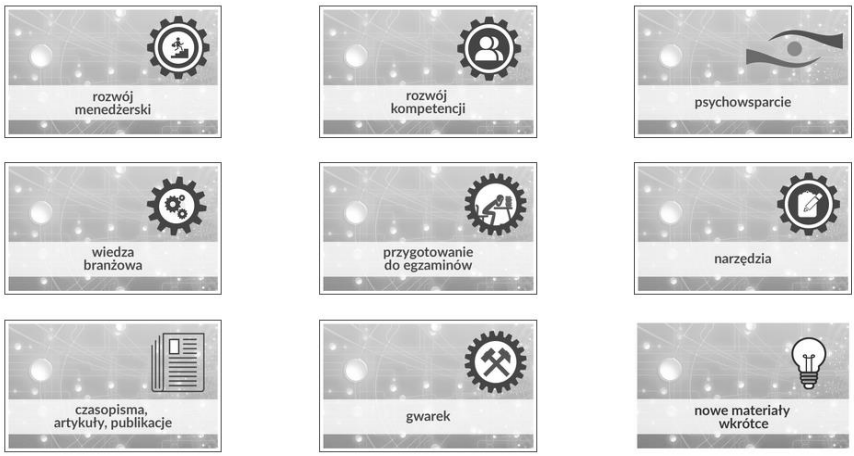
Portal Akademia PGG zawiera szereg informacji i materiałów dla pracowników, wspomagających proces podnoszenia kwalifikacji i kompetencji. Pracownik poprzez portal może korzystać z wielu modułów, które aby ułatwić pracownikom wybór zostały opracowane w formie mapy strony (rys. 3).



Rys. 3. Mapa strony Akademii PGG
Figure 3. Site map of the PGG Academy

Akademia PGG umożliwia poznanie zasad korzystania z kompleksowej oferty szkoleń, kursów, studiów oraz finansowania ich przez Pracodawcę.

Moduł materiały edukacyjne przeznaczony jest do samodoskonalenia się pracowników. Z perspektywy funkcjonowania i rozwoju organizacji aspekt uczenia się ma szczególne znaczenie.[2] Ponadto jak zauważa A. Czapla, permanentne uczenie się jest koniecznością w obliczu wysokiego poziomu niepewności w otoczeniu oraz ciągłej zmiany.[3] Z uwagi na powyższe jak również z potrzeby naszych pracowników Akademia PGG oferuje pracownikom materiały szkoleniowe umożliwiające zdobywanie wiedzy i umiejętności w różnych kategoriach i na bieżąco jest rozbudowywana o nowe.



Rys. 4. Kategorie materiałów szkoleniowych w Akademii PGG
Figure 4. Categories of training materials at the PGG Academy

Materiały szkoleniowe mają krótką formę, przez co łatwo można wcielić nową wiedzę w pracę. Koncepcja uczenia się poprzez małe fragmenty nauki umożliwia szybkie przyswajanie wiedzy oraz skoncentrowanie się wyłącznie na zagadnieniach, które są najbardziej potrzebne do pracy w naszej Spółce. Do dyspozycji pracowników w ramach programu rozwojowego Akademia PGG przygotowane zostały materiały i narzędzia w następujących formach: prezentacje multimedialne, pigułki wiedzy, filmy szkoleniowe, webinaria, pomoce do egzaminów, instrukcje, podręczniki, testy wiedzy, testy kompetencyjne, publikacje naukowe, referaty, czasopisma, artykuły, dobre praktyki.

Każdy pracownik naszej Spółki w Akademii PGG posiada swoje indywidualne konto – moduł Moje konto, umożliwiające bezpośrednie przekazywanie niezbędnych informacji w zakresie dedykowanych szkoleń oraz propozycji rozwoju.

Pracownik skierowany na szkolenie, kurs lub inny program rozwojowy będzie otrzymywał szczegółowe informacje dotyczące np. kwestii organizacyjnych, programu szkolenia czy też wskazówek dotyczących pytań, jakie mogą się pojawić podczas egzaminów.

W Moim koncie znajdą się również narzędzia, które pozwolą pracownikom wyrazić swoją opinię, wskazać swoje oczekiwania oraz wystawić ocenę szkoleń, co pozwoli na ciągłe doskonalenie procesu szkoleń.

Pracownik w module Moje konto będzie posiadał dotychczasową ścieżkę rozwoju zawodowego w postaci wykazu zdobytych już kwalifikacji.

Kadra kierownicza planując swoją ścieżkę rozwoju może odnieść się do wypracowanego i udostępnionego w portalu Akademia PGG Modelu kompetencyjnego. W Polskiej Grupie Górniczej S.A. w ramach konsultacji branżowych przeprowadzono prace nad Modelem Kompetencyjnym dla kluczowych stanowisk kadry kierowniczej. W tworzeniu modelu wzięli udział przedstawiciele kierownictwa Oddziałów PGG, posiadający doświadczenie branżowe. Znajomość specyfiki kluczowych stanowisk kierowniczych wniosły znaczny wkład w budowę Modelu Kompetencji. W trakcie badań wyznaczone zostały kompetencje, które są ważne dla naszej firmy i niezbędne dla wszystkich pracowników niezależnie od zajmowanego stanowiska pracy oraz takie, które wspomagają rozwój firmy.

W ramach Akademii PGG realizowane są również programy dla grup specjalistów takie jak: Organizacja ucząca się, Akademia Zarządzania Projektami w Przemyśle IPMA, Konsultanci Zarządzania, których celem jest m.in. kaskadowanie wiedzy i doświadczenia.

Portal Akademia PGG jest również miejscem komunikowania się z przyszłymi pracownikami. W Polskiej Grupie Górniczej S.A. stosowana polityka szkoleń i rozwoju kadr umożliwiła zbudowanie spójnego systemu zapewniającego rozwój kompetencji pracowniczych i ich wiedzy. System ten obejmuje wszystkich pracowników PGG, ale również przyszłych pracowników, którzy aktualnie podejmują naukę w szkołach branżowych, technicznych oraz w uczelniach wyższych. W module Dla ucznia zamieszczane są informacje niezbędne dla osób zainteresowanych pracą w naszych Oddziałach. Informacje dla uczniów szkół branżowych, technicznych i uczelni wyższych są dostępne nie tylko dla grupy pracowników PGG. Mogą z nich korzystać również inne zainteresowane osoby, które odwiedzą stronę Akademia PGG spoza Spółki.

2.3. Aplikacja do zarządzania procesem szkoleń CMS - Course Management System

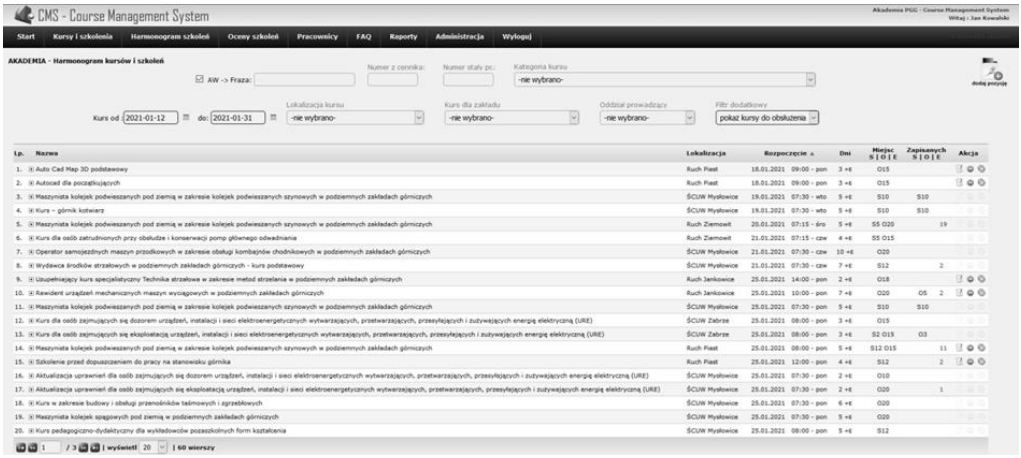
Narzędziem połączonym z portalem Akademia PGG jest aplikacja CMS (Course Management System), wspierająca zarządzanie procesem szkoleń w spółce. Aplikacja jest autorskim narzędziem Polskiej Grupy Górniczej S.A. Została opracowana i stworzona przez Departament Wsparcia HR oraz Zakład Informatyki i Telekomunikacji PGG S.A. Od października 2020 r. funkcjonowała w wersji pilotażowej a od 4 stycznia 2021 roku funkcjonuje w pełnej wersji we wszystkich Oddziałach PGG S.A. Obsługiwana jest przez Koordynatorów ds. szkoleń i rozwoju PGG S.A. oraz przez ośrodek szkolenia SYNERCOM USŁUGI WSPÓLNE Sp. z o.o.

Aplikacja CMS umożliwia planowanie, organizowanie, realizowanie, zamieszczenie programów do kursów, rejestrowanie, ocenę oraz kontrolę szkoleń i kursów oraz innych programów rozwojowych, w tym studiów. Jedną z jej funkcji jest przesyłanie do pracowników skierowanych na szkolenia informacji do Mojego konta w portalu Akademia PGG.

Aplikacja CMS posiada aktualnie sześć modułów, ciągle rozbudowywanych i dostosowywanych do nowych potrzeb:

- Kursy i szkolenia - zawiera wymagania jakie musi spełnić pracownik, żeby przystąpić do kursu m.in. wykształcenie, wiek, staż pracy, stanowisko pracy, posiadanie odpowiednich badań psychologicznych,
- Harmonogram szkoleń - aktualny harmonogram szkoleń dla Oddziałów PGG S.A. wraz z lokalizacją realizacji szkolenia i funkcją zapisywania pracowników na szkolenia; zawiera również informację o realizacji szkoleń oraz o wystawianych zaświadczeniach i wynikach egzaminów; moduł zapewnia szybką wymianę informacji pomiędzy organizatorami szkoleń,

- Ocena szkoleń – informacje zwrotne od pracowników na temat zrealizowanych szkoleń, dotychczas obowiązująca ocena szkoleń w wersji papierowej została zastąpiona wersją elektroniczną
- Pracownicy – zawiera wykaz posiadanych przez pracowników zdobytych już kwalifikacji, uprawnień, stażu itp. w celu sprawdzenia czy pracownik spełnia wymagania konieczne do udziału w kursie - opisane w module Kursy i szkolenia,
- FAQ najczęściej zadawane pytania – moduł służący do odpowiedzi na pytania od pracowników, które są zadawane poprzez formularz kontaktowy w portalu Akademia PGG lub poprzez kontakt z osobami odpowiedzialnymi za proces szkoleń,
- Raportowanie – moduł generujący wszelkie raporty, dostarczające osobom obsługującym proces szkolenia niezbędnych informacji potrzebnych do zarządzania szkoleniami w tym m.in. kto powinien odbyć szkolenie w najbliższym czasie, ilu pracowników zrealizowało konkretny kurs. Pomocny jest również przy rozliczaniu faktur.



Rys. 5. Aplikacja CMS
Figure 5. Course Management System application

Zaletą aplikacji CMS jest ściśle dostosowana funkcjonalność do procesu podnoszenia kwalifikacji w Polskiej Grupie Górniczej S.A., przez co aplikacja jest intuicyjna a proces obsługi bardzo szybki. Tworzona była oraz ciągle jest rozbudowywana w oparciu o potrzeby osób zajmujących się procesem szkoleń na co dzień.

Aplikacja jest niezbędna do realizacji jednego z głównych celów spółki jakim jest „Optymalne dopasowanie kompetencji i kwalifikacji pracownika do zajmowanego stanowiska, zarządzanie wiedzą, odkrywanie potencjału pracowników oraz rozwój pracowników zgodny z potrzebami prowadzonej działalności".

Aplikacja CMS pozwala na zebranie wszystkich informacji dotyczących szkoleń w jednym miejscu oraz zapewnia każdemu pracownikowi poprzez moduł Moje konto w portalu Akademia PGG szybki dostęp do tych informacji.

Ponadto aplikacja CMS w połączeniu z portalem Akademia PGG wychodzi naprzeciw potrzebom związanym z ograniczaniem bezpośredniego kontaktu w okresie pandemii.

3. ROZWÓJ PRACOWNIKÓW I SZKOLENIA W OKRESIE PANDEMII

Pojawienie się pandemii SARS-CoV2 przyniosło nowe wyzwania szczególnie w zakresie utrzymania naturalnego działania obszaru szkoleń i rozwoju w warunkach stanu wyjątkowego związanego z ograniczeniami w zakresie prowadzenia szkoleń i kursów w formie stacjonarnej. Umożliwienie pracownikom kształcenia w warunkach pandemii stało się priorytetem w tym działaniu, ponieważ pozwoliło na normalne wykonywanie obowiązków na stanowiskach pracy, a tym samym zabezpieczało prowadzenie biznesu. To był okres wielkiej próby i test możliwości. Wiele czynności należało przeorganizować. Cała załoga Spółki uczyła się działać w warunkach lockdownu, w obliczu nowej sytuacji prawnej. Bardzo szybko zostały wprowadzone kursy on-line, e-learning i webinaria. Praktyczna część kursów odbywała się w reżimie sanitarnym, w miejscach przeznaczonych do praktycznej nauki zawodu. Forma szkoleń on-line została tak poprowadzona, aby przekazać szkolącym się jak najwięcej informacji i równocześnie sprawdzić tę wiedzę. Pracownik wykaże aktywność również w trakcie szkoleń zdalnych, ale pod warunkiem, że zaoferuje się mu odpowiednio dużo narzędzi. PGG zaoferowało zatem swoim pracownikom m.in. portal szkoleniowy Akademia PGG oraz Gwarek on-line, na których dodatkowo mają dostęp do materiałów szkoleniowych, które mogą wspomóc ich w procesie samokształcenia oraz utrwalania wiedzy zdobytej podczas szkoleń. Zdalne formy szkoleń, a także narzędzia służące takiemu właśnie kształceniu są ciągle uatrakcyjniane. Wygaśnięcie pandemii nie będzie skutkować rezygnacją z form e-learningu i on-line. Dzisiejsze organizacje przestają być strukturalne. Postrzegane są jak życie ludzkie, które nigdy nie powraca dokładnie do tego samego stanu.[4] Tak jest również w tym przypadku, gdzie szkolenia on-line przestały być więc czymś wyjątkowym, trudno dostępnym, stając się popularną, wygodną i skuteczną metodą podnoszenia wiedzy i kwalifikacji. Z kolei zastosowanie formy hybrydowej, łączącej formy on-line, stacjonarnej na sali szkoleniowej oraz wykorzystanie bazy praktycznej do nauki zawodu jest optymalnym rozwiązaniem w środowisku górniczym.

Portal Akademia PGG był tworzony w trakcie pandemii i część materiałów, która jest w nim umieszczona dotyczy m.in. specyfiki pracy w trakcie pandemii, zarządzania zmianą, zarządzania zespołem rozproszonym itp. Z uwagi na ten fakt portal zgłoszono do konkursu "HR of Change" miesięcznika "Personel i Zarządzenie" i został wyróżniony. Wyróżnienie w kategorii Szkolenia i Rozwój zostało przyznane za stworzenie w okresie pandemii autorskiego projektu – wirtualnego portalu wspierającego merytorycznie i kompetencyjnie pracowników Polskiej Grupy Górniczej S.A. Ideą ogólnopolskiego konkursu było nagrodzenie działań HR-owców, wspierających dostosowanie organizacji do wymogów biznesu w trudnym czasie pandemii.

PODSUMOWANIE

Kompleksowy program szkoleniowo-rozwojowy Akademia PGG oraz stworzone w tym zakresie narzędzia informatyczne: portal Akademia PGG oraz aplikacja CMS Course Management System zapewniają realizację polityki szkoleń i rozwoju pracowników Spółki.

Działania te pozwoliły na wsparcie załogi, przyczyniające się do wzrostu motywacji, efektywności pracy i zwiększenia zaangażowania także poprzez dostarczenie odpowiednich narzędzi np. ułatwiających organizację pracy, narzędzi zarządczych.

Aktualnie prowadzone działania w ramach zapewnienia Spółce wykwalifikowanych kadr są ciągle doskonalone.

Podejmując różne ponadstandardowe działania w obszarze polityki szkoleń, chcemy aby pracownicy zrozumieli, że to właśnie uczący się, a nie wykładowca, trener czy też przełożony ponosi odpowiedzialność za to, czego się nauczą. Samodoskonalenie polega na wzięciu odpowiedzialności za swój proces rozwoju i samodzielnym zaplanowaniu swoich działań rozwojowych.[5] W XXI wieku większość organizacji oczekuje od swoich pracowników, że sami będą kierować swoim doskonaleniem. Oczekiwanie Polskiej Grupy Górniczej jest takie samo, z tym, że Spółka oferuje pracownikom pełen wachlarz możliwości, z których mogą korzystać aby budować swoją ścieżkę rozwoju. Należy również wziąć pod uwagę, że będą nam ciągle towarzyszyć wszelakie zmiany czy na rynku pracy, czy w procesach gospodarki i biznesu, jak również w naszym prywatnym życiu. Miniony rok pokazał nam, że te zmiany mogą nastąpić nagle i mieć ogromny zasięg. Musimy być do tego przygotowani i również pod tym kątem - przygotowania do zmian i elastyczności działania, powinniśmy budować swoje kompetencje. W minionych czasach zmiana była wydarzeniem, obecnie jest codziennością. Zaangażowanie i inicjatywa w działaniu pozwalają nam zobaczyć efekty swojej pracy i mieć poczucie sprawczości, a to powoduje poczucie panowania nad sytuacją, przynajmniej w swoim, dostępnym zakresie. Proponując narzędzia i materiały w Akademii PGG staramy się również budować świadomość naszych pracowników w zakresie odkrywania własnego potencjału i obszarów do rozwoju, efektywnych zasad współpracy w zespole, dużej roli komunikacji na wielu poziomach i różnych płaszczyznach. Zauważenie i zidentyfikowanie pewnych otaczających nas zachowań i zjawisk w procesie pracy, dają nam możliwość ich korygowania i polepszenia sytuacji. To wszystko pozwala skutecznie budować pracownikowi swoje mocne strony, kiedy ma do dyspozycji w każdym dostępnym czasie dedykowane narzędzia, materiały i programy. Praca nad programem rozwojowym Akademia PGG została zweryfikowana i zmodyfikowana pod wpływem bieżących zdarzeń związanych z pandemią, które ukształtowały na miarę aktualnych potrzeb portal Akademia PGG i nadały mu kierunek. Działania zrealizowane w Polskiej Grupie Górniczej S.A. w trakcie pandemii udowadniają, że nawet w tak trudnych warunkach można się rozwijać.

RYSUNKI

Rys. 1. Główne działania w ramach Akademii PGG
Rys. 2. Strona startowa Akademii PGG
Rys. 3. Mapa strony Akademii PGG
Rys. 4. Kategorie materiałów szkoleniowych w Akademii PGG
Rys. 5. Aplikacja CMS

LITERATURA

[1] M. Adamiec, B. Kożusznik: „Zarządzanie zasobami ludzkimi. Aktor-Kreator-Inicjator", Wydawnictwo AKADE, Katowice 2000.
[2] A. Czapla: „Wdrażanie procesów zarządzania wiedzą w kontekście efektywnego przywództwa, [w:] W. Bańka (red.): Wymiary przywództwa w organizacji w XXI w., Wydawnictwo Naukowe Novum, Płock 2004.
[3] J. Tokar: „Samodoskonalenie menedżerów – rozwój kompetencji przywódczych", Wydawnictwo Difin SA, Warszawa 2013.
[4] M. Adamiec: „Potencjał ludzki w organizacji", wydawnictwo Difin S.A., Warszawa 2011.
[5] Por. D. Torrington, L. Hall, S. Taylor: „Human Resource Management, Pearson Education", Harlow, Essex 2008.

Pneumatyczne źródło sejsmiczne do monitorowania prędkości fal sejsmicznych w warunkach podziemnej eksploatacji węgla

Przemysław Sierodzki
CTTEMAG Sp. z o.o. w Katowicach
Politechnika Śląska w Gliwicach

Leszek Remiorz
Politechnika Śląska w Gliwicach

Zbigniew Isakow
CTTEMAG Sp. z o.o. w Katowicach

Rafał Czarny
Uniwersytet Stanowy Pensylwanii, State College

Mateusz Ćwiękała
PGG S.A. Oddział KWK ROW Ruch Rydułtowy

STRESZCZENIE: W artykule przedstawiono koncepcję pneumatycznego wzbudnika fal sejsmicznych oraz pierwsze rezultaty testu prototypu. W założeniach, konstrukcja źródła ma być dostosowana do warunków podziemnej eksplantacji węgla, tj. z zachowaniem wymogów iskrobezpieczeństwa. Wzbudzanie ma odbywać się w krótkich odstępach czasu, rzędu kilku minut, co umożliwi wysokorozdzielcze w czasie monitorowanie prędkości różnych typów fal sejsmicznych. Quasi ciągły pomiar pozwoli na dokładniejsze śledzenie zmian pola naprężeń w rejonie wydobycia zmniejszając tym samym ryzyko wystąpienia tąpnięcia. Projektowane źródło będzie współpracowało z systemem sejsmoakustycznym ARES-5/E.

SŁOWA KLUCZOWE: Źródło sejsmiczne, wzbudnik sejsmiczny, hazard sejsmiczny w kopalni, tąpnięcie górotworu, wstrząsy górnicze, system sejsmiczny

1. WPROWADZENIE

Dla bezpieczeństwa pracy w górnictwie kluczowym zagadnieniem jest utrzymanie stabilności wyrobisk. Proces wydobycia zaburza równowagę górotworu i powoduje występowanie niebezpiecznych koncentracji naprężeń mogących wywoływać tragiczne w skutkach tąpnięcia [1].

Bezpośredni, punktowy pomiar składowych naprężeń, jakkolwiek możliwy przy użyciu różnych czujników, to ze względu na trudny dostęp, objętość i zmienność kontrolowanego obszaru w otoczeniu ściany wydobywczej oraz koszty z tym związane nie jest stosowany praktycznie.

Zdecydowanie lepszym i tańszym sposobem do rozpoznania górotworu i oceny zmienności naprężeń jest wykorzystanie prędkości rozchodzących się w nim fal sejsmicznych wzbudzanych naturalnymi wstrząsami, które zazwyczaj występują w pobliżu miejsc koncentracji naprężeń lub odpalanymi ładunkami wybuchowymi.

W celu uniezależnienia rozpoznania pola naprężenia w górotworze od wstrząsów, ich rozkładu i ewentualnych błędów lokalizacji autorzy zaproponowali, skonstruowali oraz wstępnie prze-badali quasi ciągły, impulsowy, tani i łatwy w użyciu wzbudnik fali sejsmicznej WZB Typ 2. Iskrobezpieczny, pneumatycznie sterowany wzbudnik WZB Typ 2 wykorzystywany będzie do wyznaczania prędkości rozchodzenia się fali sejsmicznej od miejsca jej wywołania do miejsca rejestracji przez czujniki geofonowe rozmieszczone w obrębie ściany wydobywczej. Pozwoli to uniknąć stosowania procedur związanych z użyciem małych ładunków wybuchowych w kopalniach metanowych.

2. STAN AKTUALNY ROZWOJU SYSTEMÓW SEJSMICZNYCH DO OCENY ZAGROŻENIA TĄPANIAMI Z WYKORZYSTANIEM METOD AKTYWNYCH STOSOWANYCH NA BIEŻĄCO

W ostatnich latach w rozwoju systemów sejsmicznych do oceny zagrożenia tąpaniami w podziemnych zakładach górniczych obserwuje się dążenie do wdrażania aktywnych metod sejsmicznych szczególnie w rejonach ścian wydobywczych, gdzie to zagrożonych jest znaczące. Prace w tym kierunku zainicjowane zostały skonstruowaniem, wdrożeniem i przebadaniem w latach 2000–2003 w KWK Bielszowice w ramach projektu PCZ–003–20 realizowanego w Rudzkiej Spółce Węglowej wspólnie z Centrum EMAG, Centrum Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa KOMAG i Głównym Instytutem Górnictwa GIG systemu pt. „System monitorowania i wizualizacji oraz sterowania procesem pracy kompleksu ścianowego w restrukturyzowanych kopalniach węgla kamiennego". Opracowano wówczas pierwszy w Polsce system do kontroli i klasteryzacji zjawisk dynamicznych w stropie [2] i system GEOTOMO do określania względnych zmian naprężeń przed frontem ściany wydobywczej z wykorzystaniem organu urabiającego kombajnu [3]. Nowe możliwości funkcjonalne tych systemów umożliwiły dokonywanie na bieżąco oceny zagrożenia tąpaniami. Kolejnym krokiem rozwoju było opracowanie, w latach 2014–2016 systemu pt." Innowacyjne metody i system do oceny zagrożenia tąpaniami na podstawie probabilistycznej analizy procesu pękania i geotomografii online" o akronimie INGEO [4]. Prototyp niekomercyjny systemu INGEO, przeznaczony był do oceny zagrożenia tąpaniami w kopalni, w szczególności w rejonie ściany wydobywczej. System stanowił kontynuację rozwoju znanych i stosowanych w górnictwie systemów: sejsmicznego ARA-MIS M/E i sejsmoakustycznego ARES-5/E. Cechowały go nowe, innowacyjne technologie (cyfrowa transmisja sejsmoakustyczna, światłowodowy dołowy koncentrator pomiarowy). Systemy wyposażone były również w narzędzia do sejsmicznej tomografii pasywnej [5]. Uzyskana nowa jakość rejestrowanych danych stanowiła odpowiedź na rozwijające się trendy na świecie w wykorzystaniu systemów sejsmoakustycznych (mikrosejsmicznych) do monitorowania rejonu wyrzutów gazów [6] oraz przebiegu hydroszczelinowania. W projekcie INGEO podjęto również próbę rozszerzenia funkcjonalności systemu pomiarowego o nowe rodzaje czujników (deformacji, naprężeń, położenia kombajnu) oraz aktywnego wzbudnika sejsmicznego WZB Typ 1. Zasadniczą niedogodnością zaprojektowanego wzbudnika były waga oraz duże rozmiary, co zniechęcało potencjalnych użytkowników od jego stosowania i wdrożeń.

Dla utrzymania koncepcji systemu i dalszego doskonalenia podjęto zasadnicze działania upraszczając jego konstrukcję i zmniejszając jego rozmiar i wagę, kierując się doświadczeniami

opisanymi w pracy [7]. Dążono również do zminimalizowania liczby stosowanych wzbudników w systemie i zmniejszenia liczby koniecznych przebudów.

3. PNEUMATYCZNY WZBUDNIK FALI SEJSMICZNEJ WZB TYP 2

Na rysunku 3.1 przedstawiono wzbudnik WZB Typ 1 zaprojektowany podczas realizacji projektu INGEO. Zasilaniem urządzenia jest sprężone powietrze kontrolowane przez iskrobezpieczny elektrozawór SEMI-2/P. Energia magazynowana jest w trzech sprężynach napinanych przez pneumatyczne siłowniki.



Rys. 3.1. Zdjęcia prototypu niekomercyjnego wzbudnika WZB Typ 1 w systemie INGEO
Figure 3.1. Photos of non-commercial seismic source prototype WZB Type 1 as a part of INGEO system

W celu zoptymalizowania konstrukcji wzbudnika zmieniono zasadniczo jego zasadę działania. Wyeliminowano sprężyny gromadzące energię potencjalną i napinające je siłowniki pneumatyczne, zastępując je masą i układem pneumatycznym pełniącym rolę sprężyny pneumatycznej nadającej masie udarowej wzbudnika w krótkim czasie dużą energię kinetyczną. Pozwoliło to zredukować wagę urządzenia ułatwiając jego stosowanie. Dużą zaletą jest również zastosowanie gotowego komponentu o sprawdzonej konstrukcji produkowanego seryjnie przez firmę OLI młota pneumatycznego typu PS-80 [8]. Korpus wzbudnika wykonano z odlewu aluminiowego, jednak ze względu na konieczność zapewnienia iskrobezpieczeństwa urządzenia dodano stalową osłonę. Na rysunku 3.2 przedstawiono zdjęcia konstrukcji prototypu wzbudnika WZB Typ 2. Konstrukcja składa się z młota pneumatycznego, iskrobezpiecznego sterowania oraz obudowy.



Rys. 3.2. Zdjęcia prototypu zoptymalizowanego wzbudnika WZB Typ 2 z płytą udarową i obudową
Figure 3.2. Photos of the optimized seismic source prototype WZB Type 2 with an baseplate and steel case

W tabeli 1 przedstawiono porównanie parametrów wzbudnika WZB Typ 1 z projektu INGEO, oraz nowego prototypu WZB Typ 2.

Tabela 1. Porównanie parametrów wzbudnika WZB Typ 1 oraz WZB Typ 2

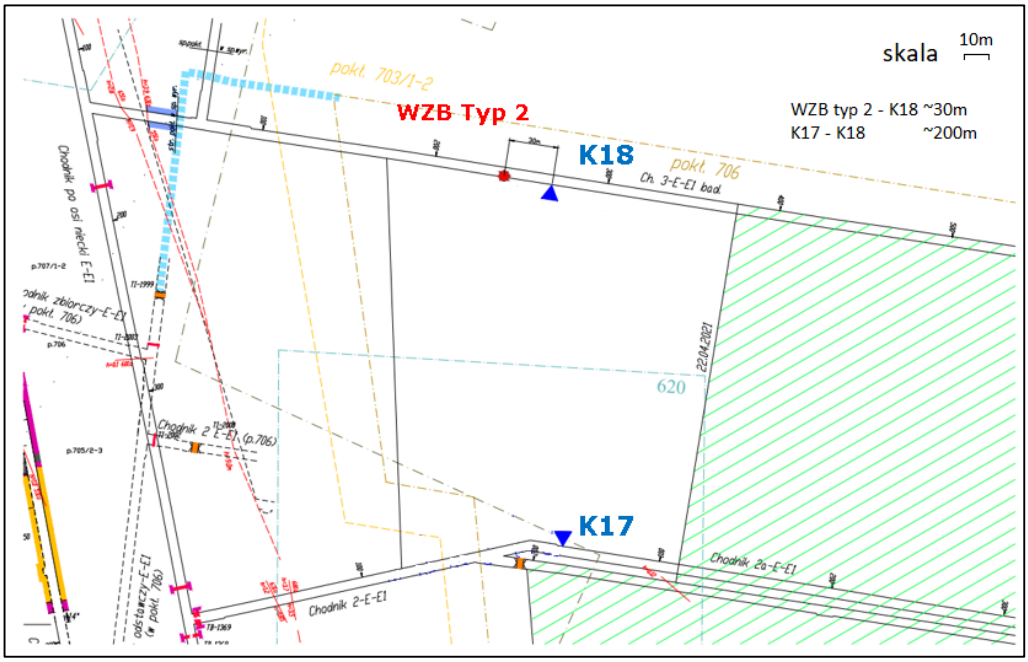
PARAMETRY	WZB Typ 1 (INGEO)	WZB Typ 2 (prototyp)
Energia uderzenia	~300 J	~150 J
Zasilanie (powietrze)	8–10 bar	3–6 bar
Gabaryty (bez uchwytów)	Ø 430×340 mm	350×200×280 mm
Waga (bez płyty udarowej)	~50 kg	~25 kg
Magazyn energii	Sprężyny	Powietrze
Konstrukcja kafara	CTT EMAG	PS-80 (OLI)

4. KARTA POMIAROWA REX_LAN SYSTEMU ARES-5/E

Rejestrowanie i gromadzenie danych podczas pomiaru wzbudnikiem WZB Typ 2 umożliwia zmodyfikowana wersja popularnego systemu sejsmoakustycznego ARES-5/E. Modyfikacja polega na zamontowaniu karty REX_LAN do jednostki rejestrującej systemu ARES-5/E. Zmodyfikowana karta jest w pełni kompatybilna z dotychczas używaną kartą REX. Różnica polega na dodaniu 8 kanałowego przetwornika A/C oraz udostepnieniu wysokorozdzielczego cyfrowego strumienia danych sejsmicznych wysyłanych portem LAN. Rozwiązanie to konsoliduje sposób cyfrowej transmisji danych z systemów ARAMIS M/E, ARES-5/E oraz INGEO. Nowy sposób transmisji dostarcza cyfrowy zapis strumienia danych sejsmicznych oraz zasadniczo upraszcza współpracę systemu ARES z systemem ARAMIS. Modyfikacja umożliwia wykorzystanie programowego detektora impulsów sejsmoakustycznych oraz wykorzystanie rejestrowanych danych systemu do stosowania w nowo opracowanych metodach analiz systemu INGEO.

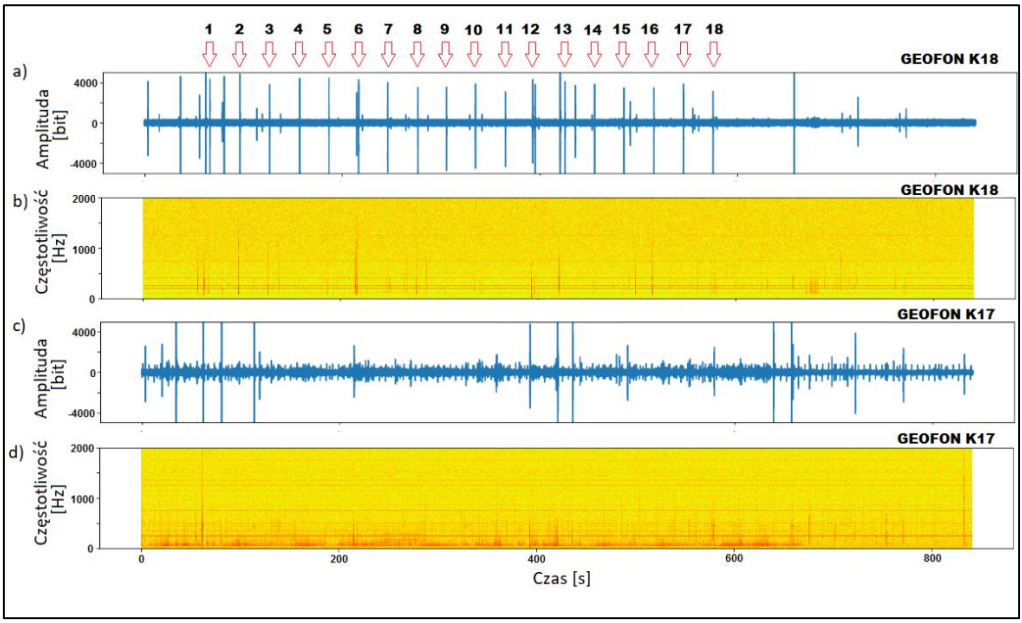
5. TESTOWANIE PROTOTYPU WZBUDNIKA WZB TYP 2

Testowanie wzbudnika przeprowadzono w KWK ROW Ruch „Rydułtowy” w dniu 24 kwietnia 2021 roku, w rejonie ściany III-E-E1, w pokładzie 713/1-2. W czasie pomiaru nie prowadzono robót wydobywczych. Wzbudnik został zamontowany w środku pokładu węgla na 4 kotwach o długości 2,5 m każda. Schemat pomiarowy przedstawiono na rysunku 5.1.



Rys. 5.1. Schemat pomiarowy testu wzbudnika WZB Typ 2 (czerwona kropka).
K18 i K17 (niebieskie trójkąty) – czujniki geofonowe
Figure 5.1. Underground settings of seismic source WZB Typ 2 (red dot) test.
Geophones K18 and K17 are marked by blue triangles

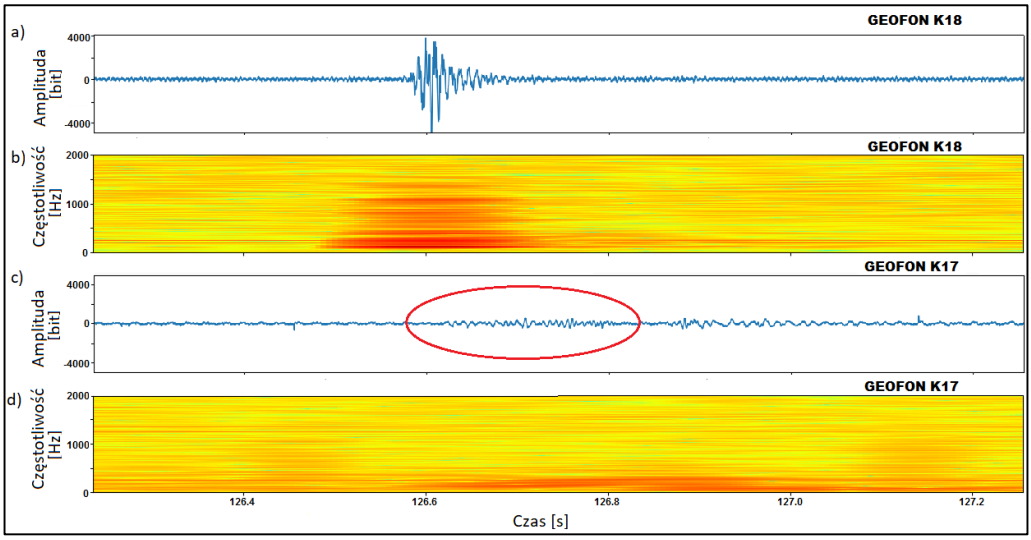
Fale sejsmiczne generowane wzbudnikiem WZB Typ 2 odbierano geofonami K18 oraz K17 (Rys. 5.1). Geofony o częstotliwości rezonansowej 28 Hz podłączono do iskrobezpiecznego systemu sejsmoakustycznego ARES-5/E. Rozmieszczono je odpowiednio 30 m od wzbudzenia (geofon K18) oraz około 200 m od wzbudzenia fali po przeciwległej stronie ściany, w chodniku nadścianowym 2-E-E1 (geofon K17). System ARES-5/E pracował w trybie ciągłej rejestracji z nową kartą REX_LAN. Częstotliwość próbkowania wynosiła 4000 Hz. Podczas testu zarejestrowano impulsy wywoływane uderzeniami wzbudnika podczas jego testowania. Na rysunku 5.2 przedstawiono rejestracje geofonów K18 oraz K17 w dziedzinie czasu i częstotliwości podczas 18 uderzeń wzbudnika dokonywanych w odstępach co 30 sekund. Na rejestracje nakładają się naturalne wstrząsy występujące na ścianie. Rejon badań był obszarem kopalni o dużej aktywności sejsmicznej.



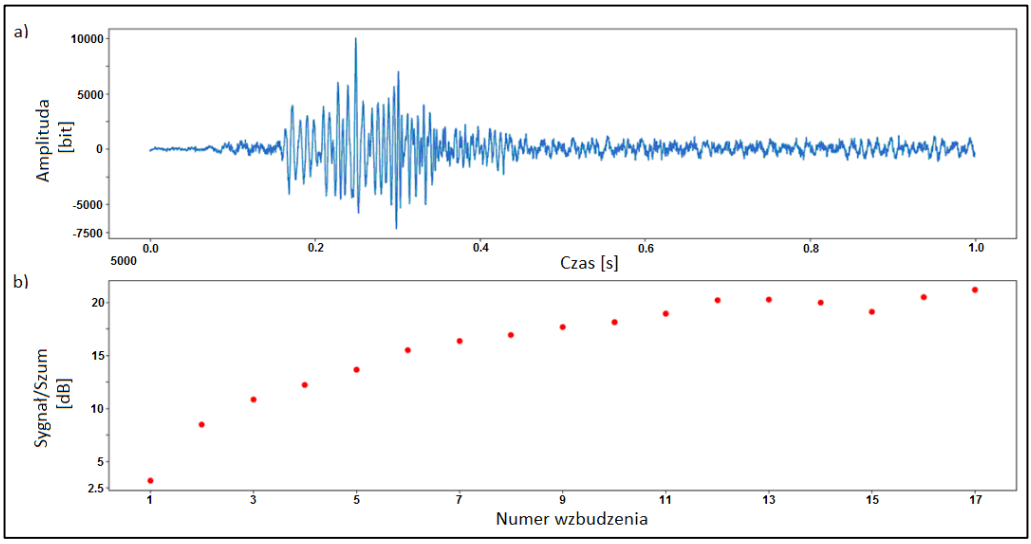
Rys. 5.2. Ponad 800 s ciągłej rejestracji systemem ARES 5/E wraz z nową kartą REX_LAN. Czerwoną strzałką zaznaczono 18 wzbudzeń źródłem WZB Typ 2 odebranych geofonami K18 i K17. (a) rejestracja K18 w domenie czasu, (b) rejestracja K18 w domenie częstotliwości, (c) rejestracja K17 w domenie czasu, (d) rejestracja K17 w domenie częstotliwości
Figure 5.2. Over 800 s continuous recording of the ARES 5/E with REX_LAN card. The red arrows the seismic source events are marked. (a) K18 in time domain, (b) K18 in frequency domain, (c) K17 in time domain, (d) K17 in frequency domain

Rysunek 5.3 przedstawia rejestrację pojedynczego uderzenia w dziedzinie czasu i częstotliwości. Trzeba zaznaczyć, że są to pomiary podczas postoju ściany i tło sejsmiczne jest bardzo niskie. Można zaobserwować, że sygnał odebrany 30 m od źródła sejsmicznego (geofon K18) charakteryzuje się częstotliwościami widma do około 1400 Hz. Ten sam sygnał odebrany po drugiej stronie ściany po przebyciu około 200 m (geofon K17) ma zredukowane widmo do około 500 Hz.

WZB Typ 2 w założeniach ma dostarczać wysokorozdzielczego zapisu sejsmicznego fal propagujących przez całą ścianę (na wzór aktywnej tomografii sejsmicznej) w krótkich odstępach czasu. Pojedyncze wzbudzenie, jak pokazuje rysunek 5.3c i 5.3d nie przedstawia wysokiego współczynnika sygnału użytecznego do szumu (S/N). Jednym ze sposobów poprawy S/N jest sumowanie sekwencji uderzeń. Na rysunku 5.4. przedstawiono wynik sumowania 17 uderzeń. Do sumowania wykorzystano korelację pomiędzy sejsmogramami z geofonu K18 następujących kolejno po sobie wzbudzeń (Rys. 5.2 czerwone strzałki). Po zsumowaniu około 10 uderzeń uzyskano znaczący wzrost S/N rzędu 20 dB. Otrzymana paczka fal sejsmicznych zaznacza się wyraźnie już od około 0,1 s do 0,5 s, sugerując obecność zarówno fal objętościowych jak i fal dyspersyjnych oraz przypuszczanie fal wielokrotnie rozproszonych.



Rys. 5.3. Pojedyncze uderzenie wzbudnika WZB Typ 2 zarejestrowane przez geofony K17 oraz K18. rejestracja K18 w domenie czasu (a) i częstotliwości (b), rejestracja K17 w domenie czasu (c) i częstotliwości (d)
Figure 5.3 Single strike of the seismic source WZB Type 2 recorded by geophone K17 and K18. K18 in time domain (a) and frequency domain (b). K17 in time domain (c) and frequency domain (d)



Rys. 5.4. Wynik sumowania 16 uderzeń prototypu wzbudnika WBZ Typ 2 jako sumarycznej rejestracji geofonu K17 (a). Stosunek sygnału użytecznego do szumu w zależności od ilości uderzeń (b)
Figure 5.4. The result of 16 shots stacking on the waveforms recorded at K17 (a) and corresponding S/N ratio (b)

WNIOSKI

Przeprowadzone testy prototypu zoptymalizowanego wzbudnika pneumatycznego WZB Typ 2 wykazały możliwość jego zastosowania do skutecznego wzbudzania fali sejsmicznej w warunkach podziemnej eksploatacji węgla. Głównym celem konstrukcji tego urządzenia jest umożliwienie łatwego i prawie ciągłego monitorowania prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych i pośrednio oceny występowania miejsc groźnych koncentracji naprężeń. Wykonane badania dowiodły, że system sejsmoakustyczny ARES-5/E z analogową transmisją sygnałów był w sta-nie zarejestrować fale sejsmiczne różnego typu po przeciwległej stronie ściany. W docelowym rozwiązaniu systemu wiele elementów wymaga udoskonalenia. Konieczna jest rejestracja zapisu bezpośrednio przy wzbudniku do wykorzystania jej jako znacznik czasowy sumowania, jak również oszacowania energii uderzenia czy poprawy rozdzielczości sumowanych sejsmogramów. Wzbudnik w wersji komercyjnej będzie mógł być wyzwalany z powierzchni, co pozwoli na pomiar podczas produkcji. Cyfrowa transmisja danych oraz nadajniki z przetwornikami A/C montowane przy geofonach (system INGEO) zwiększą dynamikę rejestracji. Z kolei uproszczona konstrukcja wzbudnika i zmniejszona jego masa do około 25 kg uczyni go bardziej przyjaznym w stosowaniu i przyczyni się do szerszego wdrażania najbardziej skutecznych aktywnych metod oceny zagrożenia tąpaniami w górnictwie.

LITERATURA

[1] Mendecki A.J. 1996: Seismic monitoring in mine, Chapman $ Hall, London.
[2] Leśniak A., Isakow Z. 2009: Space-time clustering of seismic events and hazard assessment in the Zabrze-Bielszowice coal mine, Poland, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier, 46/5, pp. 918–928.
[3] Isakow Z. 2009: Geotomography with the help of a cutter-loader working organ as a source of imaging waves. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier, 46/7, pp. 1235–1242.
[4] Isakow Z. (Kierownik projektu i współredaktor wydania) 2016. Współautorzy rozdziałów: Augustyniak A., Cianciara A., Cianciara B., Isakow Z., Juzwa J., Kuciara I., Makola R., Piwowarski W., Pysik A., Siciński K., Sierodzki P., Słoka Z.: Innowacyjne metody i system do oceny zagrożenia tąpaniami na podstawie probabilistycznej analizy procesu pękania i geo-tomografii online. Monografia – wynik realizacji projektu INGEO, Instytut Technik Innowacyjnych ITI EMAG, ISBN 978-83-63674-27-4, str. 1–156.
[5] Dębski W. 2010: Seismic Tomography by Monte Carlo Sampling. Pure. Appl. Geophys. vol. 167, pp. 131–152.
[6] Kozłowski B., Polak Z., Prokop P. 2014: Wyrzuty gazów i skał. Wydawnictwo Śląsk, str. 652.
[7] Salmon Brian P., Goldswain G., Lynch Richard A., Rebuli Daryl, Olivier Jan C. and Kleynhans Waldo 2019: Estimating changes in seismic wave velocity from a pneumatic source in an operational mine. Geophysics.
[8] Instrukcja obsługi: „Młot pneumatyczny typu PS-80” firmy OLI.

Pneumatic Seismic Source for Monitoring Velocity Changes of Seismic Waves in Underground Coal Mining Conditions

ABSTRACT: In the paper, the concept and the first test of the seismic source WBZ Type 2 were presented. The idea is to construct the seismic source tailored for underground measurement

requirements, including intrinsically safety demand. The source will be triggered every few minutes or less, which gives the ability to track seismic velocity changes with high accuracy in time. Quasi-continuous measurement allows to monitor stress field changes, and in consequence, reduce the hazard of rockburst. The WZB type 2 will be compatible with the ARES-5/E seismic system.

Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2021

„Pneumatyczne źródło sejsmiczne do monitorowania prędkości fal sejsmicznych w warunkach podziemnej eksploatacji węgla”

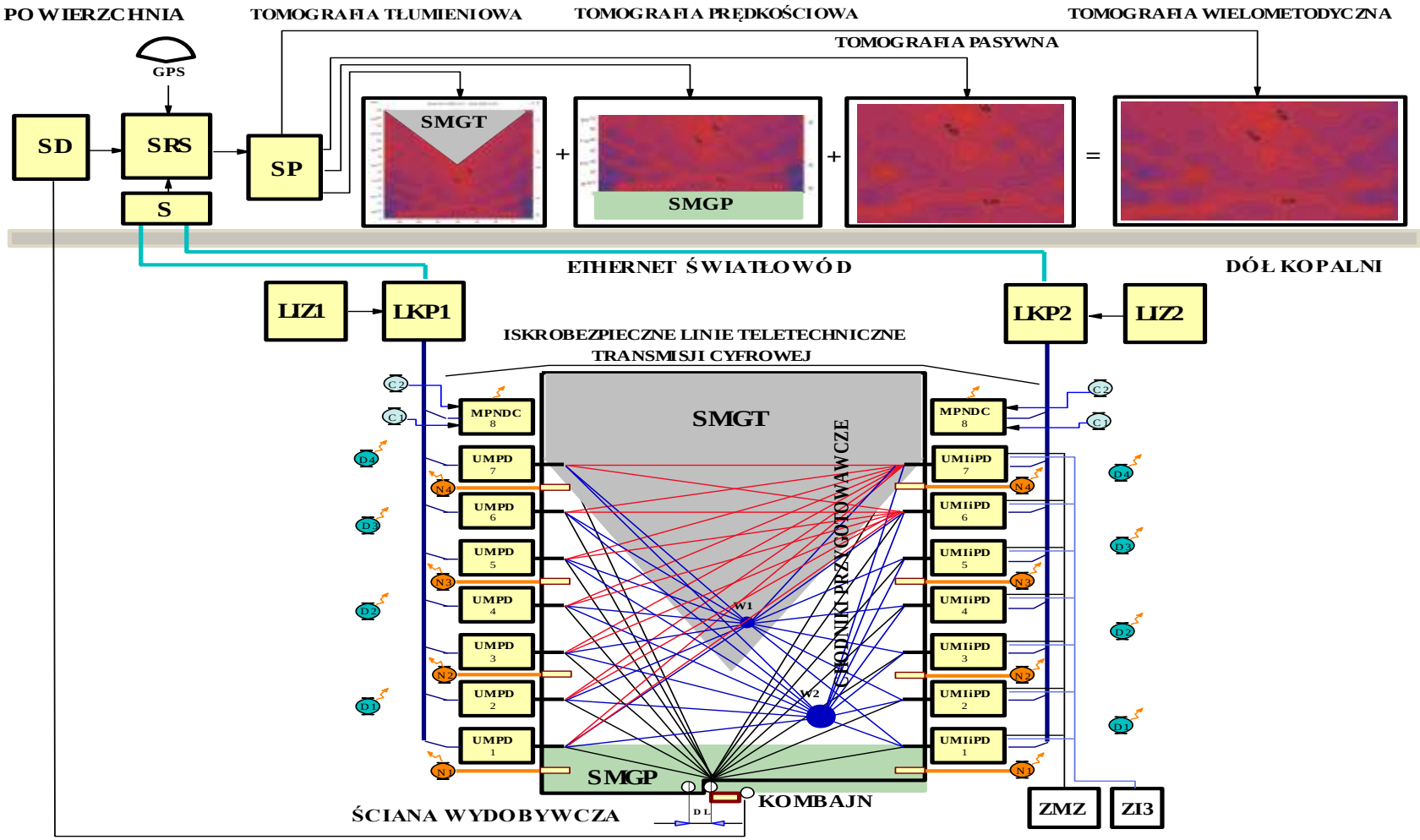
mgr inż. Przemysław Sierodzki
dr hab. inż. Leszek Remiorz prof. w PolSl
dr hab. inż. Zbigniew Isakow
dr inż. Rafał Czarny
mgr inż. Mateusz Ćwiękała

Kraków, wrzesień 2021

Obecna sytuacja w kopalniach

- Metoda kompleksowa (profilaktyka tąpaniowa)
  - Metoda rozeznania górniczego
  - Metoda sejsmiczna (ARAMIS, SOS)
  - Metoda sejsmoakustyczna (ARES)
  - Metoda energetycznej prognozy
  - Metoda wierceń małośrednicowych
- Tomografia aktywna
  - Ładunek wybuchowy
  - Młotek (sumowanie)
- Tomografia pasywna (źródłem naturalny wstrząs)
- Brak pomiarów podczas pracy ściany i użycia aktywnych automatycznych wzbudników

PROJEKT INGEO – inspiracja



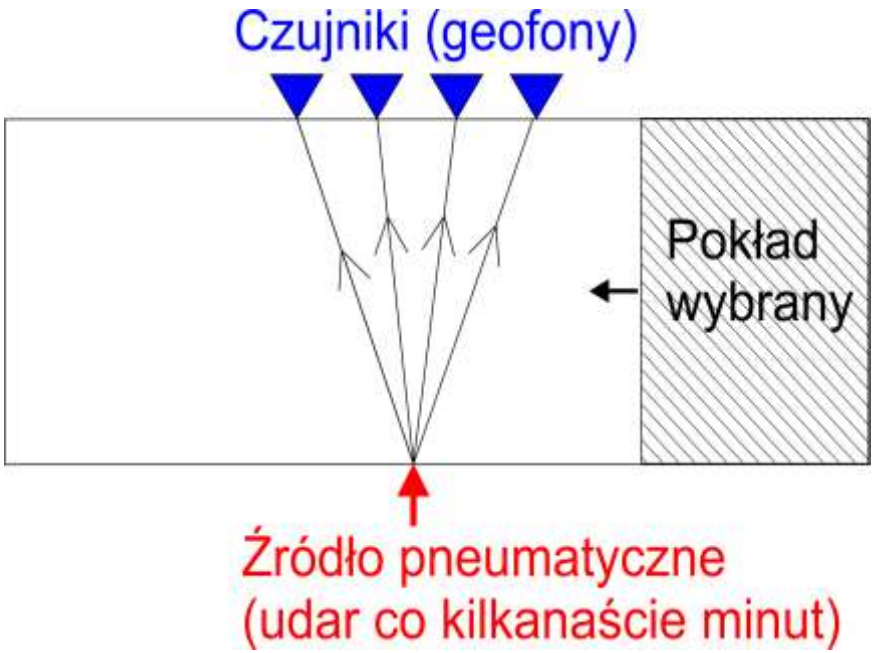
Politechnika Śląska

CTT EMAG

PROJEKT INGEO - inspiracja

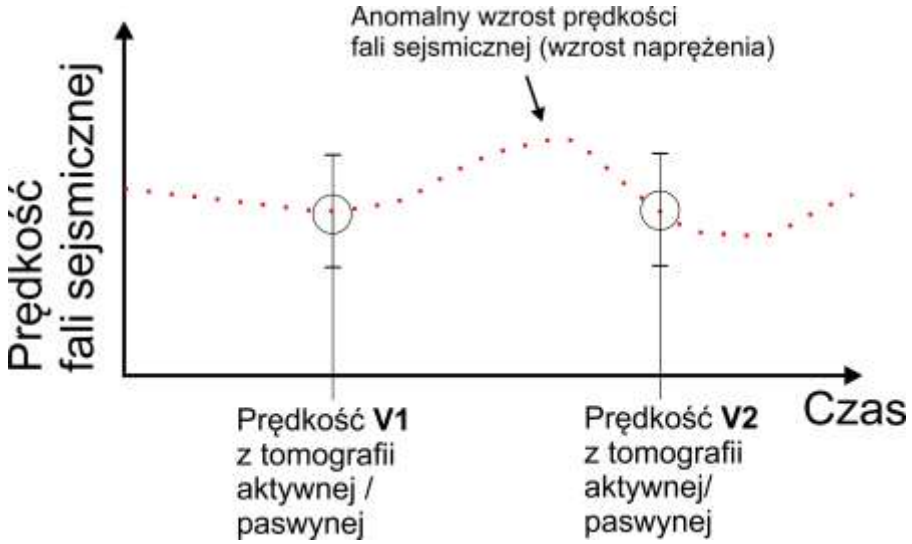
- rozwój transmisji DTSS
- uniwersalny nadajnik (konfigurowalna częstotliwość próbkowania, sterowanie)
- iskrobezpieczny koncentrator dołowy
  - synchronizacja czasu (protokół PTP)
  - technika światłowodowa
  - krótkie linie transmisyjne
- integracja systemów (wspólna ramka danych)
- urządzenia towarzyszące (**wzbudniki**, czujniki radiowe)
- automatyzacja tomografii ściany

Koncepcja



1. Quasi-ciągły pomiar prędkości fal
2. Brak relokalizacji źródła i odbiorników
3. Dokładniejszy opis zmian pola naprężeń w rejonie wydobycia dzięki częstym pomiarom

IDEA

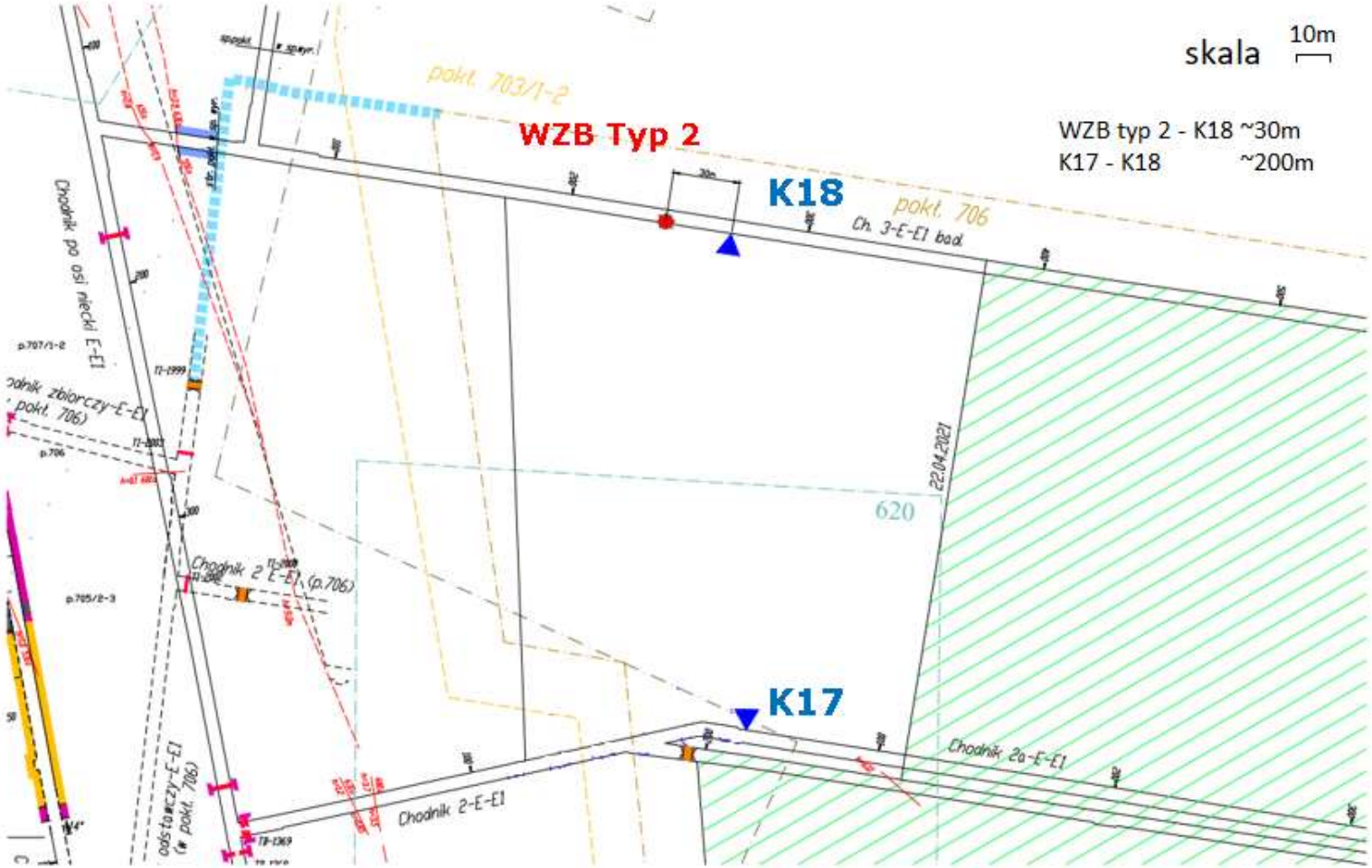


1. Tomografia sejsmiczna aktywna / pasywna z powodów ekonomicznego i metodologicznego wykonywania w dużych odstępach czasu może nie być w stanie wychwycić anomalnych i małych zmian prędkości (pola naprężeń)
2. Błędy inwersji + zmienna lokalizacja źródła – odbiornik zmniejszają dokładność pomiaru prędkości

Testy wzbudnika

- Miejsce pomiarów - KWK ROW Ruch „Rydułtowy”
- Ściana - III-E-E1 w pokładzie 713/1-2
- Praca ściany – postój
- Czas pomiarów – 25.04.2021r.
- Zastosowana aparatura:
  - System ARES-5/E
  - Karta rozszerzeń REX-LAN
  - Wzbudnik PS-80

Testy wzbudnika - mapa



System sejsmoakustyczny ARES-5/E



Podstawowe dane

- Typ - iskrobezpieczny
- Zakres - 28-1500Hz (2500Hz*)
- Tor transmisji – analogowy
- Składowe czujników - 1
- Praca - ściana
- Interfejs – COM
- Przetwornik – 9Bit (±255)
- Detektor zjawisk - sprzętowy
- Ciągły zapis danych – brak

System sejsmoakustyczny ARES-5/E
Karta rozszerzeń REX-LAN



Podstawowe dane

- Typ - iskrobezpieczny
- Zakres - 28-1500 Hz (2500Hz*)
- Tor transmisji – analogowy
- Składowe czujników- 1
- Praca - ściana
- Interfejs – Ethernet
- Przetwornik – 16Bit (±32768)
- Detektor zjawisk - programowy
- Ciągły zapis danych – jest

Czujnik pomiarowy - sonda SP-5.28/E



Sonda pomiarowa
SP-5.28/E

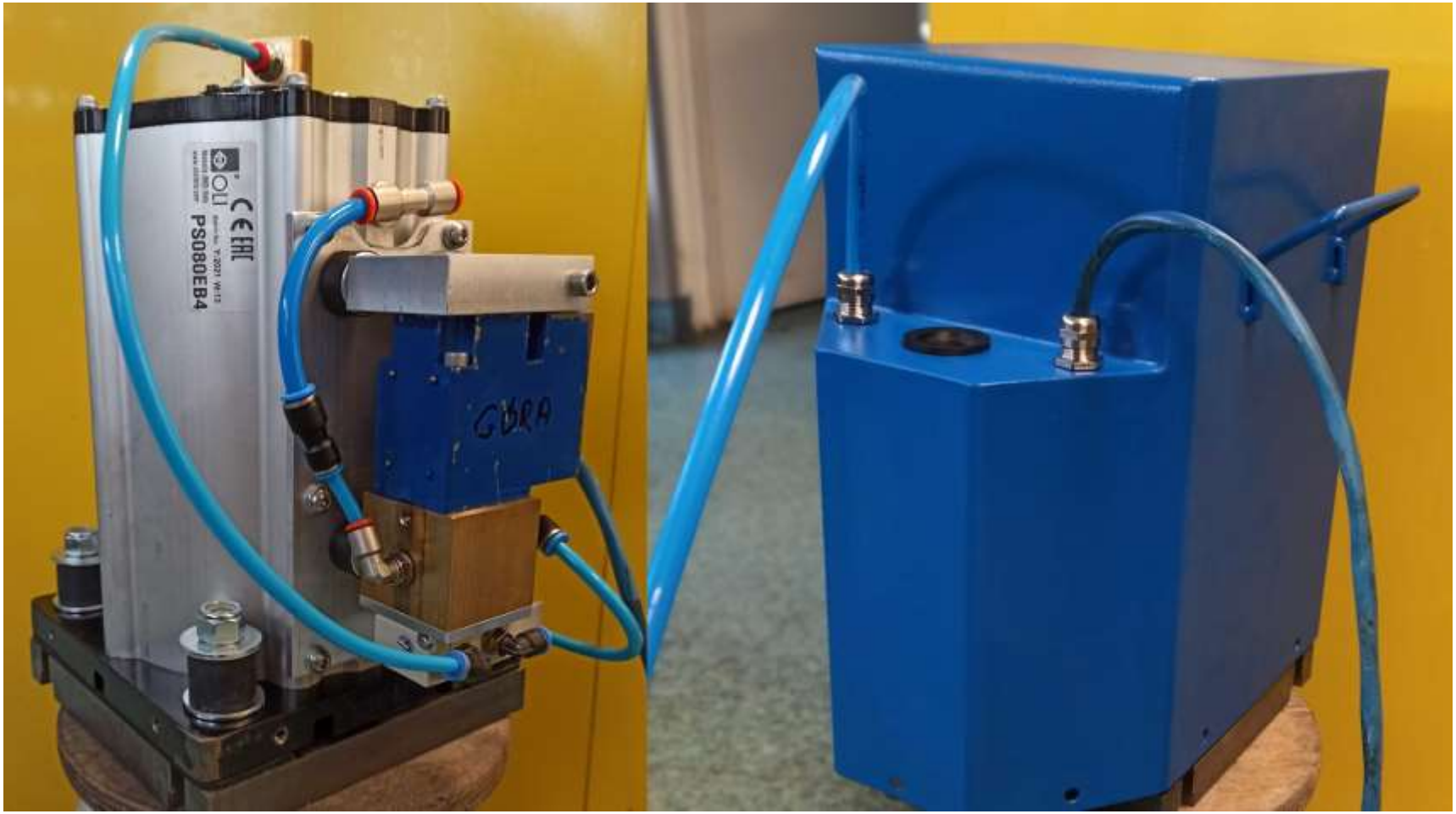


Montaż w ociosie kompletu
nadajnik-sonda

Wzbudnik WZB Typ 1



Wzbudnik WZB Typ 2

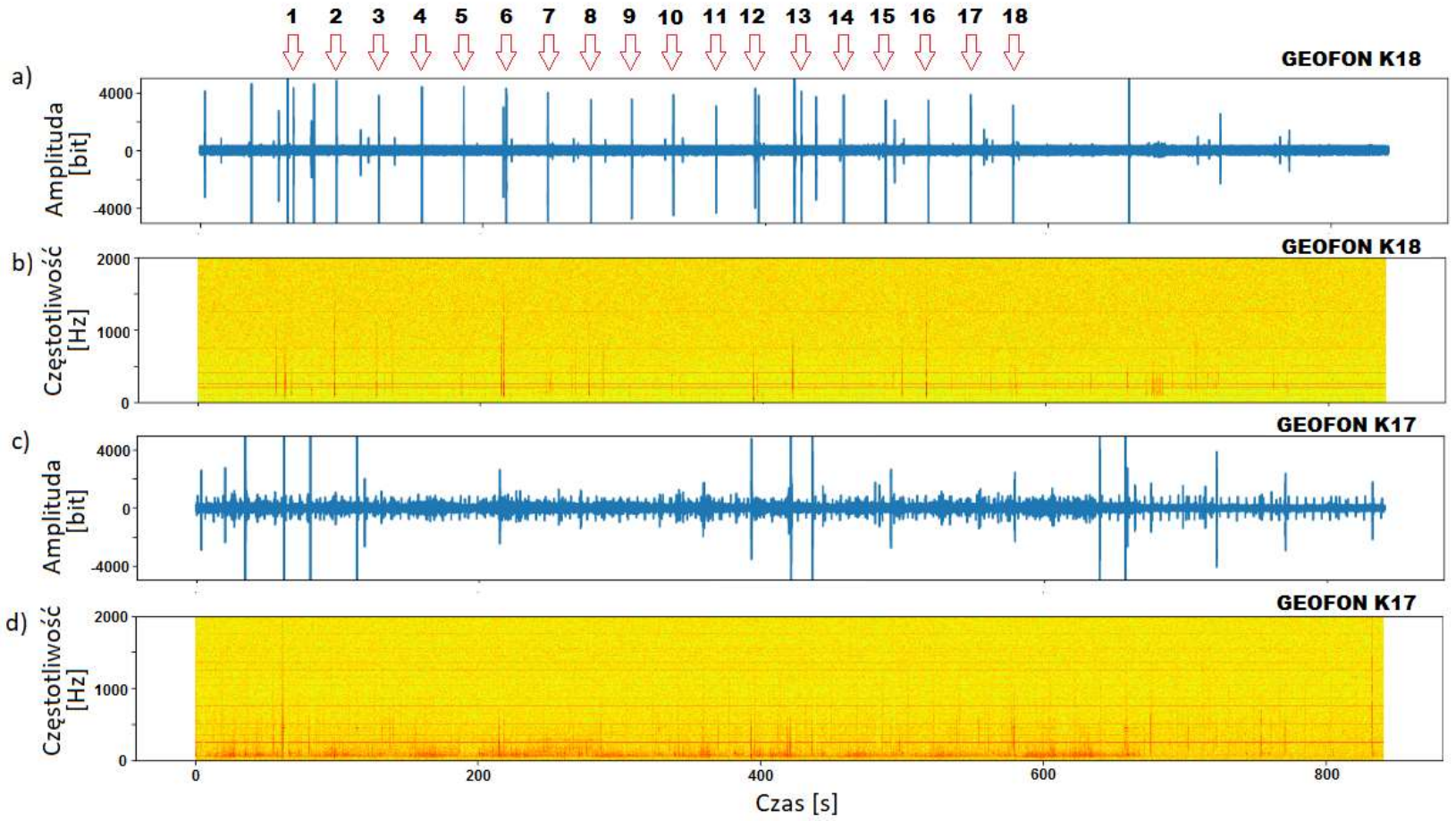


Wzbudniki WZB – porównanie parametrów

Parametry	Wzbudnik WZB Typ 1 (INGEO)	Wzbudnik WZB Typ 2 (prototyp)
Energia uderzenia	~300 J	~150 J
Zasilanie (powietrze)	8-10 bar	3-6 bar
Gabaryty (bez uchwytów)	Ø 430 x 340 mm	350x200x280 mm
Waga (bez płyty udarowej)	~50 kg	~25 kg
Magazyn energii	Sprężyny	Powietrze
Konstrukcja kafara	CTT EMAG	PS-80 (OLI)

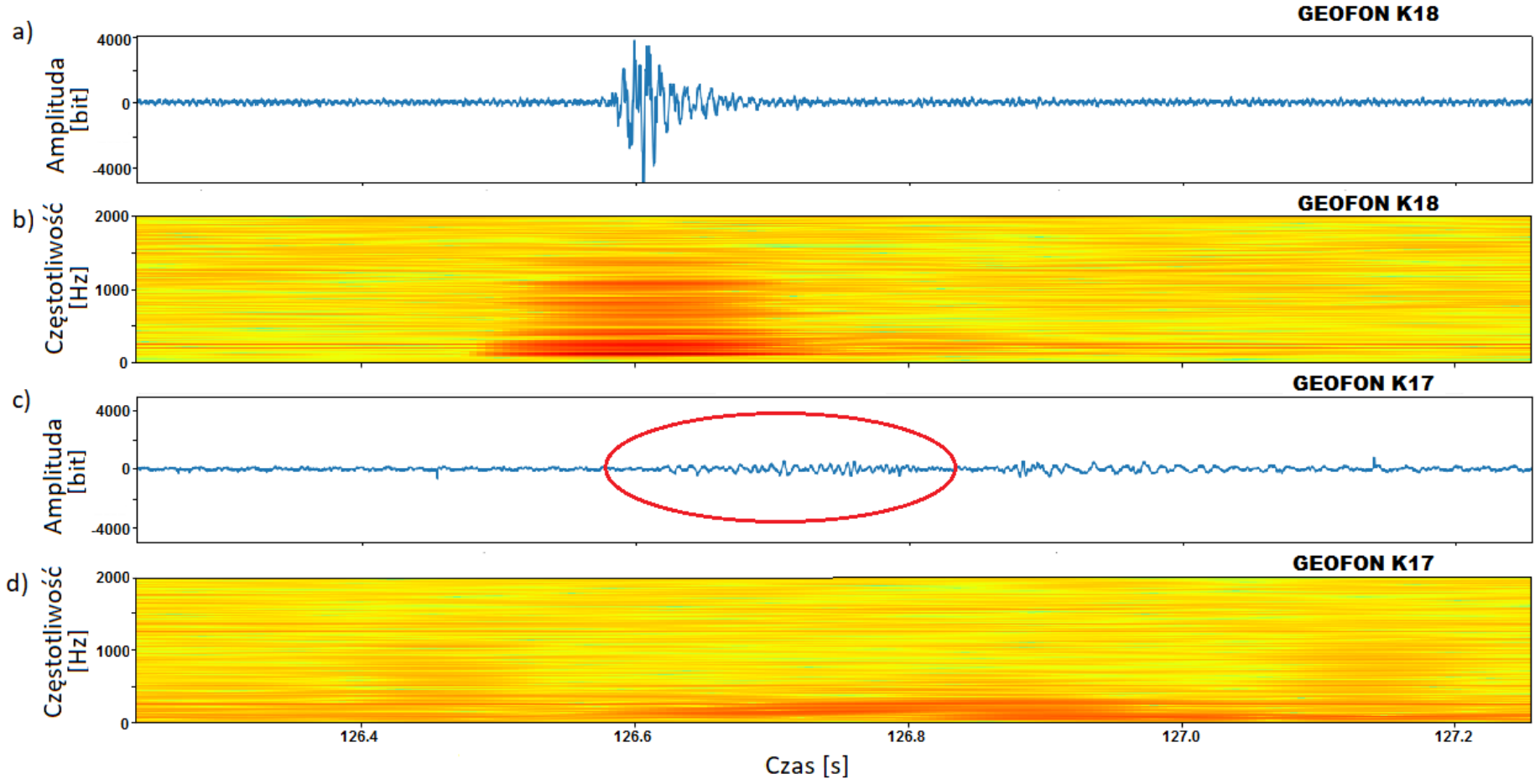
Testy wzbudnika - wyniki

Karta REX-LAN - Surowy zapis, 18 uderzeń co 30 sekund



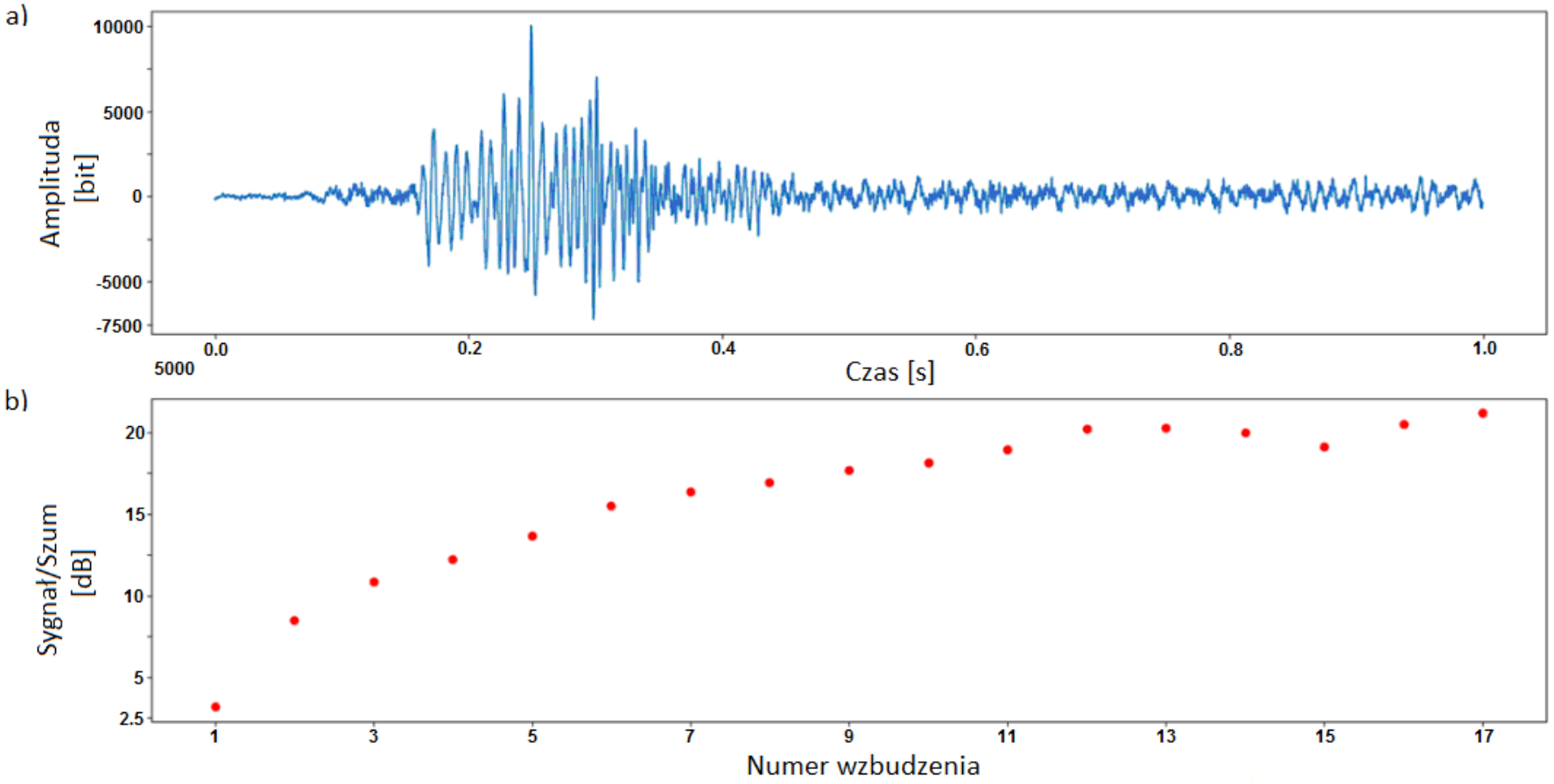
Testy wzbudnika - wyniki

Karta REX-LAN - Surowy zapis, 1 uderzenie



Testy wzbudnika - wyniki

Wynik sumowania 17 uderzeń prototypu wzbudnika WZB Typ2



Testy wzbudnika - wnioski

- Zapisy z karty REX-LAN poprawne (ciągły zapis),
- Sygnał jest zauważalny po drugiej stronie ściany nawet przy jednym uderzeniu,
- Wyniki testów dobrze rokują nawet w przypadku wykorzystania aparatury ARES-5/E starego typu (analogowy tor pomiarowy z nową kartą REX-LAN),

- Brak pomiaru bezpośrednio przy wzbudzeniu,
- Potrzeba sterowania wzbudnikiem z powierzchni,
- Potrzeba pomiarów cyfrową aparaturą,
- Problemy z mocowaniem wzbudnika (wyrwane kotwy).

Literatura

1. Mendecki A.J. 1996: Seismic monitoring in mine, Chapman $ Hall, London
2. Leśniak A., Isakow Z. 2009: Space–time clustering of seismic events and hazard assessment in the Zabrze - Bielszowice coal mine, Poland, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier , 46/5, pp. 918-928.
3. Isakow Z. 2009: Geotomography with the help of a cutter–loader working organ as a source of imaging waves, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier, 46/7, pp. 1235-1242.
4. Isakow Z. 2016: kierownik projektu i współredaktor wydania. Współautorzy rozdziałów: Augustyniak A., Cianciara A., Cianciara B., Isakow Z., Juzwa J., Kuciara I., Makola R., Piwowarski W., Pysik A., Siciński K., Sierodzki P., Słoka Z., Innowacyjne metody i system do oceny zagrożenia tąpaniami na podstawie probabilistycznej analizy procesu pękania i geotomografii online, Monografia - wynik realizacji projektu INGEO, Instytut Technik Innowacyjnych ITI EMAG, ISBN 978-83-63674-27-4, str. 1-156.
5. Dębski W. 2010: Seismic Tomography by Monte Carlo Sampling, Pure. Appl. Geophys. vol.167, pp. 131-152.
6. Kozłowski B., Polak Z., Prokop P. 2014: Wyrzuty gazów i skał, Wydawnictwo Śląsk, str. 652.
7. Salmon Brian P., Goldswain G., Lynch Richard A., Rebuli Daryl, Olivier Jan C., and Kleynhans Waldo. 2019: Estimating changes in seismic wave velocity from a pneumatic source in an operational mine, Geophysics, ISSN 0016-8033.
8. Instrukcja obsługi „Młot pneumatyczny typu PS-80” firmy OLI.

Dziękuję za uwagę

Funkcjonalność, praktyczne zastosowanie platformy IIoT w LW Bogdanka S.A.

Mirosław Skruszeniec *Bogdanka S.A*
Jacek Mosiołek *Bogdanka S.A*
Paweł Janowski *Bogdanka S.A*

Przemysłowy Internet Rzeczy, w skrócie IIoT (ang. Industrial Internet of Things), to wiodąca technologia w cyfrowej rewolucji. Komunikując liczne urządzenia i elementy sprzętu przez Internet lub sieć technologiczną, IIoT pozwala maksymalnie zoptymalizować proces produkcyjny i wspierać podejmowanie decyzji na podstawie znacznie większej liczby informacji oraz odblokować nowe źródła zysków. Spróbujemy to przedstawić na podstawie naszych doświadczeń korzystania z platformy dostarczonej przez firmę ABB. W skład architektury ABB ABILITY wchodzą takie narzędzia jak 800xA, Knowledge Manager oraz AssetVista. Każda aplikacja posiada inne możliwości, ale to połączenie wszystkich elementów pozwoli na osiągniecie w przyszłości zamierzonego efektu – system predykcji maszyn i urządzeń.

1. JAK TO DZIAŁA?

Internet Rzeczy (IoT) jest siecią połączonych maszyn roboczych, które mogą komunikować się ze sobą i udostępniać dane użytkownikom do dowolnego miejsca, serwer, chmury itd. Urządzenia IoT mogą łączyć się z Internetem i są wyposażone w w możliwość gromadzenia danych z istniejących systemów SCADA , sterowników PLC , pojedynczych urządzęń wyposażonych w porty komunikacyjne . Urządzenie IoT może być użyteczne samo w sobie dla jednej maszyny roboczej , ale w przypadku korzystania z grupy urządzeń jednocześnie, ma ono dużo większą wartość.

Internet Rzeczy obejmuje rozległy zakres urządzeń. Łącząc ze sobą wszystkie najważniejsze urządzenia w ciągu produkcyjnym jego parametry, statusy, stany awaryjne, optymalizujemy pracę maszyn i urządzeń.

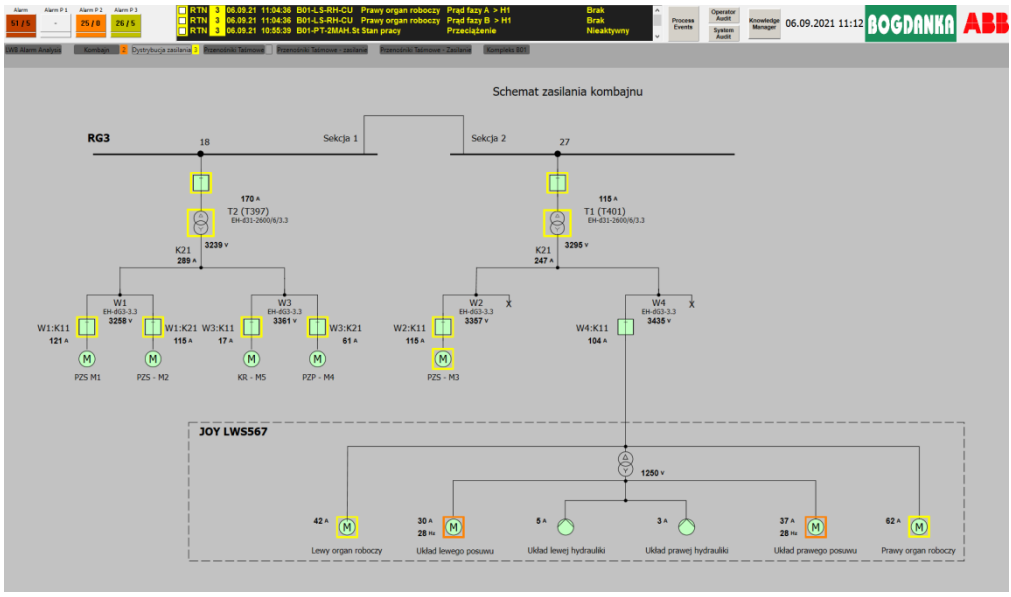
Technologia IoT umożliwia automatyczne gromadzenie zmiennych zarówno analogowych i cyfrowych. Dzięki zapisywaniu danych w czasie rzeczywistym, bardzo łatwo można wykorzystać je do analizy interesujących nas problemów. Doskonałym przykładem jest analiza ilości zużytej energii elektrycznej na pracę kombajnu, jaka jest efektywność wykorzystania energii w stosunku do wydobycia. Porównane ile energii jest potrzebne na wydobycie jednej tony urobku, ile wody jest zużywanej w procesie technologicznym. Pozwala to na szukanie najbardziej efektywnych rozwiązań danego problemu. IoT mogą przesyłać pobrane dane do centralnego systemu przez Internet. Zgromadzone dane są analizowane i niezwykle pomocne w procesie decyzyjnym, efektywnego utrzymania ruchu urządzeń

Platformę można podzielić na trzy wzajemnie uzależnione od siebie aspekty . Pierwszym z nich jest ABB 800xA który za pomocą serwera OPC przejmuje informację z różnych systemów nadzoru i skupia je w jednej platformie. Tak więc zaimplementowaliśmy następujące dane:

- Kombajn Ścianowy JOY
- Układ zasilania i sterowania kompleksu 3,3kV
- Układ sterowania sprzęgieł hydrokinetycznych
- Układ chłodzenia
- Układ aktywnego napinania łańcucha AFC
- Analizator jakości urobku
- Układ zasilania i sterowania przenośników ciągu odstawy (aktualnie 3 przenośniki , docelowo cały ciąg odstawy)
- Układ sterowania przemiennikami częstotliwości ciągu odstawy (w planach)

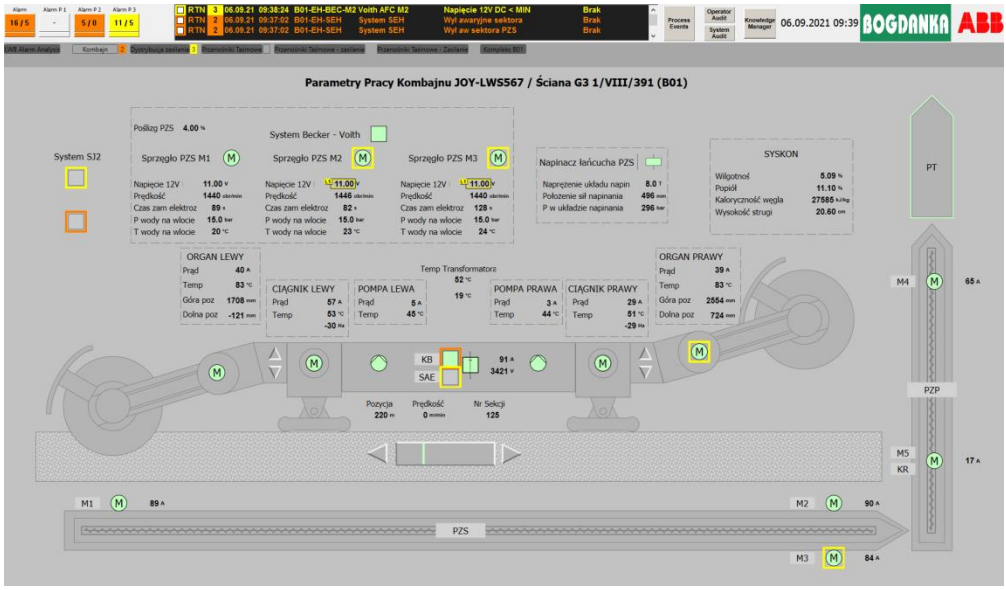
Operator systemu na bieżąco monitoruje, proces produkcyjny wspierany listą alarmów i zdarzeń może na bieżąco reagować na nieprawidłowości.

2. PRZYKŁADOWE ZRZUTY EKRANU SYSTEMU ABB ABILITY



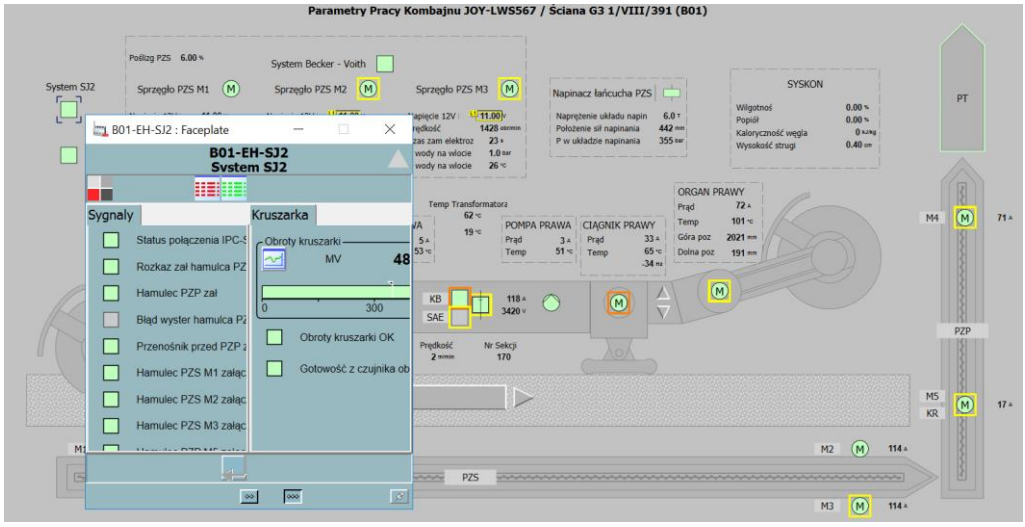
Rys. 1. Schemat układu zasilania Systemu Ścianowego Joy
Figure 1. Diagram of the power supply system of the Joy longwall shearer.

W zależności od założeń można skonfigurować dane które chcemy mieć widoczne w pierwszej kolejności na planszy. To użytkownik definiuje jakie informacje chce monitorować i jakie są dla każdej ze zmiennych ustalone priorytety oraz zakresy granicznych wartości.



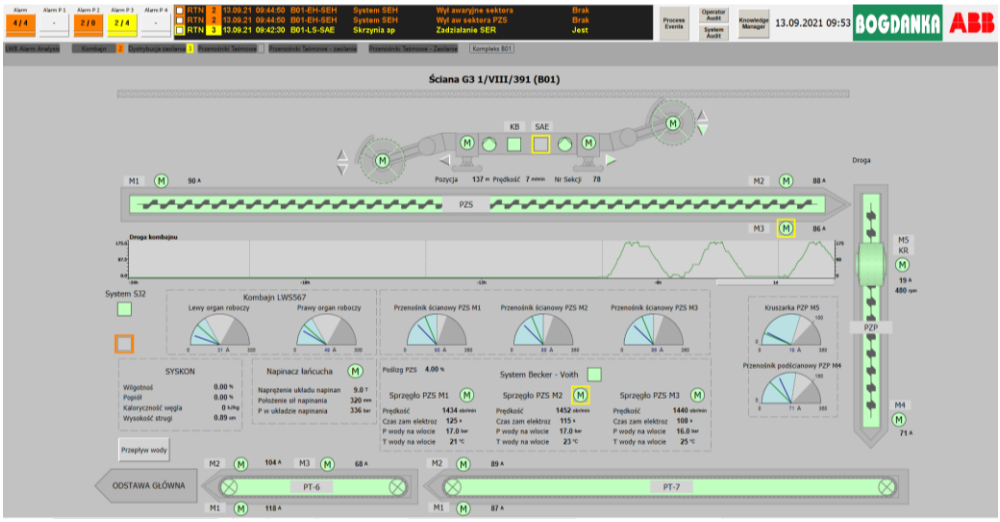
Rys.2. Parametry pracy kompleksu ścianowego Joy
Fig.2. Operating parameters of the Joy longwall system.

Aby szybko dostać się do interesujących parametrów wystarczy najechać myszką np. na kwadrat opisany System SJ2 i pojawi się stacyjka z aktualnym stanem wejść i wyjść urządzenia. Pozwala to nam na szybką ocenę poprawności działania nadrzędnego układu sterowania status sygnałów dwustanowych i analogowych .



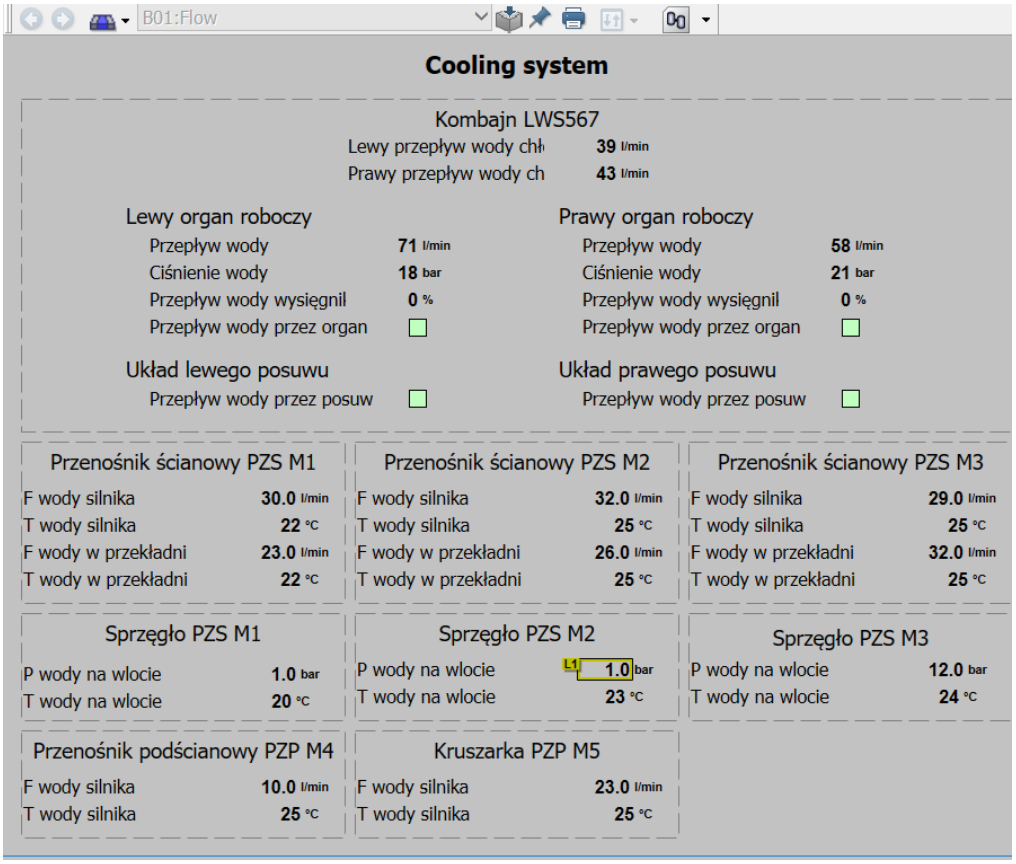
Rys. 3. Stacyjka opisująca parametry SJ2.
Fig. 3. Ignition describing SJ2 parameters.

Na poniższym rysunku przedstawiono prace napędów kompleksu wydobywczego w formie diagramów pozwalających na szybkie wychwycenie przekroczenia granicznych wartości prądów.



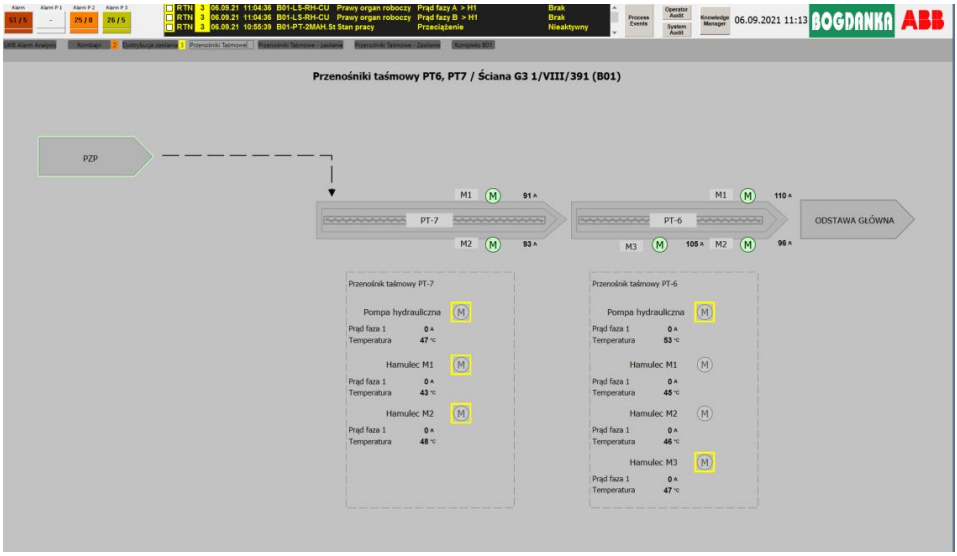
Rys. 4. Parametry pracy napędów kompleksu ścianowego.
Fig. 4. Operating parameters of longwall drives.

Wybierając odpowiednią zakładkę możemy w łatwy sposób uzyskać podgląd z czujników przepływu, zarówno analogowych jak i dwustanowych czujników ciśnienia, a także czujników temperatury medium chłodzącego układy napędowe.



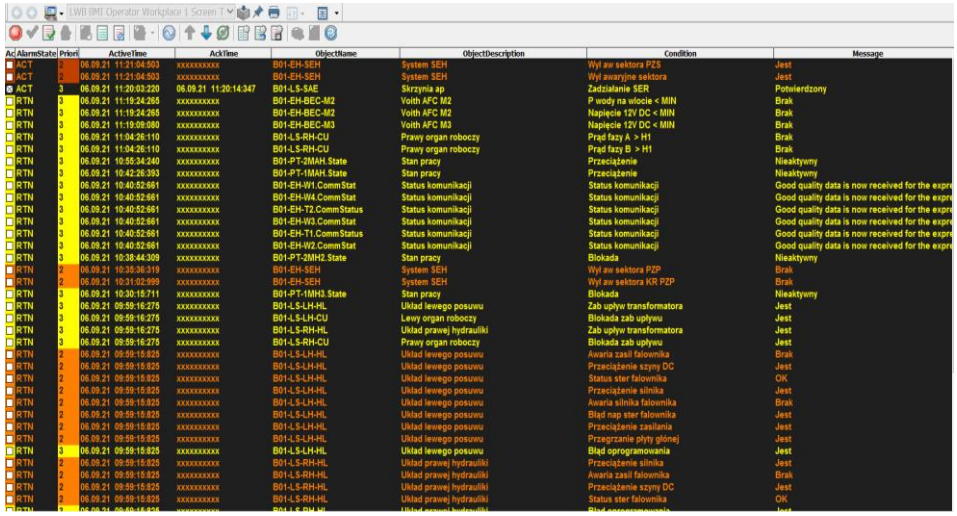
Rys. 5. System chłodzenia kompleksu wydobywczego.
Fig. 5. Cooling system of the mining complex.

Aby mieć lepszy pogląd na cały proces technologiczny i uwzględniać ciągłość procesu produkcyjnego, monitorujemy jeszcze pracę napędów odstawy urobku od ściany do zbiorników retencyjnych. Poniższy rysunek przedstawia ciąg odstawy z monitorowanymi na bieżąco parametrami.



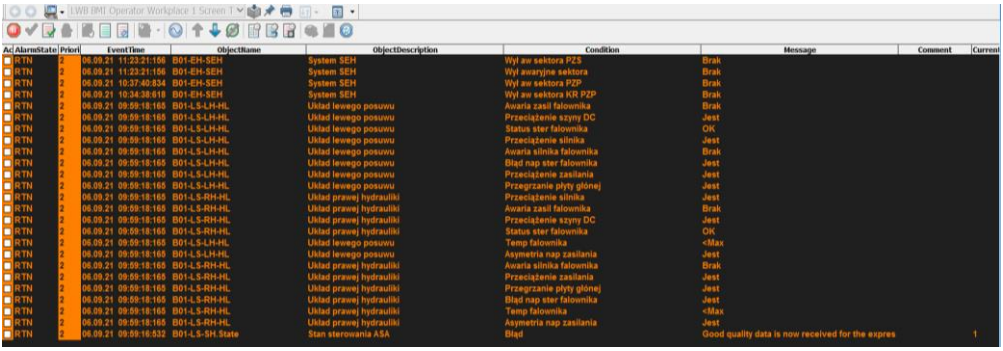
Rys. 6 . Wizualizacja pracy napędów odstawy urobku węglowego.
Fig. 6 . Visualization of the operation of coal excavated drives.

System ABBability na bieżąco generuje raporty pracy wszystkich czujników, aby nie tracić czasu na analizowanie czy dany alarm jest ostrzeżeniem, informacją czy daną krytyczną do każdego alarmu można ustawić priorytet. W zależności od ustawionego priorytetu lista wygląda jak na rysunkach poniżej.



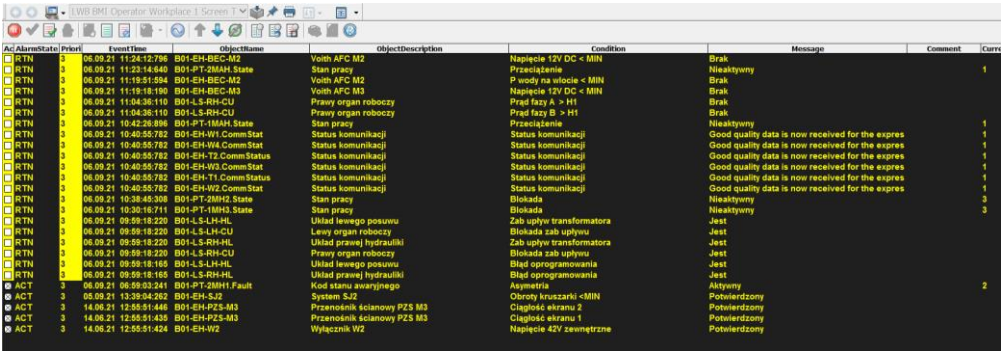
Rys. 7. Lista alarmów z sytemu ABBability.
Fig. 7. List of alarms from the ABBability system.

Jeśli w trakcje definiowania parametrów ustalimy priorytety każdego z sygnałów lista alarmów będzie wyglądała jak na rysunkach poniżej.



Ac	AlarmState	Priori	EventTime	ObjectName	ObjectDescription	Condition	Message	Comment	Current
	RTN	2	06.09.21 11:23:21:156	B01-EH-SEH	System SEH	Wył aw sektora PZS	Brak		
	RTN	2	06.09.21 11:23:21:156	B01-EH-SEH	System SEH	Wył awaryjne sektora	Brak		
	RTN	2	06.09.21 10:37:40:834	B01-EH-SEH	System SEH	Wył aw sektora PZP	Brak		
	RTN	2	06.09.21 10:34:38:618	B01-EH-SEH	System SEH	Wył aw sektora KR PZP	Brak		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Awaria zasil falownika	Brak		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Przeciążenie szyny DC	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Status ster falownika	OK		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Przeciążenie silnika	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Awaria silnika falownika	Brak		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Błąd nap ster falownika	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Przeciążenie zasilania	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Przegrzanie płyty głównej	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Przeciążenie silnika	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Awaria zasil falownika	Brak		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Przeciążenie szyny DC	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Status ster falownika	OK		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Temp falownika	<Max		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Asymetria nap zasilania	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Awaria silnika falownika	Brak		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Przeciążenie zasilania	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Przegrzanie płyty głównej	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Błąd nap ster falownika	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Temp falownika	<Max		
	RTN	2	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Asymetria nap zasilania	Jest		
	RTN	2	06.09.21 09:59:16:532	B01-LS-SH.State	Stan sterowania ASA	Błąd	Good quality data is now received for the expres		1

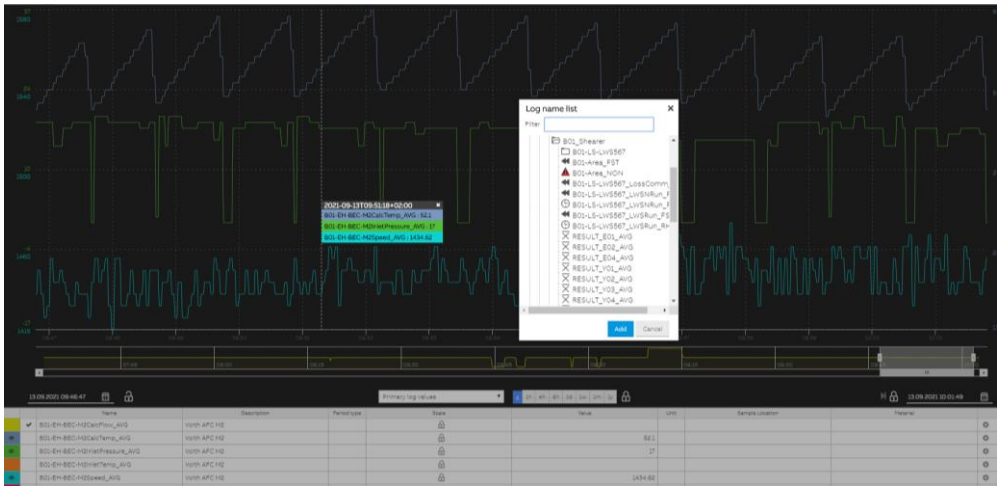
Rys. 8. Lista alarmów dla priorytetu poziomu 2.
Fig. 8. List of alarms for level 2 priority.



Ac	AlarmState	Priori	EventTime	ObjectName	ObjectDescription	Condition	Message	Comment	Curre
	RTN	3	06.09.21 11:24:12:796	B01-EH-BEC-M2	Voith AFC M2	Napięcie 12V DC < MIN	Brak		
	RTN	3	06.09.21 11:23:14:640	B01-PT-2MAH.State	Stan pracy	Przeciążenie	Nieaktywny		1
	RTN	3	06.09.21 11:19:51:594	B01-EH-BEC-M2	Voith AFC M2	P wody na wlocie < MIN	Brak		
	RTN	3	06.09.21 11:19:18:190	B01-EH-BEC-M3	Voith AFC M3	Napięcie 12V DC < MIN	Brak		
	RTN	3	06.09.21 11:04:36:110	B01-LS-RH-CU	Prawy organ roboczy	Prąd fazy A > H1	Brak		
	RTN	3	06.09.21 11:04:36:110	B01-LS-RH-CU	Prawy organ roboczy	Prąd fazy B > H1	Brak		
	RTN	3	06.09.21 10:42:26:896	B01-PT-1MAH.State	Stan pracy	Przeciążenie	Nieaktywny		1
	RTN	3	06.09.21 10:40:55:782	B01-EH-W1.CommStat	Status komunikacji	Status komunikacji	Good quality data is now received for the expres		1
	RTN	3	06.09.21 10:40:55:782	B01-EH-W4.CommStat	Status komunikacji	Status komunikacji	Good quality data is now received for the expres		1
	RTN	3	06.09.21 10:40:55:782	B01-EH-T2.CommStatus	Status komunikacji	Status komunikacji	Good quality data is now received for the expres		1
	RTN	3	06.09.21 10:40:55:782	B01-EH-W3.CommStat	Status komunikacji	Status komunikacji	Good quality data is now received for the expres		1
	RTN	3	06.09.21 10:40:55:782	B01-EH-T1.CommStatus	Status komunikacji	Status komunikacji	Good quality data is now received for the expres		1
	RTN	3	06.09.21 10:40:55:782	B01-EH-W2.CommStat	Status komunikacji	Status komunikacji	Good quality data is now received for the expres		1
	RTN	3	06.09.21 10:38:45:308	B01-PT-2MH2.State	Stan pracy	Blokada	Nieaktywny		3
	RTN	3	06.09.21 10:30:16:711	B01-PT-1MH3.State	Stan pracy	Blokada	Nieaktywny		3
	RTN	3	06.09.21 09:59:18:220	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Zab upływ transformatora	Jest		
	RTN	3	06.09.21 09:59:18:220	B01-LS-LH-CU	Lewy organ roboczy	Blokada zab upływu	Jest		
	RTN	3	06.09.21 09:59:18:220	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Zab upływ transformatora	Jest		
	RTN	3	06.09.21 09:59:18:220	B01-LS-RH-CU	Prawy organ roboczy	Blokada zab upływu	Jest		
	RTN	3	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-LH-HL	Układ lewego posuwu	Błąd oprogramowania	Jest		
	RTN	3	06.09.21 09:59:18:165	B01-LS-RH-HL	Układ prawej hydrauliki	Błąd oprogramowania	Jest		
	ACT	3	06.09.21 06:59:03:241	B01-PT-2MH1.Fault	Kod stanu awaryjnego	Asymetria	Aktywny		2
	ACT	3	05.09.21 13:39:04:262	B01-EH-SJ2	System SJ2	Obroty kruszarki <MIN	Potwierdzony		
	ACT	3	14.06.21 12:55:51:446	B01-EH-PZS-M3	Przenośnik ścianowy PZS M3	Ciągłość ekranu 2	Potwierdzony		
	ACT	3	14.06.21 12:55:51:435	B01-EH-PZS-M3	Przenośnik ścianowy PZS M3	Ciągłość ekranu 1	Potwierdzony		
	ACT	3	14.06.21 12:55:51:424	B01-EH-W2	Wyłącznik W2	Napięcie 42V zewnętrzne	Potwierdzony		

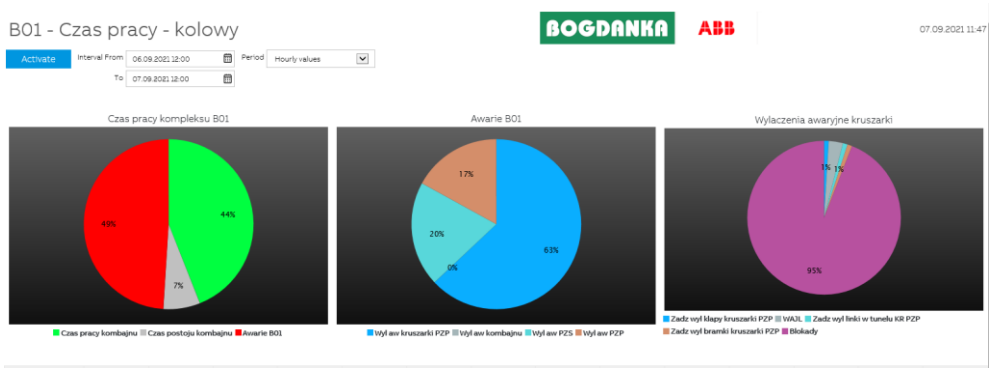
Rys. 9. Lista alarmów dla priorytetu poziomu 3.
Fig. 9. List of alarms for level 3 priority.

Od wizualizacji przechodzimy do archiwizacji naszych zmiennych procesowych. We wdrożonym systemie odpowiada za to Knowledge Manager. Operator systemu z dowolnego miejsca aplikacji może przełączyć się do archiwizacji i wygenerować dowolny trend zmiennych z dowolnych układów sterowania zaimplementowanych w systemie . Zestawienie zmiennych jest „ uszyte na miarę”, wszystkie dane można zestawić w dowolnej konfiguracji. W przypadku wystąpienia problemu można szybko odtworzyć i zaobserwować co się wydarzyło chwilę przed awarią.



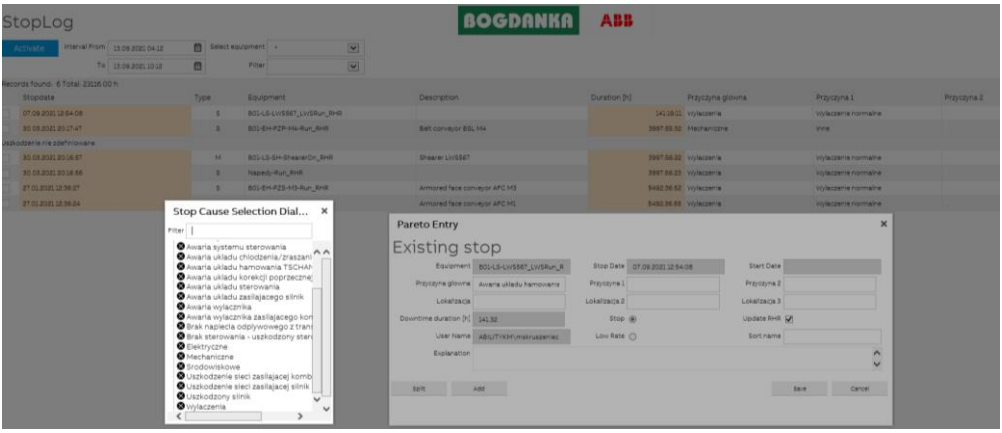
Rys 10. Przebieg temperatury, ciśnienia , prędkości sprzęgła na napędzie przenośnika ścianowego AFC.
Fig. 10. Temperature, pressure, clutch speed on the AFC Armored Face Convoyer

W Knowledge Manager, można dowolnie zdefiniować parametry raportów i przedstawić wszystkie dane w najbardziej przejrzysty sposób w zależności od potrzeb. Wszystkie dane można przedstawić na podstawie wykresów pozwalających na swobodną analizę. Poniżej przedstawimy przykładowe raporty.



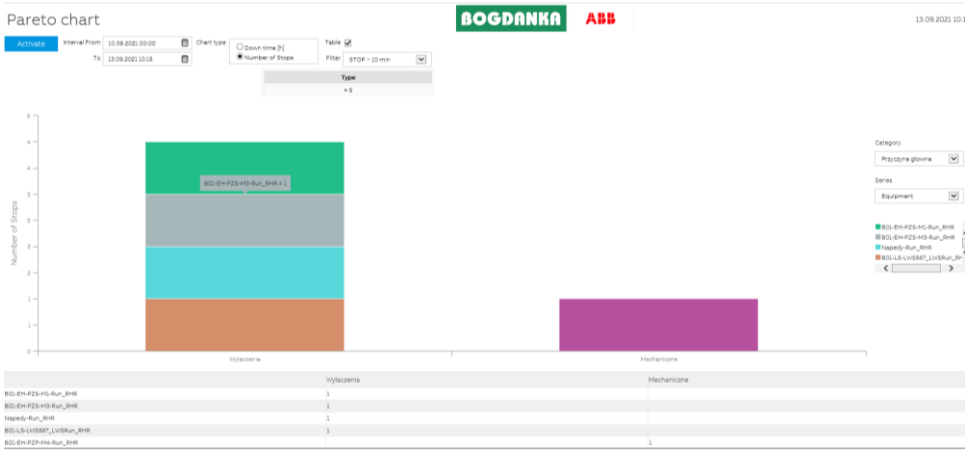
Rys. 11. Analiza pracy kompleksu wydobywczego w ciągu jednej doby.
Fig. 11. Analysis of the operation of the mining complex within one day.

Ponadto dane, które zostały zarchiwizowane, można odpowiednio opisać za pomocą „stop logów" co daje wymierną korzyść w postaci informacji zwrotnej jakie wydarzenia spowodowały przestoje oraz analizę na co należy zwrócić uwagę w celu uniknięcia problemów. Analiza awarii i mikro-przestojów oraz ich sukcesywna eliminacja, prowadzi do wydłużenia efektywnego czasu pracy kompleksu.



Rys. 12. Tworzenie StopLog-ów.
Fig. 12. Creating StopLogs.

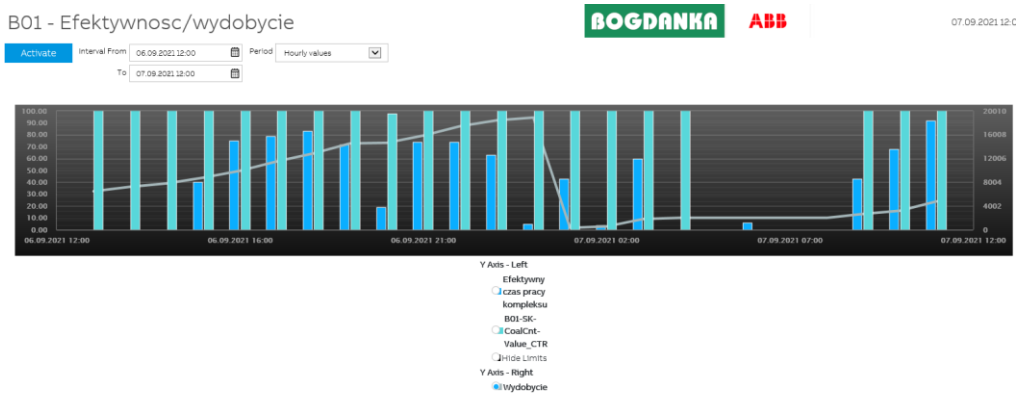
Wszystkie dane zarchiwizowane moża przeanalizować według zasady Pareto. Wystarczy wybrać dane do analizy i otrzymujemy Wykres Pareto, będacy podstawą analizy wydajności.



Rys. 13. Tworzenie wykresu Pareto.
Fig. 13. Create a Pareto chart.



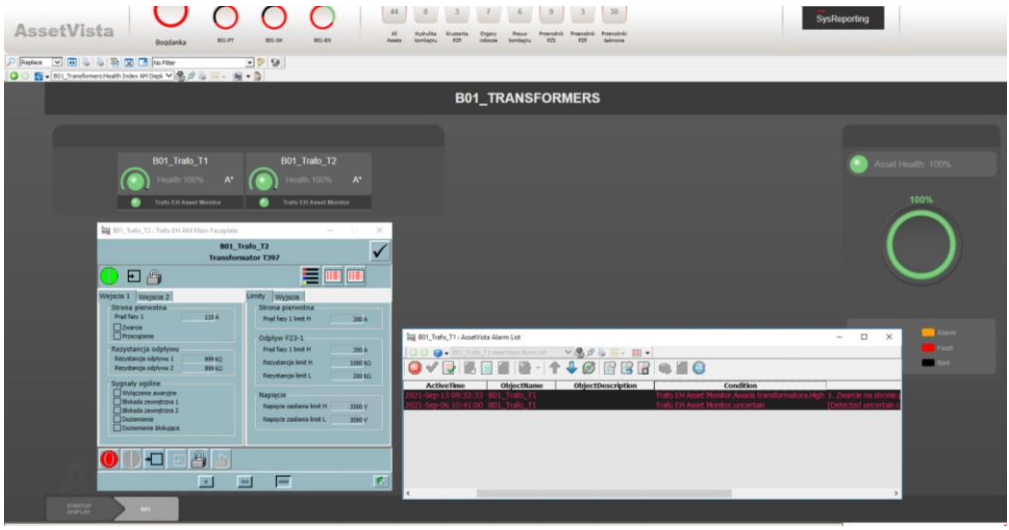
Rys. 14. Analiza pracy kombajnu wydobywczego w ciągu jednej doby wraz z dobową historią pracy.
Fig. 14. Analysis of the work of the Shearer Longwall System one day along with the history of weekly work.



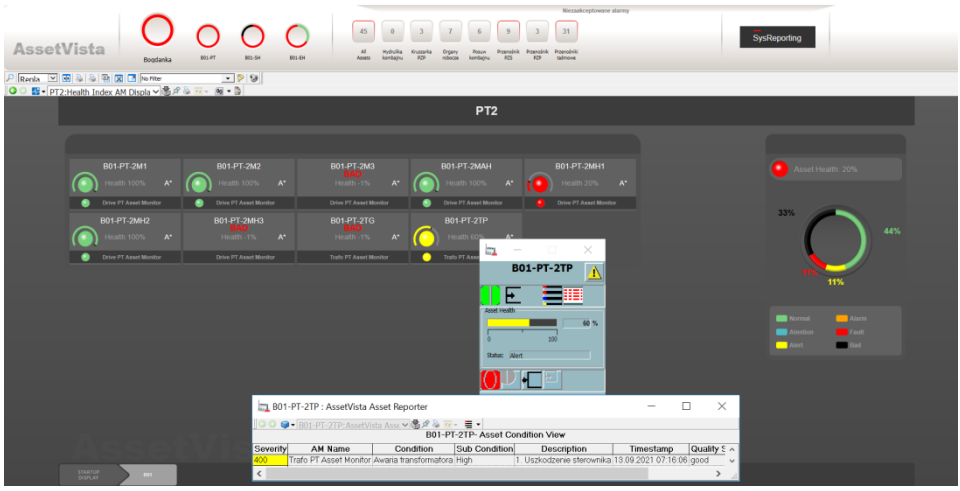
Rys. 15. Efektywny czas pracy w stosunku do wydobycia kompleksu ścianowego.
Fig. 15. Effective working time in relation to the extraction of the longwall complex.

Ostatnim elementem platformy jest AssetVista jako oprogramowanie monitorujące stan kondycji urządzenia Online. Poniżej zaprezentujemy kilka obrazów pokazujących aktualny stan urządzeń.

Aplikacja na bieżąco monitoruje status „kondycji" maszyn i urządzeń, informacja zwrotna przedstawiana jest w formie graficznej, w systemie zaimplementowano wartości graniczne np. trwałość mechaniczna stycznika wyłącznika , ilość cykli , progowe wartości parametrów znamionowych urządzeń, których przekroczenie skutkuje pogorszeniem statusu i kondycji urządzenia. Zaprezentowane treści w tej prezentacji, ukazują ułamek możliwości Internetu Rzeczy. Najważniejszym elementem jest odpowiednie zaimplementowanie warunków pozwalających odpowiednio skorelować dane wykorzystywane we wszystkich parametrach i wykresach. Przy ustalaniu tych relacji nieodzowne jest doświadczenie związane z utrzymaniem ruchu produkcji.



Rys.16. Stan pracy transformatora 3,3kV zasilającego urządzania ścianowe
Fig.16. Operating status of a 3.3kV transformer supplying longwall devices



Rys. 17. Stan wszystkich podzespołów wchodzących w skład przenośnika taśmowego PT2.
Fig. 17. Condition of all components included in the PT2 belt conveyor.

Zarządzanie jakością w modelu geologicznym 3D – wiarygodność przewidywanych parametrów jakościowych węgla

Quality management in a 3D geological model – reliability of predicted hard coal quality parameters

Piotr Sosnowski
Uniwersytet Śląski w Katowicach[1]
JSW S. A.KWK „Knurów-Szczygłowice”[2]

STRESZCZENIE: Celem rozpoczęcia projektu modelowanie złóż 3D i harmonogramowanie produkcji w JSW S.A. było stworzenie trójwymiarowego modelu złóż wchodzących w skład spółki. Modelowaniem początkowo objęte zostały pokłady przemysłowe, w których zaplanowano eksploatację do 2030 roku. Złoże węgla kamiennego Knurów charakteryzuje się bogatą tektoniką fałdowo-uskokową oraz silną anizotropią parametrów jakościowych węgli. Ocena przydatności kopaliny bez analizy danych jakościowych, czyli parametrów fizykochemicznych, parametrów koksotwórczych oraz optycznej analizy petrograficznej jest niezasadna dla pozyskania kontrahentów handlowych. W celu pozyskania informacji o jakości złoża, służba geologiczna kopalni prowadzi na bieżąco opróbowanie pokładów. W modelu stratygraficznym oraz w modelu jakości MineScape do interpolacji i eksptrapolacji używa się dedykowanych interpolatorów. W modelu jakości złoża najoptymalniejszymi interpolatorami są Inverse i Height. W sposób szczegółowy analizie poddane zostały modelowane parametry takie jak zawartość części lotnych w stanie suchym i bezpopiołowym V^{daf} [%] oraz przypadkowa refleksyjność witrynitu R_0 [%].Interpolator Height wyszukuje zarówno zależność losową oraz liniową. Wydziela lokalnie zmiany losowe wyszukując jednocześnie zależności liniowe i ekstrapoluje je na obszar złoża nieposiadający danych jakościowych. Istnieje ryzyko ekstrapolacji danej wartości do nieskończoności. Niemniej jednak ilość danych oraz obszar objęty modelowaniem pozwala na zamknięcie ich zakresu na akceptowalnym poziomie. W celu wykonania mapy zasięgu typu węgla stworzono oddzielny interpolator POLYGON bazujący na powierzchniach wyrażeniowych mxl. Wykorzystuje on wyinterpolowane parametry jakościowe w danym miejscu, generując zasięg konkretnego typu węgla. Nie bez znaczenia jest zastosowany interpolator oraz odpowiednio wymodelowany parametr V^{daf}. Wyznaczenie trendu zmienności umożliwia zaprognozowanie wyższych typów węgla w głębszych, nierozpoznanych partiach złoża zgodnie z udokumentowaną zmiennością parametrów.

ABSTRACT: The aim of the project was to model 3D deposits and schedule production at JSW S.A. to create a three-dimensional model of the deposits that make up the company. Modelling initially included hard coal seams, which are scheduled to operate by 2030. The "Knurow" hard coal deposits is characterized by complex folding-fault tectonics and a strong anisotropy of the quality parameters of coals. The assessment of the suitability of coals without analysis of qualitative data, i.e. physico-chemical parameters, coking parameters and optical petrogra-

[1] piotr.sosnowski@us.edu.pl
[2] psosnowski@jsw.pl

phic analysis is not suitable for obtaining commercial contractors. In order to obtain information on the quality of the deposit, the geological service of the mine takes coal samples. In the stratigraphic model and minescape quality model, dedicated interpolators are used for interpolation and extrapolation. In the bed quality model, the most optimized interpolators are Inverse and Height. Modelled parameters such as volatile parts content and random vitrinite reflectivity were analysed in detail. The Height interpolator looks for both a random and a linear dependency. Extracts random changes locally while searching for linear dependencies and extrapolates them to a deposit area that does not have qualitative data. There is a risk of extrapolating a given value to infinity. Nevertheless, the amount of data and the area modeled allows you to close its scope at an acceptable level. A separate POLYGON interpolator based on mxl express surfaces was created to map coal type range. It uses interpolated quality parameters at a given location, generating a range of a particular type of coal. The interpolator used and the appropriately modelled volatile parts are not insignificant. Setting the trend of variability makes it possible to predict higher coal types in deeper, unrecognized batches of deposits according to documented variability in parameters.

SŁOWA KLUCZOWE: model 3D złoża, model jakości złoża, refleksyjność witrynitu, zawartość części lotnych, interpolatory

KEYWORDS: deposit 3D model, deposit quality model, vitrinite reflectivity, volatile matter content, interpolators

1. WSTĘP

Celem rozpoczęcia projektu modelowanie złóż 3D i harmonogramowanie produkcji w JSW S.A. było stworzenie trójwymiarowego modelu złóż wchodzących w skład spółki. Modelowaniem początkowo objęte zostały pokłady przemysłowe, w których zaplanowano eksploatację do 2030 roku. Efektem i zarazem głównym celem przedsięwzięcia było stworzenie potężnej bazy danych o zasobach i parametrach jakościowych naszych węgli, będącej w praktyce na wyciągnięcie ręki służb geologicznych. Ostatecznie dane zostają użyte do automatycznego wykonywania długoterminowych harmonogramów wydobycia z perspektywą eksploatacji pokładów z najbardziej optymalnych parametrach.

Złoże Knurów należące do Jastrzębskiej Spółki Węglowej znajduje się w granicach administracyjnych miast Gliwic oraz Knurowa, a także gmin Czerwionka-Leszczyny i Gierałtowice. Powierzchnia udokumentowanego złoża wynosi ok. 39,5km^2. Złoże obejmujące karbon górny [Namur i Westfal] wykształcone jest z pokładów węgli warstw orzeskich [pokłady grupy 300, Westfal B], warstw rudzkich [pokłady grupy 400, westfal A], warstw siodłowych [pokłady grupy 500, Namur B-C] oraz warstw porębskich [pokłady grupy 600, Namur A]. Całość przewarstwiona jest pakietami skał osadowych takich jak iłowce, mułowce, piaskowce oraz zlepieńce. Złoże charakteryzuje się intensywną tektoniką fałdowo-uskokową, mającą związek z bliskością występowania dwóch dużych stref dyslokacyjnych o znaczeniu regionalnym. Są to nasunięcie orłowsko-boguszowickie oraz nasunięcie michałkowicko-rybnickie przebiegające na zachodnich krańcach obszaru górniczego. Z głównych stref uskokowych należy wymienić cztery mające największy wpływ na wykształcenie morfologiczne złoża. Są to: strefa uskoków gierałtowickich o szerokości około 300 metrów o łącznej amplitudzie zrzutów wynoszącej 40 metrów, strefa uskoku centralnego o zrzucie mieszczącym się w granicach od 12 do 22 metrów, strefa uskoków beksza o zrzutach wahających się pomiędzy 25, a 40 metrów oraz strefa uskoków ornontowickich o zasięgu

pionowym do 18 metrów. Ponadto występuje szereg mniejszych uskoków zlokalizowanych na całym obszarze złoża. Kierując się od północnej granicy z kopalnią Sośnica na południe, złoże przecina strefa fałdowa nazwana „antykliną knurowską", złożoną z dwóch siodeł i dwóch łęków, która kontynuuje się w złożu „Szczygłowice" oraz „Dębieńsko". Część północna złoża [wyłączona z eksploatacji] zdominowana jest przez serię nasunięć i łusek tektonicznych [2], natomiast część na południe od „antykliny knurowskiej" ma charakter monokliny zapadającej w kierunku SE pod średnim kątem 15°. Miąższości pokładów eksploatowanych oraz przewidzianych do dalszego wykorzystania mieści się w przedziale pomiędzy 1,50m do ponad 6 m. Złoże zostało rozpoznane i udokumentowane do poz. 1050m. Dominującymi typami węgla wg PN-82/G-97002 są typ 34.2 gazowo-koksowy oraz 35.1 ortokoksowy [9]. Węgle charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami jakościowymi umożliwiającymi ich wykorzystanie zarówno w energetyce jak i koksownictwie [6].

1.1. Trójwymiarowe modelowanie złóż

Kluczową rolę w rozpoznaniu budowy geologicznej w ciągu ostatnich lat odegrał PIG-PIB. Zgodnie z obowiązującą Ustawą Prawo geologiczne i górnicze [Dz.U. z 2019 r. poz. 868]. za rozpoznawanie wgłębnej budowy geologicznej kraju odpowiedzialny jest właśnie PIG-PIB, jak i tym samym za modelowanie parametryczne płytkich struktur geologicznych w Polsce. Stanowisko PIG-PIB jest jednoznaczne – modelowanie geologiczne 3D, koordynacja i interpretacja wygenerowanych modeli 3D powinny stać się ustawowym zadaniem służby geologicznej [4]. W podziemnej eksploatacji górniczej utworów węglonośnych znaczącą rolę odgrywają zarówno wgłębne kartowanie geologiczne, jak i ocena zagrożeń naturalnych oraz tych spowodowanych wydobyciem węgla. W ostatnim czasie w polskim przemyśle górniczym węgla kamiennego zastosowanie znalazły cyfrowe techniki sporządzania map oraz zarządzania danymi podpowierzchniowymi, pokrewne technikom GIS. Jednakże w pełni trójwymiarowe modelowanie geologiczne, które jest oparte o metody numeryczne, w praktyce przemysłowej wykorzystywane jest jeszcze sporadycznie, w przeciwieństwie do poszukiwań i eksploatacji nafty i gazu – w tych dziedzinach jest to już powszechną praktyką [16]. Głównym zadaniem kartografii geologicznej jak i modelowania, jest jak najwierniejsze przedstawienie obrazu budowy geologicznej danego rejonu badań. W następnym etapach modelowanie kartograficzne poprzez włączenie modeli numerycznych złóż umożliwia racjonalną gospodarkę zasobami naturalnymi zgodnie z wytycznymi obowiązującego Prawa Geologicznego i Górniczego. Dodatkowo dla funkcjonującego zakładu górniczego możliwość efektywnego zarządzania danymi w modelu geologicznym, jak i numerycznym stanowi podstawę do efektywnego wykorzystania zasobów złoża kopaliny [np. węgla kamiennego], optymalizowania kosztów wydobywczych, jak i przewidywania wydobycia [4].

1.2. Badania modelowe

Szeroko pojęty termin badań modelowych odnosi się przede wszystkim do badań eksperymentalnych na danym obiekcie określającym jego przydatność w określonym dla niego celu. Modelowanie jest nieodłączną częścią wielu dyscyplin naukowych [1], w tym przypadku należy rozumieć to jako wykorzystanie nauki dla osiągnięć przemysłowych. W kontekście modelu złoża 3D należy posłużyć się przydawką *geologiczne* badania modelowe, gdyż poza zasadnością przeprowadzenia testów weryfikujących wykonanie modelu i jego przydatność w procesach związanych z harmonogramowaniem produkcji oraz prowadzeniem ruchu zakładu górniczego, dokonuje się także ponownej lub wstępnej weryfikacji stopnia rozpoznania

geologicznego złoża umożliwiającej wprowadzanie koniecznych modyfikacji w celu poprawnej jego geometryzacji. Dlatego też ujęcie modelu geologicznego w kontekście modelu doświadczalnego jako systemu założeń i wzajemnych relacji pomiędzy obiektami jest poprawne [15].

Główną niedogodnością w modelowaniu jest zbyt mała ilość danych otworowych. W niektórych parcelach istnieje możliwość posiłkowania się profilowaniami chodnikowymi algorytmicznie przeliczonymi na wirtualne otwory geologiczne. Trzeba jednakże pamiętać, że liczba otworów wiertniczych nie zależy od twórcy modelu 3D a od inwestora rozpoznającego złoże. W niektórych przypadkach wygenerowana powierzchnia spągu obarczona może być zbyt dużym błędem. W miarę przyrostu informacji w wyniku lepszego rozpoznania złoża, model będzie można na bieżąco aktualizować [13].

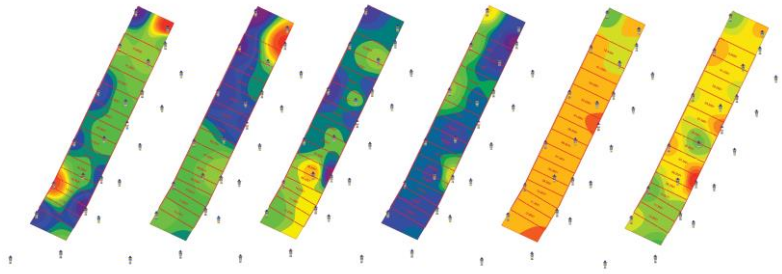
W przypadku złoża Knurów, szczegółowej analizie poddane zostały główne strefy uskokowe w słabo rozpoznanych partiach, przebiegi pomniejszych uskoków akcesorycznych, wykształcenie antykliny knurowskiej oraz zmienność relacji pomiędzy sąsiednimi pokładami pod kątem rozszczepień i zrostów.

2. MODEL JAKOŚCI ZŁOŻA

2.1. Przygotowanie danych

Ocena przydatności kopaliny bez analizy danych jakościowych, czyli parametrów fizykochemicznych, parametrów koksotwórczych oraz optycznej analizy petrograficznej jest niezasadna dla pozyskania kontrahentów handlowych. Prowadzona w dzisiejszych czasach polityka klimatyczna oraz bardziej surowe kryteria zapotrzebowania na węgiel koksowy o ściśle określonych parametrach wymusza na przedsiębiorcy określanie specyfikacji surowca w stanie *in situ,* zanim wydobędzie się go na powierzchnię.

W celu pozyskania informacji o jakości złoża, służba geologiczna kopalni prowadzi na bieżąco opróbowanie zgodnie z wewnętrznymi przepisami oraz wg wytycznych polskiej normy PN-G/04501: 1998 [10]. Pobierane są próby bruzdowe z wyrobisk korytarzowych, głównie z robót przygotowawczych oraz rdzeniowe z otworów wiertniczych. W celu optymalnego rozpoznania jakości w danej parceli należy optymalnie rozplanować siatkę opróbowania, aby pozyskana informacja jakościowa przedstawiała jak najdokładniejszy rozkład parametrów jakościowych w przestrzeni [Rys. 1.].



Rys. 1. Zestaw map parametrów jakościowych dla przykładowej parceli ścianowej z zaznaczonymi miejscami opróbowania

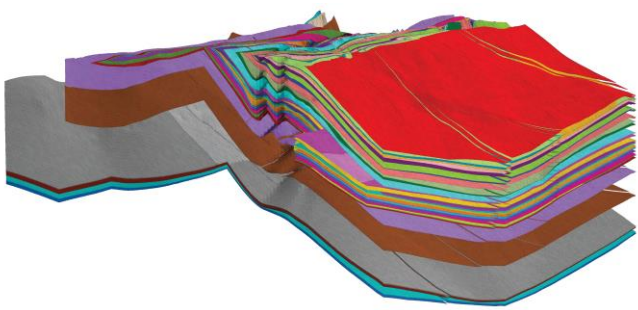
Model jakości złoża tak jak i jak model geologiczny 3D wykonany został w programie Datamine MineScape, wykorzystując do tego odpowiedni moduł. Zebrane informacje jakościowe zostały przypisane odpowiednim stwierdzeniom pokładów w otworach geologicznych i zestawione w formie tabelarycznej. Każdy modelowany pokład posiada zestaw danych jakościowych, który to po odpowiedniej interpolacji służy do wykonania mapy jakości wizualizując rozkład wybranego parametru. Informacja jakościowa jest również zapisana przestrzennie, opisana współrzędnymi X, Y i Z w wirtualnej bryle pokładu wykorzystywanej do celów harmonogramowania w programie DESWIK [Rys. 2.]

2.1. Kategorie rozpoznania złoża

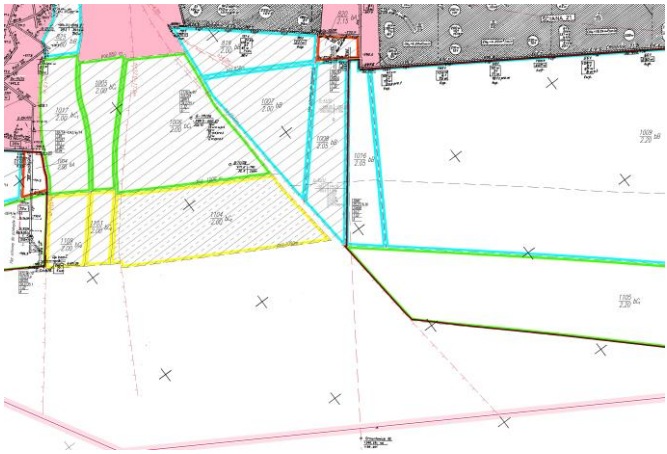
Zarówno w Dokumentacja geologiczna złoża jak i Projekt Zagospodarowania Złoża opiera się na kategoriach rozpoznania na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 roku w sprawie dokumentacji geologicznej złoża [14]. Wydzielone są one między innymi o posiadane dane jakościowe kopaliny:

- kat. C_2 – „jakość kopaliny jest rozpoznana na podstawie systematycznego opróbowania w pełnym zakresie możliwych zastosowań kopaliny”
- kat. C_1 – „stopień rozpoznania złoża jest wystarczający do opracowania projektu zagospodarowania złoża, w tym do szczegółowego określenia formy, budowy, tektoniki złoża i jakości kopaliny w złożu [...]”
- kat. B – „wymagane jest określenie formy i budowy złoża, korelacji warstw, podstawowych cech tektoniki w sposób jednoznaczny, jakość i własności technologiczne kopaliny powinny być potwierdzone wynikami prób w skali półtechnicznej lub przemysłowej [...]”

W obrębie wyznaczonych koncesją granic złoża znajdują się rejony nienaruszone w żadne sposób robotami górniczymi korytarzowymi ani otworowymi, lub znajdujące się poza obszarem koncesyjnym. W drugim przypadku należy mieć na uwadze także głębokość rozpoznania złoża [Rys. 3.]. W przypadku zaprognozowania parametrów jakościowych w parcelach ścianowych dla przedmiotowych rejonów, należy dokonać interpolacji posiadanych danych lub w przypadku ich braku wymagana jest ekstrapolacja. W przypadku złoża anizotropowego o wysokim wskaźniku zmienności, należy wykonywać to z bardzo dużą ostrożnością.



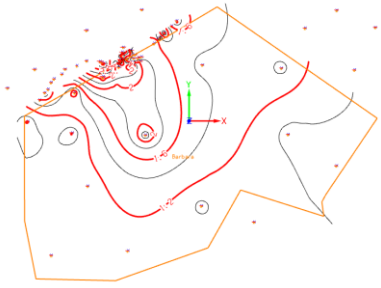
Rys. 2. Wygenerowany zestaw brył pokładów wykorzystywany przez program DESWIK do tworzenia harmonogramów z wykorzystaniem projekcji wyrobisk



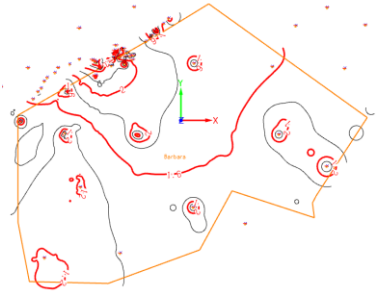
Rys. 3. Fragment mapy z Dokumentacji geologicznej złoża z zaznaczonymi parcelami o odpowiedniej kategorii rozpoznania oraz obszarem znajdującym się poza zasięgiem koncesji

2.2. Dobór narzędzi – interpolatory

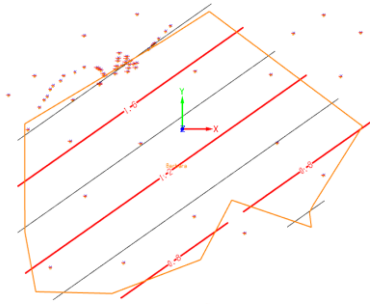
W modelu stratygraficznym oraz w modelu jakości MineScape do interpolacji i eksptrapolacji używa się dedykowanych interpolatorów. Poniżej przedstawiono cztery główne, różniące się przeznaczeniem i sposobem obliczania danych:



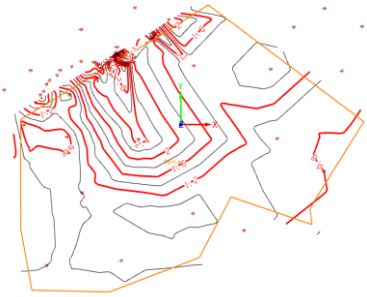
FEM - Podstawowy interpolator stosowany zgodnie z zaleceniami producenta programu Minescape do modelowania powierzchni, trendu zalegania warstw oraz miąższości. Interpolator ten w przypadku dużej zmienności danych zdolny jest do nadinterpretacji. Nie jest stosowany w modelowaniu parametrów jakościowych.



INVERSE - Interpolator stosowany jako podstawowy w modelu jakości złoża. Zastosowana została w nim metoda kwadratu odwrotności odległości. Stosowany w przypadku losowego rozkładu parametrów jakościowych.



INVERSE - Interpolator poddający się trendom lokalnym. Wyszukuje zależności liniowe, jednak nie zawsze jego stosowanie jest bezpieczne.



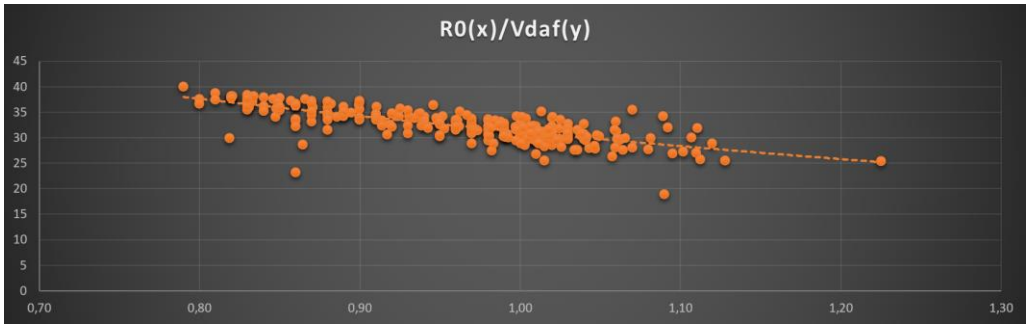
PLANAR – Interpolator ten jest najbardziej przewidywalny jest w przypadku tego typu danych. Jego minusem jest dość graniasty przebieg izolinii, na co częściowym remedium jest stosowanie wygładzania podczas generowania modelu siatkowego. Interpolator ten fatalnie radzi sobie również z ekstrapolacją.

W modelu jakości złoża najbardziej optymalnymi interpolatorami są Inverse i Height. Poniżej zostanie opisane ich wykorzystanie do modelowania współzależnych od siebie parametrów wpływających częściowo na oznaczenie technologicznego typu węgla za pomocą polskiej normy [9]. W sposób szczegółowy analizie poddane zostały parametry takie jak zawartość części lotnych w stanie suchym i bezpopiołowym V^{daf} [%] oraz przypadkowa refleksyjność witrynitu R_0 [%][3]

2.3. Wyznaczanie trendu stopnia uwęglenia

Zawartość części lotnych w węglu kamiennym maleje wraz ze stopniem uwęglenia, czyli stopniem dojrzałości materii organicznej. Spowodowane jest to między innymi utratą tlenu i wydzielaniem wodoru w procesie tworzenia się witrynitu [7]. Natomiast sam witrynit wymiernie zwiększa zdolność odbicia światła na skutek zmian w strukturze wewnętrznej. Oba parametry wykazują wspólnie zależność liniową [Rys. 4.]

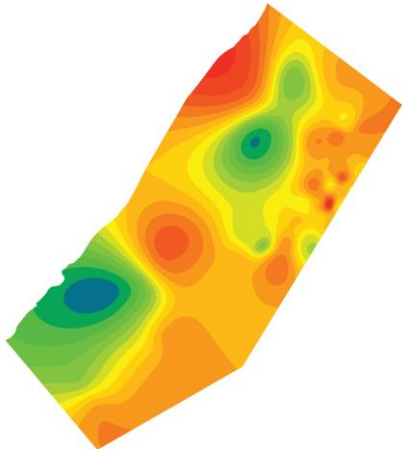
[3] Zdolność odbicia światła od powierzchni macerału z grupy witrynitu – kolotelinicie, zanurzonym w oleju imersyjnym zgodnie z PN-ISO 7404-5:2002 [12]



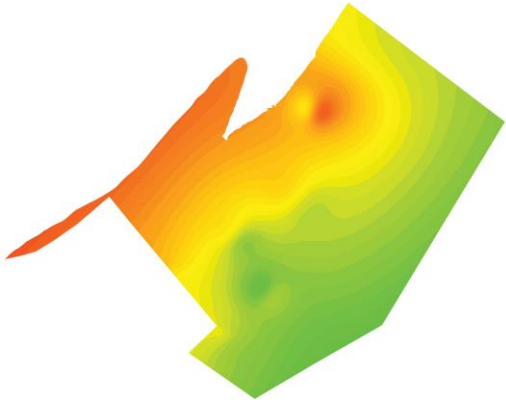
Rys. 4. Wykres zależności pomiędzy zawartością części lotnych, a przypadkową refleksyjnością witrynitu na podstawie korelacji ponad 300 próbek węgla ze złoża „Knurów"

Na dojrzałość węgla wpływają trzy główne czynniki: czas, temperatura oraz ciśnienie. W przypadku rozpatrywanego złoża na metamorfizm materii organicznej największy wpływ miało wypiętrzanie i fałdowanie w okresie permskim. Dzięki regionalnym zmianom tektonicznym złoże ma charakter fałdowo-monoklinalny o upadzie warstw na SE, natomiast od strony NW wykształcone jest w postaci strefy fałdowej o dwóch łękach i dwóch siodłach nazwaną „antykliną knurowską" [2]. Udokumentowanie rozpatrywanych parametrów wykazało ich liniowa zmienność wraz z głębokością zalegania złoża, co odzwierciedla się również w pozostałych parametrach jakościowych. Z uwagi na udokumentowanie złoża do poziomu 1050 m, służba geologiczna kopalni nie dysponuje danymi spoza obszaru koncesyjnego. Aby móc zaprognozować powyższe parametry z uwzględnieniem ich zmienności wraz z azymutem zapadania, należy dobrać do nich indywidualny interpolator ze zmodyfikowanym parametrem anizotropii, aby zmienić kierunek trendu z osiowego na ukierunkowany zgodnie z zapadaniem. Do tego celu użyto interpolatora Height w 3 stopniu potęgi, aby wyliczone parametry były jak najbardziej prawdopodobne. W przypadku zastosowania interpolatora Inverse, stosowanego do pozostałych parametrów, rozkład V^{daf} i R_0 byłby bardzo losowy, nierzadko zmieniający się w niepożądany sposób na głębszych poziomach [Rys. 5.].

Interpolator Height wyszukuje zarówno zależność losową oraz liniową. Wydziela lokalnie zmiany losowe wyszukując jednocześnie zależności liniowych i ekstrapoluje je na obszar złoża nie posiadający danych jakościowych [Rys.6.]. Istnieje ryzyko ekstrapolacji danej wartości *de facto* w nieskończoność. Niemniej jednak ilość danych oraz obszar objęty modelowaniem pozwala na zamknięcie zakresu danych na akceptowalnym poziomie. Dotyczy to w szczególności pokładów przemysłowych z odpowiednio liczebną ilością opróbowań, bowiem w przypadku małej ilości analiz najbezpieczniej jest modelować pojedyncze pokłady indywidualnie interpolatorem Inverse.



Rys. 5. Mapa zasięgu zawartości części lotnych z wykorzystaniem interpolacji losowej. Im wyższe wartości V^{daf}, tym barwy zbliżają się ku czerwieni. Brak jest widocznego trendu

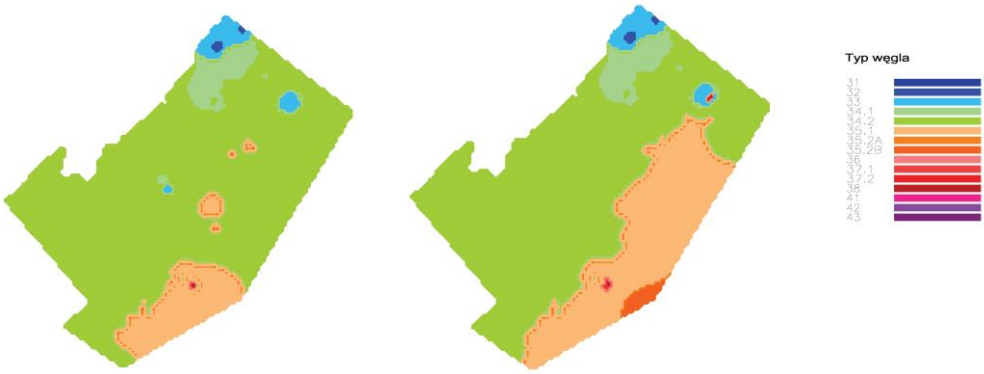


Rys. 6. Mapa zasięgu zawartości części lotnych z wykorzystaniem interpolacji liniowej. Im wyższe wartości V^{daf}, tym barwy zbliżają się ku czerwieni. Wyraźnie widoczny trend zmniejszania się wartości V^{daf} wraz z głębokością w stronę SE

2.4. Wyznaczanie zasięgu typu węgla

Wizualizacja typu węgla nie jest dostępna w programie MineScape. Technologiczny typ węgla stosowany w Polsce [9] nie jest stosowany nigdzie indziej na świecie. Sam indeks typu węgla wyznaczany jest z relacji zawartości części lotnych V^{daf}, dylatacji b, wskaźnika wolnego wydymania SI oraz zdolności spiekania wg Rogi RI. W celu wykonania mapy zasięgu danego typu stworzono oddzielny interpolator POLYGON bazujący na powierzchniach wyrażeniowych mxl. Wykorzystuje on wyinterpolowane parametry jakościowe w danym miejscu generując zasięg konkretnego typu węgla. Nie bez znaczenia jest zastosowany interpolator oraz odpowiednio wymodelowany parametr V^{daf}. Wyznaczenie trendu zmienności umożliwia zaprognozowanie wyższych typów węgla w głębszych, nierozpoznanych jeszcze partiach złoża [Rys. 7.] Ma to kluczowe znaczenie dla prognoz jakościowych na potrzeby pozyskania kon-

traktów handlowych na konkretny, ściśle ukierunkowany rodzaj surowca. Interpolacja losowa na tym przykładzie, w przypadku niewielkiej ilości prób lub znacznie oddalonych od projektowanej parceli ścianowej przenosi stwierdzoną, niekoniecznie pożądaną wartość parametru.



Rys. 7. Mapy zasięgu typu węgla dla tego samego pokładu z zastosowaniem interpolatora Inverse [po lewej] oraz interpolatora Height [po prawej]. Pomimo stwierdzeń węgli o typie 35.1 oraz 35.2A w części południowej, wartości V^{daf} nie zostają wyekstrapolowane zgodnie z głębokością. Duży wpływ mają natomiast dane z innych partii złoża wyznaczające typ 34.2. Dzięki zastosowaniu interpolacji liniowej z anizotropią trendu, geolog otrzymuje możliwość zamodelowania pokładu węgla o odpowiednim typie technologicznym zgodnie z przewidywaniami na odpowiednim poziomie głębokościowym

3. PODSUMOWANIE

Na dokładność rozpoznania złoża wpływa ilość i jakość danych. Znajomość budowy geologicznej oraz rozkładu parametrów jakościowych modelowanego złoża ukierunkowuje wykonanie projektu do ściśle określonej formy. W przypadku gdy modelowane złoże nie posiada bogatego zasobu informacji mierniczo-geologicznej oraz jakościowej wskutek słabego rozpoznania lub braku sposobności wykonania pomiarów, dzięki zastosowaniu modelu 3D wraz z modelem jakości złoża istnieje możliwość zweryfikowania interpretacji geologicznej dokumentatora. Wykorzystanie algorytmów programu do przenoszenia trendu zalegania warstw oraz zmienności parametrów jakości umożliwia z dużym prawdopodobieństwem odtworzenie poprawnej budowy geologicznej złoża ze wszystkimi jego właściwościami. Nie można jednak polegać tylko i wyłącznie na interpretacji informacji geologicznej przez algorytmy sterujące wykorzystywanym oprogramowaniem. Zarówno wprowadzana jak i wychodząca informacja musi być na każdym etapie przetwarzania kontrolowana i zatwierdzana przez geologa.

W celu poprawnego zamodelowania złoża pod kątem jakości wymagana jest wiedza na temat zależności parametrów od uwarunkowań geologicznych oraz współzależności pomiędzy nimi. Częstym tematem poruszanym w literaturze światowej jest wpływ składu petrograficznego na jakość węgla. Dotyczy to zarówno parametrów koksotwórczych [3] jak i tych podstawo-

wych. Rozeznanie petrografii [11] w poszczególnych partiach złóż umożliwia wymodelowanie basenów sedymentacyjnych określających daną fację węglową [5] charakteryzującą się konkretnymi parametrami fizyko-chemicznymi.

Powyższe rozważania dają ściśle ukierunkowany pogląd na rolę geologa w zarządzaniu i prognozowaniu jakości węgla do celów handlowych. Dla jak najbardziej dokładnego przestrzennego rozpoznania jakościowego węgla należy prześledzić jego genezę od morza do złoża.

5. LITERATURA

[1] Cartwright N,. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford University Press 1983

[2] EC Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne Sp. Z.O.O., *Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża węgla kamiennego „Knurów" w kategoriach A, B, C1 i C2*, Katowice 2012

[3] Jelonek I., Kruszewska K., Czudek S., Gómez Borrego M.A., Kožušníková A., Liszio H, Zmuda R., *Improvement of coal carbonization through the optimization of fuel in coking coal blends*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015

[4] Jelonek I., Poniewiera M., Jelonek Z., *Modelowanie złóż w oparciu o właściwości petrograficzne kopalin stałych na przykładzie Jastrzębskiej Spółki węglowej S.A*., Górnictwo odkrywkowe nr 2/2017

[5] Kruszewska K., Dybova-Jachowicz S., *Zarys petrologii węgla,* Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1997

[6] Diez M.A., Alvarez R., Barriocanal C., *Coal for metallurgical coke production: predictions of coke quality and future requirements for cokemaking*, International Journal of Coal Geology 50/2002 pp. 389– 412

[7] Pałac-Walko B., Bodlak M., *Wpływ składu petrograficznego na właściwości węgla gazowo-koksowego,* CUPRUM – Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud nr 3/ 2016 pp. 47-62

[8] PN 93/G - 04564. Węgiel kamienny. Analiza petrograficzna. Oznaczanie zawartości mikrolitotypów, karbominerytui skały płonej.

[9] PN-82/87002: *Klasyfikacja węgla kamiennego. Typy węgla.*

[10] PN-G/04501: 1998. *Węgiel kamienny i antracyt – Pobieranie próbek pokładowych bruzdowych.*

[11] PN-ISO 7404-3:2001 *Metody analizy petrograficznej węgla kamiennego [bitumicznego] i antracytu – Metoda oznaczania składu grup macerałów.*

[12] PN-ISO 7404-5:2002 *Metody analizy petrograficznej węgla kamiennego [bitumicznego] i antracytu -- Część 5: Metoda mikroskopowa oznaczania refleksyjności witrynitu*.

[13] Probierz K., Ignacok D., *Trójwymiarowy model złoża węgla kamiennego z zastosowaniem środowiska CADna przykładzie SW części GZW*, Górnictwo odkrywkowe nr 3/2017

[14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 roku w sprawie dokumentacji geologicznej złoża [Dz.U. nr 291 poz. 1712]

[15] Sosnowski P., *A new look at the geological structure of the Knurów hard coal deposit in light of model tests.* New trend in production engineering vol. 3/2020 pp. 186-196

[16] Stano M., Żaba J., Małolepszy Z., *Trójwymiarowy model geologiczny złoża węgla kamiennego KWK „Knurów-Szczygłowice"* Przegląd Geologiczny, vol. 62 nr 12/2014

Akcja przewietrzania i penetracji otamowanego rejonu – niestandardowe rozwiązania na przykładzie Ściany Z-2a w pokł. 501/3 w KWK ROW Ruch Jankowice

Jan Szymiczek
Polska Grupa Górnicza S.A. KWK ROW Ruch Jankowice
Andrzej Słowik
Polska Grupa Górnicza S.A. KWK ROW Ruch Jankowice
Stanisław Trenczek
Główny Instytut Górnictwa w Katowicach

STRESZCZENIE: W referacie zaprezentowano niestandardowe rozwiązania zastosowane w czasie akcji przewietrzania i penetracji otamowanej Ściany Z-2a w pokładzie 501/3 w PGG S.A. Oddział KWK ROW Ruch Jankowice. Na wstępie scharakteryzowano rejon Ściany Z-2a w pokładzie 501/3 oraz opisano nietypowe uwarunkowania wznawiania przewietrzania i penetracji, które wynikały z aktywności sejsmicznej górotworu oraz wykonaniu tam przeciwwybuchowych z pojedynczym przepustem tamowym. Następnie omówiono koncepcję wznowienia przewietrzania i penetracji rejonu Ściany Z-2a. Podkreślono tu istotną role zagrożenia klimatycznego w czasie prowadzenia akcji. Przypomniano w związku z tym najistotniejsze zasady prowadzenia akcji w trudnych warunkach mikroklimatu. W dalszej części przedstawiono przebieg akcji wznawiania przewietrzania i penetracja, a na koniec dokonano podsumowania.

SŁOWA KLUCZOWE: wentylacja, przewietrzanie, zagrożenie klimatyczne, akcja ratownicza

1. WPROWADZENIE

Pokład 501/3 w PGG S.A. Oddział KWK ROW Ruch Jankowice, o średnim nachyleniu 10-15°, posiada zmienność grubość – od 1,5 do 4,0 m. Eksploatacja tego pokładu prowadzona była Ścianą Z-2a, której furta eksploatacyjna wynosiła max. 3,5 m, a długość od 165 do 183 m.

W rejonie Ściany Z-2a pokład 501/3 zaliczony jest do III kategorii zagrożenia metanowego, metanonośność wynosiła 3,092 m^3CH_4/Mg_{csw}, a prognozowana metanowość bezwzględna dla wydobycia 4500 Mg/dobę wynosiła 14,7 m^3/min. Ponadto, pokład ten zaliczony jest do klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, I stopnia zagrożenia tąpaniami, I stopnia zagrożenia wodnego oraz do II stopnia zagrożenia klimatycznego. Z kolei węgiel tego pokładu zaklasyfikowany jest do III grupy samozapalności, przy czym wskaźnik samozapalności wynosi Sz^a = 81-85°C/min, energia aktywacji utleniania węgla wynosi A = 57-58 kJ/mol, a okres inkubacji pożaru endogenicznego wynosi 57-72 dni.

Ściana Z-2a w pokł. 501/3 przewietrzania była wznoszącym prądem powietrza sposobem na U z doprowadzeniem i odprowadzeniem powietrza wzdłuż calizny węglowej. Chodniki przyścianowe rabowane były na bieżąco. Ilość powietrza płynąca przez ścianę wynosiła 950 m^3/min, a rzeczywista metanowość bezwzględna była niższa od prognozowanej i nie przekraczała 5 m^3CH_4/min.

W końcowym etapie eksploatacji w Chodniku nadścianowym Z-2, tj. odprowadzającym powietrze ze ściany, ze względu na krawędzie eksploatacji oraz aktywność górotworu występowały deformacje obudowy powodujące istotne zmniejszenie przekroju poprzecznego wyrobiska. Przyjęta koncepcja likwidacji wyposażenia Ściany Z-2a zakładała wydawanie sekcji poprzez Pochylnię badawczą Z-1 w pokł. 502/1 do wyrobisk zlokalizowanych w podsieci wentylacyjnej KWK ROW Ruch Marcel. O ile gabaryty ruchowe przedmiotowej pochylni pozwoliły na wydanie trasy przenośnika ścianowego i przenośnika podścianowego oraz kombajnu ścianowego, o tyle dla wytransportowania sekcji obudowy zmechanizowanej koniecznym było wykonanie przebudowy zaniżonego odcinka wyrobiska.

Ze względu na czas inkubacji pożaru endogenicznego niekorzystne pod względem zagrożenia pożarowego byłoby pozostawienie przewietrzanej Ściany Z-2a do czasu wykonania przebudowy Pochylni badawczej Z-1 w pokładzie 502/1. Dlatego też na doraźnym posiedzeniu kopalnianego Zespołu ds. rozpoznawania i zwalczania zagrożeń uznano, że rejon Ściany Z-2a należy otamować dwoma korkami izolacyjnymi o konstrukcji przeciwwybuchowej, z lokalizacją:

- tama TI 594 – w Przekopie nr 1,
- tama TI 593 – w Chodniku Z-2 w pokł. 501/3, około 20 m od wlotu do Kanału likwidacyjnego ściany.

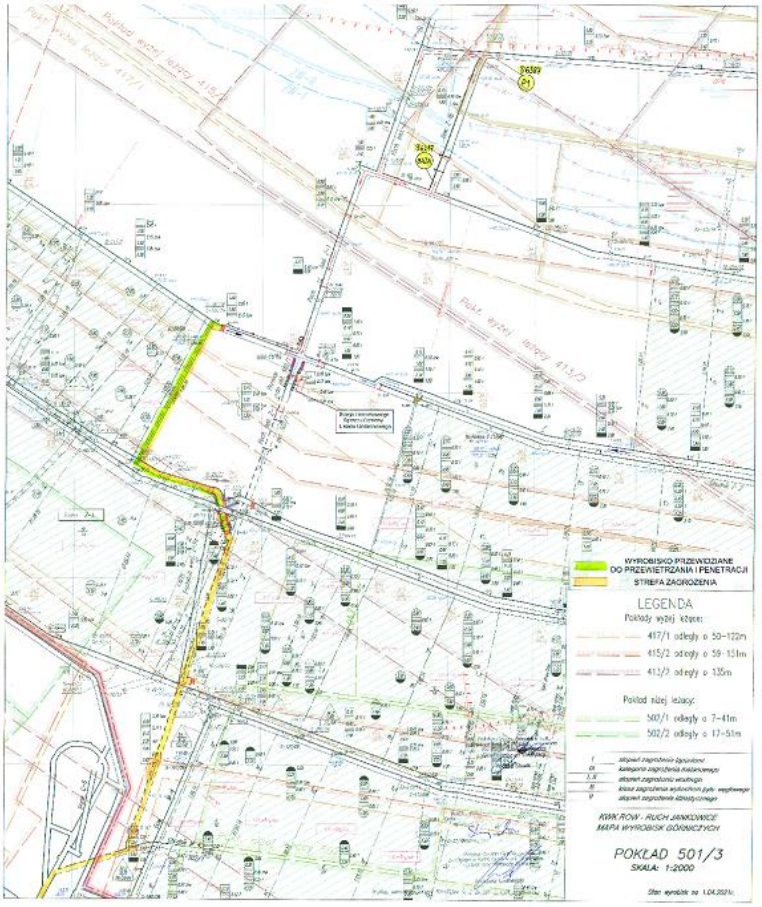
Ściana Z-2a w pokładzie 503/1 została otamowana w dniu 14.08.2020 r., co pozwoliło przystąpić do prac związanych z przebudową Pochylni badawczej Z-1 w pokł. 502/1. Podkreślić jednak należy dwa istotne aspekty występujące w rejonie izolowanej ściany. Pierwszy, to zabudowa w każdym z korków izolacyjnych po jednym przepuście przeciwwybuchowym. Drugi, to – z uwagi na zagrożenie klimatyczne – przewietrzanie Chodnika Z-2 w pokł. 501/3 na odcinku od skrzyżowania z Pochylnią badawczą Z-1 w pokł. 501/3 do tamy TI 593 wentylacją lutniową tłoczącą za pomocą WLE z zastosowanym urządzeniem chłodniczym WK-400.

2. GŁÓWNE ZAŁOŻENIA AKCJI PRZEWIETRZANIA I PENETRACJI REJONU ŚCIANY.

W trakcie tamowania rejonu Ściany Z-2a w Chodniku nadścianowym Z-2 oraz Przekopie nr 1, tj. w wyrobiskach odprowadzających powietrze ze ściany występowały znaczne deformacje obudowy i zawężone gabaryty wyrobisk. Na etapie przygotowywania się do akcji przewietrzania i penetracji założono, że stan obudowy, w związku z upływem czasu, w którym zanotowano dużą aktywność górotworu, mógł ulec pogorszeniu. Zakładano przy tym także, że występować będą odcinki wyrobisk o gabarytach uniemożliwiających przejście pracowników, a nawet – w skrajnym przypadku – uniemożliwią uzyskanie opływowego prądu powietrza. Taka sytuacja w powiązaniu z wyposażeniem każdego z korków izolacyjnych w tylko jeden przepust tamowy determinowała znalezienie innego, nietypowego rozwiązania.

Ponadto, ze względu na to, że powietrze z przedmiotowego rejonu odprowadzane jest do szybu wentylacyjnego zlokalizowanego na terenie KWK ROW Ruch Marcel, zaistniała konieczność powołania Sztabu Akcji również na Ruchu Marcel.

Mapę pokładu 501/3 w rejonie planowanej akcji przewietrzania i penetracji otamowanej Ściany Z-2a, z zaznaczeniem sposobu przewietrzania, fragmentu strefy zagrożenia i lokalizacją bazy przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Wycinek mapa pokładu 501/3 w rejonie otamowanej ściany Z-2
Figure 1. A fragment of the map of deck 501/3 in the area of the dammed Longwall Z-2a

Mając powyższe na uwadze, na etapie planowania akcji przewietrzania i penetracji założono także, że należy zapewnić normalny czas pracy, tj. utrzymać temperaturę powietrza poniżej 28°C:

- dla bazy ratowniczej oraz osób przebywających w bazie,
- dla zastępu zatrudnionego przy otwieraniu przełazu w korku izolacyjnym w Przekopie nr 1, tj. prądzie wylotowym z otamowanej ściany Z-2a w pokł. 501/, co miało pozwolić też na:
  - możliwość bezpiecznego zdjęcia masek i zakręcenia tlenu w butli,
  - zdalne prowadzenie kontroli stężeń gazów wypływających z przełazu,
- dla zastępu zatrudnionego przy otwieraniu przełazu w korku izolacyjnym w Chodniku Z-2 w pokł. 501/3, co miało pozwolić też na:
  - możliwość bezpiecznego zdjęcia masek i zakręcenia tlenu w butli,

- zastosowanie rozwiązań technicznych pozwalających na szybkie wykonanie otworu o średnicy ok. 800 mm w korku przeciwwybuchowym dla przeprowadzenia lutniociągu.

Pomimo zastosowania nietypowych, optymalnych dla tych uwarunkowań rozwiązań, założono, że występowanie w otamowanym rejonie II stopnia zagrożenia klimatycznego może spowodować konieczność prowadzenia akcji w trudnych warunkach mikroklimatu. Dlatego w planie akcji znajdował się zapis, że o czasie pracy i konieczności wymiany poszczególnych zastępów decyduje kierownik akcji.

3. OBOSTRZENIA WYNIKAJĄCE Z TRUDNYCH WARUNKÓW MIKROKLIMATU

Sposób prowadzenia różnego rodzaju akcji ratowniczych reguluje Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 16 marca 2017 r. w sprawie ratownictwa górniczego [2]. Stanowi one, m.in. że *§ 72. 1. Otwieranie czasowo otamowanych wyrobisk oraz przebicia drążonymi wyrobiskami korytarzowymi do nieczynnych wyrobisk i zrobów są akcją ratowniczą.* Z kolei w Załączniku nr 3 SZCZEGÓŁOWY SPOSÓB PROWADZENIA AKCJI RATOWNICZYCH W ZAKŁADACH GÓRNICZYCH podane są rygory (pkt 3) akcji ratowniczej prowadzonej w trudnych warunkach mikroklimatu w podziemnych zakładach górniczych. Najpierw podane są kryteria pozwalające dane uwarunkowania zaliczyć do takiej akcji. W zależności od jakości ubrań ratowników górniczych są nimi prace wykonywane przez ratowników górniczych w aparatach regeneracyjnych albo powietrznych butlowych podczas akcji ratowniczych prowadzonych w ubraniach:

- z włókien chemicznych – w temperaturze powyżej 25°C, mierzonej termometrem suchym i wilgotności względnej powyżej 50%,
- z włókien naturalnych – w temperaturze powyżej 30°C, mierzonej termometrem suchym i wilgotności względnej powyżej 60%.

Niezależnie od okoliczności, podczas akcji ratowniczej prowadzonej w trudnych warunkach mikroklimatu kierownik akcji ratowniczej jest zobowiązany podjąć działania poprawiające zarówno komfort oddychania w aparatach regeneracyjnych, jak i warunki mikroklimatu w miejscu pracy ratowników. Ważne przy tym jest, by zakres tych działań i środki techniczne do ich realizacji kierownik akcji ratowniczej były skonsultowane z przedstawicielem właściwej jednostki ratownictwa pracującym w sztabie akcji ratowniczej i by wydał polecenie ich odnotowania w książce prowadzenia akcji ratowniczej. Jednak w przypadku, kiedy temperatura mierzona termometrem suchym nie przekracza 35°C i wilgotność względna nie przekracza 60% prace wykonywane przez ratowników górniczych w akcjach ratowniczych w aparatach regeneracyjnych mogą być prowadzone bez stosowania środków poprawiających komfort oddychania i warunki mikroklimatu. Także w razie konieczności ratowania życia ludzkiego oraz gdy miejsce prowadzonych prac ratowniczych znajduje się w odległości nie większej niż 20 metrów od świeżego prądu powietrza i w warunkach dobrej widoczności można odstąpić od zasady stosowania środków poprawiających zarówno komfort oddychania, jak i warunki mikroklimatu w miejscu pracy ratowników.

Dbałość ustawodawcy odnośnie poprawy komfortu oddychania wynika, jak powszechnie wiadomo z faktu nieodwracalnych zmian w organizmie człowieka spowodowanych wysoką temperaturą wewnętrzną, które doprowadzają do śmierci. W tym miejscu można przypomnieć wypadek zbiorowy, jaki miał miejsce w dniu 24.02.1998 roku w KWK „Niwka-Modrzejów" w Sosnowcu. Jak pokazało badanie przyczyn i okoliczności tego wypadku [1], w tym dniu, około godziny 1:00, w ramach tzw. „cichej akcji", czyli niezgłoszonej w urzędzie górniczym, nielegalnej akcji zastępu ratowniczego kopalni, siedmiu górników, w tym nadsztygar i sztygar, wyko-

nało wyłom w tamie izolacyjnej, zamykającej nieczynne od lat wyrobisko oraz rozpoczęło penetrację Upadowej wentylacyjnej w pokładzie 418. Czynności te nie były poprzedzone wcześniejszą kontrolą temperatury i składu powietrza za tamą. Gdy po dłuższym czasie pracownicy nie opuścili penetrowanego terenu, rozpoczęto akcję ratowniczą, w trakcie której poszkodowani zostali kolejni górnicy. Trzech ratowników górniczych, przystępując do prac w nieczynnym wyrobisku, korzystało z aparatów tlenowych ucieczkowych typu AU-9, zaś kolejnych trzech z aparatów tlenowych roboczych typu W-70. Ostatecznie w wypadku zginęło sześciu górników – czterech z pierwszego zastępu, który bezprawnie wszedł za tamę oraz dwóch z drugiego zastępu, który pospieszył im z pomocą. Czterech dalszych pracowników, po ich ewakuacji na powierzchnię kopalni zostało poddanych hospitalizacji w Klinice Chorób Zawodowych w Sosnowcu z powodu obserwowanych zaburzeń narządowych w przebiegu udaru cieplnego m. in. utraty przytomności, biochemicznych cech uszkodzenia wątroby i w mniejszym stopniu nerek, rabdomiolizy oraz kwasicy metabolicznej [1].

Wspomniana dbałość została jednoznacznie określona w zakresie czasu pracy zastępu zatrudnionego w akcji ratowniczej w trudnych warunkach mikroklimatu [2]. Czas ten określa kierownik akcji pod ziemią, na podstawie odpowiednich tabel bezpiecznego czasu pracy, w porozumieniu z lekarzem obecnym w bazie ratowniczej.

Pierwsza z tych tabel podaje orientacyjne wartości wydatków energetycznych u ratowników górniczych podczas wykonywania typowych czynności ratowniczych, przy pracy w aparacie regeneracyjnym.

Uwzględnia ona następujące kryteria prac: praca lekka: 100 ÷ 165 W/m^2; praca umiarkowana: 165 ÷ 230 W/m^2; praca ciężka: 230 ÷ 290 W/m^2; praca bardzo ciężka: > 290 W/m^2. Odnosząc to do zadań zaplanowanych w ramach prac ratowniczych można uznać, że obejmowały one prace ciężkie i prace bardzo ciężkie, tj. penetracje wyrobisk, w tym wyrobisk niskich. W związku z tym odnieść się należało do bezpiecznego czasu pracy przy obciążeniu pracą ciężką w ubraniu z włókien naturalnych, podanych w stosownej tabeli [2]. W czasie akcji przewietrzania i penetracji Ściany Z-2a w pokładzie 501/3 nie planowano wyposażenia ratowników w ubrania z włókien chemicznych.

Niezależnie od tego przepisy stanowią, by do prac w trudnych warunkach mikroklimatu byli zatrudniani wyłącznie ratownicy górniczy, którzy zostali przebadani w bazie ratowniczej przez lekarza, i tylko wtedy, gdy nie stwierdził on przeciwwskazań do ich pracy w takich warunkach. Natomiast podczas akcji ważne jest, by czasy pracy podane w tabelach były odpowiednio skracane w przypadkach, gdy oprócz trudnych warunków mikroklimatu występują inne utrudnienia w miejscu pracy lub na drodze dojścia albo powrotu do lub z tego miejsca.

Ponieważ nie do końca da się przewidzieć warunki pracy, w jakich będą realizować zadania ratownicy przepisy wymagają, by podczas pracy zastępu zastępowy na bieżąco kontrolował wilgotność względną i temperaturę otoczenia na wysokości twarzy, z częstotliwością określoną przez kierownika akcji pod ziemią. W razie gdy temperatura otoczenia wzrośnie o ponad 3°C, zastępowy powinien podjąć decyzję o wycofaniu zastępu do bazy, informując o tym kierownika akcji pod ziemią.

Oprócz pomiarów warunków pracy istotne jest też badanie tętna, które powinien nakazać zastępowy lub kierownik akcji pod ziemią. Jeżeli u któregoś z ratowników zastępu nastąpiło przekroczenie wartości tętna ponad 140 uderzeń/minutę, ratownik ten musi do następnej kontroli tętna wypoczywać bez obciążenia. Jeżeli po kolejnej kontroli tętno to nie obniży się, zastępowy powinien podjąć decyzję o wycofaniu zastępu do bazy. Niezależnie od tego, ratownicy zatrudnieni przy wykonywaniu pracy w trudnych warunkach mikroklimatu są obowiązani zgłosić zastępowemu każdy objaw zmiany samopoczucia, a w szczególności: zawroty głowy, bóle głowy,

bóle kończyn, zaburzenia wzroku i słuchu oraz mdłości. Zastępowy po zgłoszeniu przez ratownika takich objawów jest obowiązany natychmiast wycofać zastęp, powiadamiając o tym kierownika akcji pod ziemią.

Bardzo istotnym jest zapis par. 3.14, który mówi, że *W trudnych warunkach mikroklimatu ratownik może być zatrudniony tylko jeden raz ciągu 24 godzin*. Powyższy zapis, ze względu na zakres koniecznych do wykonania prac w trakcie akcji przewietrzania i penetracji Ściany Z-2a w pokładzie 501/3, determinował zastosowanie rozwiązań zapewniających normalny czas pracy w czasie czynności przygotowawczych do penetracji, w szczególności związanych z wykonywaniem otworu w korku izolacyjnym TI 593.

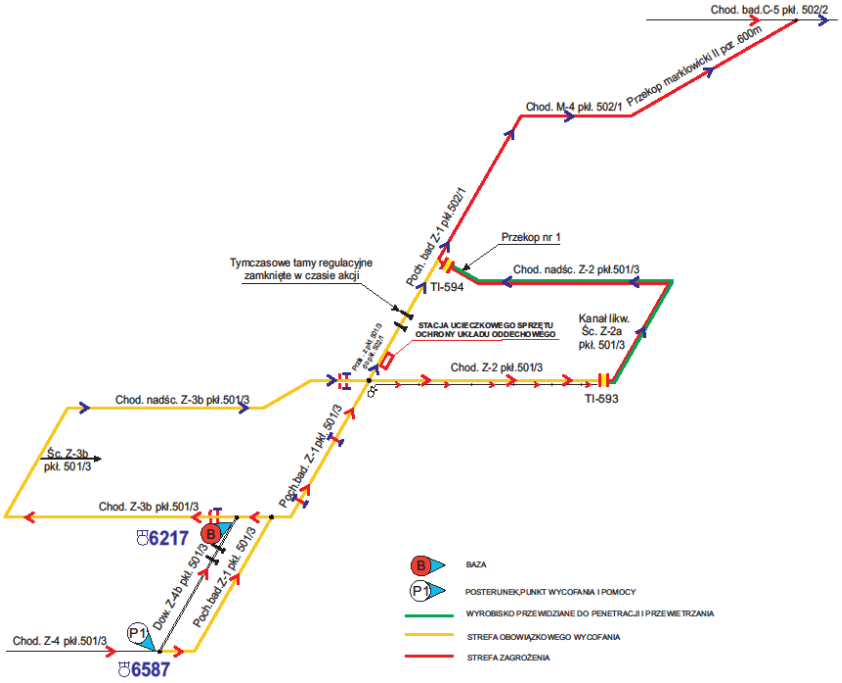
Jak z powyższego wynika Akcja ratownicza uwzględniać musiała zarówno nietypowe rozwiązania wynikające z uwarunkowań górniczych (gabaryty wyrobiska, jeden przepust tamowy w tamie przeciwwybuchowej), jak i uwarunkowania związane z temperaturą i zagrożeniem klimatycznym.

4. PRZEBIEG AKCJI, REALIZACJA ZAŁOŻEŃ

Ze względu na odprowadzanie powietrza z rejonu objętego prowadzeniem akcji do podsieci wentylacyjnej oraz szybu wentylacyjnego KWK ROW Ruch Marcel, Sztab akcji został powołany na Ruchu Jankowice i na Ruchu Marcel, przy czym Kierownik Akcji przebywał w pomieszczeniach na Ruchu Jankowice.

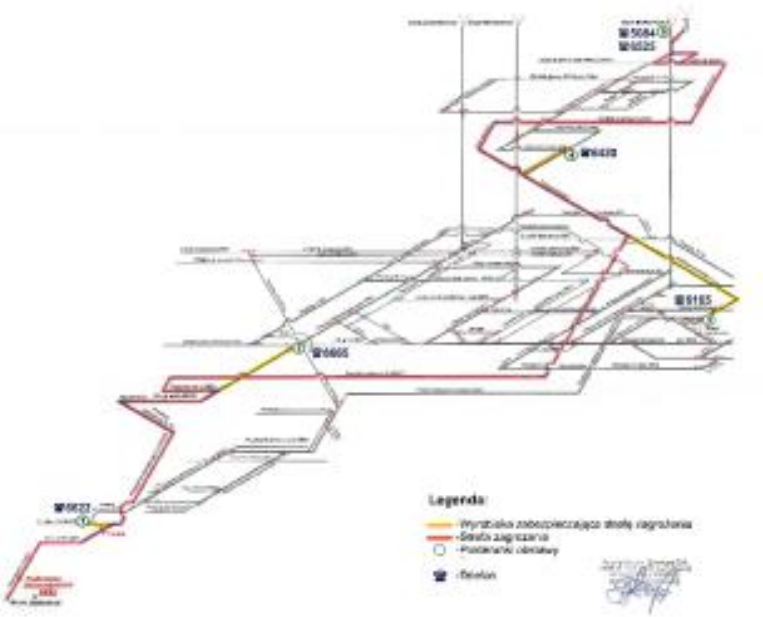
Baza zlokalizowana była w Dowierzchni Z-4b w pokł. 501/3, w części przynależnej do Ruchu Jankowice. Tam też znajdował się jeden posterunek obstawy, a w wyrobiskach Ruchu Marcel – 5 posterunków obstawy.

Schemat przestrzenny strefy zagrożenia w KWK ROW Ruch Jankowice i Ruch Marcel przedstawiono na rys. 2 i 3.



Rys. 2. Schemat przestrzenny przewietrzania rejonu Ściany Z-2a w pokładzie 501/3 z zaznaczeniem strefy zagrożenia i posterunkami obstawy – Ruch Jankowice

Figure 2. A spatial diagram of ventilation in the area of Longwall Z-2a in seam 501/3 with the danger zone and guard posts marked – part of the Jankowice Movement



Rys. 3. Schemat przestrzenny przewietrzania rejonu Ściany Z-2a w pokładzie 501/3 z zaznaczeniem strefy zagrożenia i posterunkami obstawy – Ruch Marcel

Figure 3. A spatial diagram of ventilation in the area of Longwall Z-2a in seam 501/3 with the danger zone and guard posts marked – part of the Marcel Movement

Ze względu na przewidywany czas prowadzenia akcji należało zapewnić obłożenie na minimum 2 zmiany.

Rejon otamowanej ściany Z-2a w pokładzie 501/3, jak już podano, zaliczony jest do II stopnia zagrożenia klimatycznego, podobnie jak rejon eksploatowanej ściany Z-3b w pokładzie 501/3. W rejonie zabudowane są cztery klimatyzatory z klimatyzacji centralnej, tj.:

– w Chodniku Z-2 w pokładzie 501/3 (na lutniociągu przewietrzającym dojście do TI 593) – WK 400,
– w Chodniku Z-3b w pokładzie 501/3, pomiędzy Dowierzchnią Z-4b, a Pochylnią badawczą Z-1 w pokładzie 501/3 – WK 400,
– w Chodniku Z-4 przed Dowierzchnią Z-4b w pokładzie 501/3 – 2 x WK 300.

Łącznie zabudowane w tym rejonie urządzenia chłodnicze posiadają moc chłodniczą wynoszącą 1,4 MW.

Pomimo tak dużej mocy chłodniczej w wyrobiskach odprowadzających powietrze ze ściany Z-3b, tj. chodniku nadścianowym Z-3b oraz pochylni badawczej Z-1 w pokł. 502/1 temperatura powietrza mierzona termometrem suchym przekraczała 28°C.

Przyjęte założenia przewidywały – jak już podano wcześniej – zatrudnianie wszystkich osób w akcji w normalnym czasie pracy. W związku z tym przed rozpoczęciem akcji, kosztem zwięk-

szenia temperatury powietrza w Ścianie Z-3b, zmieniono zabudowę lutni z instalacji klimatyzacji centralnej. Powyższy manewr zapewnił uzyskanie temperatury poniżej 28°C we wszystkich kluczowych dla prowadzenia akcji wyrobiskach, tj.:

- Dowierzchni Z-4b w pokładzie 501/3 – baza ratownicza,
- Pochylni badawczej Z-1 w pokładzie 502/1 – miejsce przebywania zastępu nr 1,
- Chodniku Z-2 w pokł. 501/3 – miejsce przebywania zastępu nr 2,

Na etapie planowania akcji zwrócono uwagę, że kluczową rolę odgrywać będzie czas czynności przygotowawczych związanych z umożliwieniem penetracji Dowierzchni Z-2a z wykorzystaniem i zabudową lutniociągu dla wentylacji odrębnej. W związku z powyższym zastępy zatrudnione w pierwszej fazie akcji wyposażono w aparaty PSS BG-4Plus, które umożliwiają zakręcenie tlenu z butli, a tym samym zdecydowanie wydłużają czas pracy zastępu. Aby taka sytuacja mogła zaistnieć, należało zapewnić właściwy stan atmosfery w miejscu przebywania zastępu przy jednoczesnej pewności kontroli tego stanu.

W tym celu przed akcją zabudowano dwa czujniki tlenu podłączone do sytemu gazometrii automatycznej, które zabudowane były w:

- Pochylni badawczej Z-1 w pokładzie 502/1, 10 m poniżej TI 594,
- Chodniku Z-2 w pokładzie 501/3 przed TI 593,

tj. w miejscach przebywania zastępów nr 1 i 2.

Zastęp nr 1 po odkręceniu przełazu w tamie przeciwwybuchowej TI 594 (w aparatach roboczych) i wykonaniu stosownych pomiarów, zabudował wężyk pomiarowy w przełazie i wycofał się do Pochylni badawczej Z-1 w pokładzie 502/1 ok. 15 m poniżej Przekopu nr 1. Jednocześnie pomiędzy otwartym przełazem w tamie przeciwwybuchowej TI 594, a miejscem przebywania zastępu nr 1 zabudowany był czujnik tlenu włączony do systemu gazometrii automatycznej. Powyższe rozwiązanie gwarantowało bezpieczeństwo zastępu i jednocześnie umożliwiło zdjęcie masek i zakręcenie tlenu w aparatach roboczych. Jednocześnie przyjęto założenie, że podejście lub przejście za tamę przeciwwybuchową TI 594 może odbywać się wyłącznie na polecenie kierownika akcji i w założonych aparatach roboczych.

Otwarcie przełazu w korku izolacyjnym TI 594 i jednocześnie zamknięcie śluzy tymczasowej w Pochylni badawczej Z-1 w pokładzie 502/1 powyżej Chodnika Z-2 w pokładzie 501/3 spowodowało wytworzenie podciśnienia za korkiem izolacyjnym TI 593. Natomiast otwarcie przełazu w korku izolacyjnym TI 594:

- spowodowało zaciąganie schłodzonego powietrza świeżego do Kanału likwidacyjnego ściany Z-2a,
- zabezpieczyło zastęp nr 2 zatrudniony w Chodniku Z-2 w pokładzie 501/3 przed możliwością wystąpienia atmosfery niezdatnej do oddychania, co umożliwiło zdjęcie masek i zakręcenie tlenu w aparatach roboczych,
- stworzyło bezpieczną strefę bezpośrednio za korkiem izolacyjnym TI 593, co umożliwiło wykonanie otworu dla przeprowadzenia lutni,
- wstępnie schłodziło Kanał ściany Z-2a przed prowadzaną penetracją.

Uzyskany niewielki przepływ powietrza na poziomie 140 m^3/min potwierdził obawy o istotnym zmniejszeniu gabarytów Chodnika nadścianowego Z-2 w pokładzie 501/3. Stało się więc oczywistym, że penetracja Kanału likwidacyjnego ściany Z-2a w pokładzie 501/3 prowadzona będzie z wykorzystaniem wentylacji lutniowej tłoczącej. Dla przeprowadzenia lutni przez korek izolacyjny TI 593 założono wykonanie 8 otworów średnicy 200 mm z użyciem wiertnicy WD-02ea. Czas wiercenia jednego otworu zakładano na ok. 30 min, a czas wiercenia wszystkich otworów na ok. 4 godziny, co zostało potwierdzone podczas akcji. Dlatego tak istotnym było zapewnienie normalnego czasu pracy oraz właściwych parametrów atmosfery kopalnianej.

Po rozpoczęciu akcji oraz wysłaniu zastępów z bazy w sąsiedztwo korka izolacyjnego TI 593 oraz korka izolacyjnego TI 594 wykonano pomiary parametrów klimatycznych oraz gazowych. Stwierdzone temperatury poniżej 28°C w miejscach zatrudnienia ratowników oraz osób związanych z akcją (baza) potwierdziły skuteczność przeprowadzonych manewrów wentylacyjnych w zakresie zapewnienia normalnego czasu pracy.

Po otwarciu przełazu w korku izolacyjnym TI 594 w Przekopie 1 zastęp pomierzył temperaturę powietrza, która wynosiła *Ts* = 32°C, a także stężenia gazów: CH_4 – 5,6%, CO – 4 ppm, CO_2 – 1,2%, O_2 – 0,8%. Następnie, po zabudowie wężyka pomiarowego, wycofał się do Pochylni badawczej Z-1 w pokładzie 502/1 ok. 15 m poniżej Przekopu nr 1, a jednocześnie poniżej zabudowanego czujnika tlenu. Mając pewność właściwych parametrów atmosfery kopalnianej Kierownik Akcji wydał polecenie zdjęcia masek i zakręcenia tlenu w aparatach.

Jednocześnie zastęp nr 2 zatrudniony przy korku izolacyjnym TI 594 w Chodniku Z-2 stwierdził zmianę ciśnienia na U-rurce z +6 na -10 mm H_2O, co potwierdziło realizację założeń. Po otwarciu przełazu w korku izolacyjnym TI 594 zastęp potwierdził „zaciąganie" powietrza do przełazu, co było zgodne z założeniami akcji. Wykonany pomiar ilości powietrza płynącego przez przełaz, mimo zamknięcia śluzy tymczasowej w Pochylni badawczej Z-1 w pokładzie 502/1 powyżej Chodnika Z-2, wykazał przepływ powietrza na poziomie 140 m^3/min, co nie było wielkością zadowalającą.

Zrealizowanie przyjętych założeń, tj. przepływ powietrza przez przepust tamowy oraz temperaturę poniżej 28°C umożliwiły wydanie polecenia zdjęcia masek, zakręcenia tlenu w aparatach oraz przystąpienia do prac związanych z wierceniem otworów w korku izolacyjnym TI 594 dla przeprowadzenia lutni. Po wykonaniu otworu w korku izolacyjnym TI 594 zastępy nr 1 oraz nr 2 zostały wycofane do bazy, a w ich miejsce zostały skierowane kolejne zastępy, których zadaniem było rozwieszanie lutni oraz przewietrzanie i penetracja Kanału ściany Z-2a w pokładzie 501/3.

Zabudowa lutni oraz bieżące przewietrzanie Kanału likwidacyjnego ściany Z-2a, ze względu na zastosowanie chłodnicy powietrza WK-400, prowadzona była bez wejścia w parametry warunkujące prowadzenie akcji w trudnych warunkach mikroklimatu. Po przewietrzeniu całego Kanału ściany Z-2a zastęp stwierdził zmniejszenie gabarytów chodnika nadścianowego Z-2 uniemożliwiające jego bezpieczną penetrację.

Akcja została zakończona o godz. 20.30. W czasie akcji zatrudnionych było 6 zastępów ratowniczych.

5. PODSUMOWANIE

Przebieg akcji, a w szczególności brak uzyskania zadawalającej ilości opływowego prądu powietrza płynącego przez Kanał likwidacyjny ściany Z-2a w pokł. 501/3 w pełni potwierdził wątpliwości, które pojawiły się na etapie planowania akcji, a jednocześnie potwierdził słuszność i zasadność podjętych środków organizacyjno – technicznych na etapie przygotowywania założeń akcji.

Przyjęte rozwiązania organizacyjno – techniczne, w szczególności w zakresie zapewnienia normalnego czasu pracy oraz właściwych parametrów klimatycznych, umożliwiły ograniczenie ilości osób zatrudnionych w czasie akcji przy jednoczesnym maksymalnym wykorzystaniu ich potencjału. Jednocześnie powyższe rozwiązania zostały uzgodnione z właściwą jednostką ratownictwa górniczego i zostały ujęte w planie akcji przewietrzania i penetracji.

Kluczowym okazało się zastosowanie niestandardowych rozwiązań umożliwiających:

– zapewnienie normalnego czasu pracy dla wszystkich osób zatrudnionych w akcji, w szczególności ratowników górniczych,
– zapewnienie właściwych parametrów gazowych dla zastępów zatrudnionych w sąsiedztwie korków izolacyjnych co umożliwiło pracę bez aparatów roboczych,
– zastosowanie wiertnicy dla wykonania otworów, a docelowo otworu umożliwiającego przeprowadzenie lutniociągu.

Konieczność wykonania otworów/otworu pokazała konieczność zatrudniania w drużynie ratowniczej osób o wielu specjalnościach, w tym wiertaczy.

Powyższa akcja pokazała, że bez zastosowania niestandardowych rozwiązań koniecznym byłoby przerwanie akcji lub zatrudnienie dodatkowych zastępów.

Po przeprowadzonej akcji przewietrzania i penetracji ze Ściany Z-2a w pokładzie 501/3 wybudowano właściwe sekcje obudowy zmechanizowanej. Aktualnie rejon został otamowany korkami o konstrukcji przeciwwybuchowej.

LITERATURA

[1] Czesław Chowaniec, Mariusz Kobek, Małgorzata Chowaniec, Rafał Skowronek1, 2, Joanna Nowicka. Ocena mechanizmu i przyczyny śmierci ratowników górniczych podczas wypadku zbiorowego w Kopalni Węgla Kamiennego „Niwka-Modrzejów" w Sosnowcu w 1998 roku. ARCH. MED. SĄD. KRYMINOL., 2011, LXI, 319-330

[2] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 16 marca 2017 roku w sprawie Ratownictwa Górniczego.

THE ACTION OF VENTILATING AND PENETRATING THE DAMMED AREA - - NON-STANDARD SOLUTIONS ON THE EXAMPLE OF LONGWALL Z-2A IN SEAM 501/3 IN ROW COAL MINE RUCH JANKOWICE

ABSTRACT: The paper presents non-standard solutions used during the ventilation and penetration action of the dammed Z-2a Longwall in seam 501/3 at ROW Coal Mine Ruch Jankowice. At the beginning, the area of Longwall Z-2a in seam 501/3 was characterized and the unusual conditions for the resumption of ventilation and penetration were described, which resulted from the seismic activity of the rock mass and the construction of explosion-proof dams with a single dam culvert. Then, the concept of resuming ventilation and penetration in the area of Longwall Z-2a was discussed. The important role of the climate hazard during the action is emphasized here. Therefore, the most important rules of conducting actions in difficult microclimate conditions were reminded. The course of the resumption of ventilation and penetration action is presented in the following, and finally a summary is made.

Inwestycje Zakładu Produkcji Ekopaliwa

Małgorzata Tota
Polska Grupa Górnicza S.A. Oddział Zakład Produkcji Ekopaliwa

1 lipca 2018 r. powołano nowy Oddział PGG S.A. - Zakład Produkcji Ekopaliwa. Funkcjonowanie nowego zakładu umożliwiło produkcję ekopaliw o parametrach jakościowych zgodnych z zaostrzonymi uchwałami antysmogowymi. Ekopaliwa produkowane są z węgla przywożonego z innych Oddziałów PGG transportem kolejowym. Zakład Produkcji Ekopaliwa zajmuje się konfekcjonowaniem wysokiej jakości ekopaliw dedykowanych do kotłów 5 klasy i ECODesign.

Oddział prowadzi sprzedaż ekogroszków Karlik i Retopal przez sklep internetowy PGG, a dodatkowo w ofercie sprzedaży drobnicowej oferuje ekomiał Greenpal. W związku z planowanym zwiększeniem produkcji poszukiwanych na rynku komunalno – bytowym ekopaliw (Karlik, Retopal i Greenpal), podjęto decyzję o modernizacji układów technologicznych oraz infrastruktury zakładu.

Realizacja inwestycji wynika z możliwości maksymalnego wykorzystania istniejącego układu technologicznego w zakresie elastycznego dostosowywania wielkości i struktury produkcji do bieżącego zapotrzebowania na rynku ekopaliw. Inwestycje umożliwiają zwiększenie przychodów i ograniczenie kosztów. Jedną z najważniejszych inwestycji była zabudowa automatycznej linii technologicznej do konfekcjonowania ekogroszku w istniejącym obiekcie paczkowalni. Dzięki uruchomieniu nowej linii Zakład Produkcji Ekopaliwa rozpoczął sprzedaż ekogroszku Karlik w workach o pojemności 20 kg, w opakowaniach zbiorczych o masie 1000 kg. Automatyczna linia technologiczna wyposażona jest w dwie wagopakowarki o łącznej wydajności 32 t/h, paletyzator oraz kapturownicę, która dodatkowo zabezpiecza worki na palecie przed niekorzystnym działaniem czynników atmosferycznych za pomocą kaptura foliowego.

Podczas konfekcjonowania ekogroszków do worków o wadze 20 kg linia może osiągać wydajność 512 t/dobę.











Rozbudowano również halę magazynowo - produkcyjną, umożliwiając zwiększenie powierzchni użytkowej hali paczkowalni o około 200 m^2.

Hala magazynowa jest wykorzystana jako magazyn podręczny materiałów do paczkowania (m. in. rękawów foliowych oraz kapturów). Zaprojektowano w niej również stację ładowania wózków akumulatorowych odbierających palety z workami oraz miejsca postojowe dla parku maszynowego.

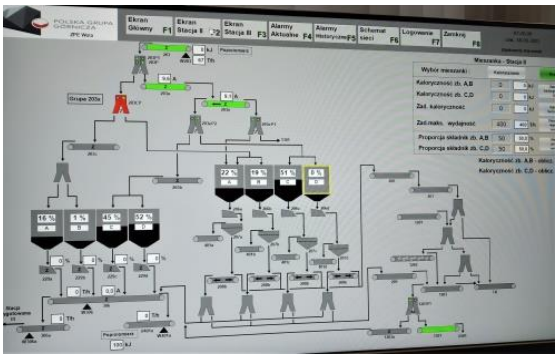
W związku ze zwiększeniem produkcji ekopaliw konfekcjonowanych do 512 t/dobę, konieczne było powiększenie powierzchni magazynowej na towar do sprzedaży. Wykonano plac załadowczy wraz z nowymi drogami transportowymi, niezbędnymi do kompleksowej obsługi klienta drobnicowego, przez co poprawił się poziom organizacji załadunku i ekspedycji węgla.



Towar na placu magazynowym składowany jest piętrowo, co pozwala zwiększyć bufor magazynowy.

Powiększenie placu magazyno-wego poprawi dostępność towaru oraz wpłynie na zaspokojenie rynku w okresach wzmożonego popytu.

Kolejna inwestycja ZPE umożliwia tworzenie paliw dzięki automatycznej regulacji strug z korektą ilościową komponentów, z gwarancją uzyskania stabilnych parametrów paliw. Zapewnia płynną regulację nadawy w wymaganych proporcjach, co umożliwia wzrost produkcji ekologicznych paliw Karlik, Retopal i Greenpal. Celem jest uzyskanie możliwości produkcji paliw kwalifikowanych o stabilnych zadanych parametrach jakościowych.



Dzięki zastosowaniu urządzeń do ciągłego pomiaru parametrów jakościowych węgla na przenośnikach, jakość węgla jest kontrolowana na bieżąco, co pozwala na zapewnienie naszym Klientom stabilnych i powtarzalnych deklarowanych parametrów, a także umożliwia spełnienie kryteriów Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 27 września 2018 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw stałych.

Aktualnie realizowane jest przedsięwzięcie polegające na rozbudowie układów technologicznych zakładu do produkcji paliw kwalifikowanych - budowie dwóch nowych pomostów ze stacjami przesypowymi. Zdecydowano o budowie nowych z pomostów z uwagi na fakt, że wydajność dotychczasowego układu technologicznego do produkcji ekopaliw jest niewystarczająca z powodu rosnącego popytu na ekogroszki z Zakładu Produkcji Ekopaliwa. Realizacja inwestycji pozwoli na znaczne ograniczenie wykorzystania taboru kolejowego do transportu wewnętrznego węgla ze zwałów do zbiorników węgla surowego, co wpłynie na odblokowanie ciągów technologicznych rozładunku węgla, a tym samym umożliwi zwiększenie możliwości przyjęcia węgla z zewnątrz i maksymalizację wydajności produkcji ekopaliw. Szacuje się, że dzięki budowie nowych pomostów potencjał produkcyjny Karlika wzrośnie o 110 tys. t/rok, a koszty obsługi bocznicy kolejowej zostaną znacząco obniżone.

Tytuł referatu: Zastosowanie analizy predykcyjnej w procesie zarządzania portfelami projektów inwestycyjnych na przykładzie przedsiębiorstwa branży wydobywczej

Mgr inż. Maciej Wach
Centrala KGHM Polska Miedź S.A.

STRESZCZENIE: Celem niniejszego referatu jest wskazanie na możliwość zastosowania analityki predykcyjnej we wspomaganiu procesów decyzyjnych na wybranych etapach procesu zarządzaniu portfelami projektów inwestycyjnych w przedsiębiorstwie branży wydobywczej. W referacie omówiono istotę analityki predykcyjnej, aktualnie zastosowania oraz uniwersalne wymagania stawiane dla wdrożenia analityki w dużych organizacjach. Prezentowany temat uzupełniają badania wykorzystujące modelowanie predykcyjne w celu określenia i weryfikacji najskuteczniejszych algorytmów oraz kluczowych atrybutów projektów inwestycyjnych, umożliwiających predykcję istotnych zagrożeń planowej realizacji projektów portfela.

SŁOWA KLUCZOWE: Analityka predykcyjna, zarządzanie portfelami projektów inwestycyjnych, zarządzanie projektami

1. WPROWADZENIE

Tworzenie portfeli projektów inwestycyjnych, które są optymalnie dopasowane do strategii przedsiębiorstwa i przyczyniają się do osiągania jak najlepszych wyników oczekiwanych przez organizację, zostało zidentyfikowane jako jedno z największych wyzwań dla firm zarządzających inwestycjami w sposób projektowy [1]. Jednym z podstawowych problemów w zarządzaniu portfelami projektów inwestycyjnych jest ocena przewidywanego czasu trwania każdego projektu oraz planowanie budżetu potrzebnego do jego realizacji. Według Project Management Institute (PMI) [2] w ostatniej dekadzie ogólna liczba projektów zrealizowanych w terminie waha się od 50% do 55%, a tylko nieco więcej (55-60%) jest realizowanych w ramach zaplanowanego budżetu. Duże opóźnienia w projektach lub błędna kalkulacja budżetów skutkują tym, że tracone są szanse na alternatywne inwestycje, efekty projektów są odkładane w czasie, rosną zobowiązania zewnętrzne, specjaliści są związani nieefektywnymi zadaniami, dostępność zasobów zmienia się w czasie, a nastawienie do projektu w organizacji ulega pogorszeniu. W ostatnich latach, analiza predykcyjna stała się istotnym narzędziem wsparcia procesów decyzyjnych, dając menedżerom reprezentującym różne obszary biznesowe wgląd w ukryte do tej pory zależności, relacje i wzorce w zbiorach danych. Dzięki jej wykorzystaniu, możliwe jest wspomaganie strategicznych decyzji podejmowanych przez zarządzających portfelami poprzez wykrywanie projektów zagrożonych dużymi opóźnieniami i niewłaściwym wykonaniem bu-

dżetu. W przeciwieństwie do dotychczasowych metod, które opierają się o analizy ryzyka pojedynczych zadań lub wielowymiarową ocenę projektów, przedstawione w niniejszym referacie podejście do predykcji bazuje wyłącznie na raportowanych parametrach projektów określonych przez metodologię zarządzania projektami stosowaną w organizacji.

2. ZARZĄDZANIE PORTFELAMI PROJEKTÓW INWESTYCYJNYCH

Wczesne próby zdefiniowania portfela projektów charakteryzowały go jako grupę projektów zarządzanych pod wspólnym nadzorem. Obecnie deskrypcje mocno podkreślają jego związek ze strategią firmy. Standard PMI [3] definiuje go jako „zestaw programów, projektów lub operacji zarządzanych jako grupa w celu osiągnięcia celów strategicznych". Portfele projektów muszą reagować na zmiany zachodzące w strategii firmy i dostosowywać się do niej, dokonując ciągłych zmian w ich strukturze. Cooper [4] definiuje 6 mierników wydajności portfela, które odzwierciedlają główne cele zarządzania portfelem, są to: utrzymanie liczby projektów adekwatnej do dostępnych zasobów; unikanie impasu, co pozwala na terminową realizację projektów; włączanie projektów o dużej wartości (maksymalizacja wartości); bilansowanie portfela pod względem ryzyka i perspektywy czasowej; utrzymywanie zgodności ze strategią biznesową; planowanie podziału wydatków z uwzględnieniem strategicznych priorytetów.

2.1. *Proces zarządzania portfelami projektów inwestycyjnych*

Chociaż zarządzanie portfelami projektów wydaje się ciągłym procesem, powszechnie definiuje się go jako częściowo cykliczną sekwencję etapów ściśle związanych z określonymi problemami decyzyjnymi. PMI [5] dzieli ten proces na 5 etapów:

1) Klaryfikacja celu – zdefiniowanie celu strategicznego (lub celów), który portfel ma realizować oraz metody oceny projektów w kontekście jego realizacji.
2) Gromadzenie i ewaluacja – etap gromadzenia aktualnych i nowych projektów (wraz z danymi niezbędnymi do ich oceny), które stworzą dany portfel.
3) Wybór projektów – na podstawie ustalonych kryteriów oceny, projekty są wybierane tak, aby tworzyły portfel maksymalizujący sumaryczną wartość projektów i zrównoważony pod względem ryzyka i czasu realizacji
4) Walidacja i inicjacja – przed zainicjowaniem lub aktualizację projektów wchodzących w skład portfela, należy zweryfikować współzależności, ograniczenia budżetowe, dostępność zasobów i możliwości organizacyjne przedsiębiorstwa do realizacji tych projektów.
5) Bieżące zarządzanie i monitorowanie – najbardziej zróżnicowana faza procesu zarządzania portfelem, obejmująca codzienne czynności wykonywane przez właścicieli portfeli wspieranych przez biura zarządzania projektami (ang. project management office - PMO): monitorowanie wydajności portfela, zużycie zasobów, zmiany zakresu i budżetu, raportowanie zarządcze oraz zmiany struktury portfela.

Biorąc pod uwagę opisane fazy, pierwsza z nich ma charakter incydentalny, a jej wystąpienie uzależnione jest od zmian w strategii firmy. Fazy od 2 do 4 często występują się cyklicznie ponieważ firmy dokonują przeglądu swoich portfeli w celu polepszenia wskaźników wydajności. Faza piąta ma charakter ciągły i nakłada się z kolejnymi cyklami wcześniejszych faz. W szerokim ujęciu wymaga ona największego zaangażowania pracy ludzkiej i charakteryzuje się dużą częstotliwością i różnorodnością sytuacji decyzyjnych.

3. ANALITYKA PREDYKCYJNA

Analityka predykcyjna wraz z technologią Big Data, która jest jej nierozłączną częścią, została w 2016 roku wskazana przez respondentów magazynu Mining Magazine jako jedna z trzech najważniejszych technologii w górnictwie w nadchodzącej dekadzie obok wykorzystania dronów i rozwiązań chmurowych [6]. Analityka predykcyjna jest procesem wykorzystującym zaawansowane formuły matematyczne, algorytmy statystyczne, a także informatyczne narzędzia i usługi w celu identyfikacji zależności, powiązań i wzorów w zbiorach danych oraz redukcji ich złożoności [7]. W uproszczeniu, celem analityki predykcyjnej jest budowanie modeli, które mogą posłużyć do określenia, na podstawie posiadanych danych historycznych, prawdopodobieństwa wystąpienia przyszłych zdarzeń dla nowo zaistniałych sytuacji (reprezentowanych przez nowe zbiory danych wejściowych) [8].

3.1. *Analityka predykcyjna w zarządzaniu portfelami projektów*

Chociaż analiza predykcyjna jest już szeroko stosowana w obszarach takich jak bankowość, opieka zdrowotna, ubezpieczenia czy przemysł, istnieje ograniczone zastosowanie analizy predykcyjnej w zarządzaniu portfelami projektów. Podejściem, które w ostatnim czasie przyciąga coraz większą uwagę jest tzw. Project Predictive Analysis, metoda opracowana przez Deloitte we współpracy z Helmsman Institute w Australii [9]. Analiza ta opiera się na wielowymiarowej ocenie projektu, która trwa ok. 4-6 tygodni i daje możliwość predykcji potencjalnych zagrożeń w całym cyklu życia projektu dzięki porównaniu z bazą ponad 2000 zrealizowanych już projektów. Innym stosowanym podejściem jest metoda Monte Carlo. Metoda ta może być wykorzystana w analizie projektów inwestycyjnych poprzez szacowanie wartości granicznych dla każdego zaplanowanego zadania w ujęciu czasu i budżetu wymaganego do ich realizacji. W dalszej kolejności, wybrany rozkład prawdopodobieństwa jest przypisywany do każdego zadania umożliwiając wygenerowanie losowych realizacji projektu w setkach lub tysiącach symulacji, które następnie podlegają analizie statystycznej[9]. Oba opisane podejścia koncentrują się przede wszystkim na ocenie ryzyka i wymagają dużego wkładu ze strony interesariuszy oraz w niewielkim stopniu wykorzystują zależności portfelowe projektów.

3.2. *Wymagania dla wdrożenia*

Wdrożenie analizy predykcyjnej w organizacji, poza wiedzą o algorytmach statystycznych i uczeniu maszynowym, wymaga spełnienia trzech dodatkowych warunków [10]:

- Posiadania zaawansowanej wiedzy biznesowej, która pozwala prawidłowo zdefiniować cel analityki, zrozumieć zależności pomiędzy wykorzystywanymi w niej zmiennymi, a także wpływa na zdolność kapitalizacji jej wyników.
- Złożonego problemu biznesowego – problem rozwiązywany przez analitykę musi być na tyle złożony i istotny, aby wdrożenie analityki będzie opłacalne i niemożliwe do zastąpienia innymi prostszymi narzędziami.
- Dostępu do Big Data – posiadanie obszernych baz i hurtowni danych, na bieżąco zasilanych danymi projektowymi, jest wymagane w celu uzyskania odpowiedniego poziomu niezawodności i dokładności analityki predykcyjnej.

3.3. *Uczenie maszynowe*

Uczenie maszynowe odgrywa ważną rolę w procesie tworzenia modeli predykcyjnych. Definiuje się je jako naukę odpowiedzialną za opracowywanie algorytmów i technik automatycznego rozwiązywania problemów, które są trudne do zaprogramowania przy użyciu konwencjonalnych metod [11]. Charakteryzuje się je także jako zestaw narzędzi wykorzystujących algorytmy do identyfikacji ukrytych wzorców w danych, nadając im wcześniej niezidentyfikowanego znaczenia [12]. Idea uczenia maszynowego zakłada, że naturalne, ludzkie metody uczenia się nie powinny być traktowane jako jedyne, możliwe ścieżki poznawcze, a jego głównym celem jest eksploracja alternatywnych mechanizmów uczenia się [13]. Uczenie maszynowe to podzbiór szerszej dziedziny – sztucznej inteligencji (AI). Podstawą technik uczenia maszynowego jest dostarczenie tworzonemu modelowi odpowiedniego zestawu danych uczących, na podstawie którego określone algorytmy dostosowują parametry modelu tak, aby reagował na przyszłe dane wejściowe w oparciu o wzorce wykryte w zbiorze danych użytym do jego stworzenia. Podejście do procesu uczenia determinuje podział technik uczenia maszynowego na dwie główne kategorie: uczenie z nadzorem i uczenie bez nadzoru. Technika uczenia bez nadzoru charakteryzuje się brakiem wstępnie zdefiniowanych odpowiedzi w zbiorze danych uczących, co jest równoznaczne z przekazaniem odpowiedzialności za ich tworzenie na proces automatycznego uczenia. Głównym celem uczenia bez nadzoru jest wykrywanie naturalnych wzorców w zbiorze danych [14]. Istnieją dwie główne techniki stosowane w uczeniu bez nadzoru: klasteryzacja i redukcja wymiarów. Głównym zadaniem klasteryzacji jest identyfikacja i dzielenie zbiorów danych na klastry, co ma szczególne zastosowanie w technikach rozpoznawania obrazów i analizach rynkowych [12], podczas gdy redukcja wymiarów jest techniką upraszczającą zbiór danych poprzez zmniejszenie liczby zmiennych wejściowych. W przypadku uczenia z nadzorem, zestaw danych uczących zawiera poprawne (faktycznie zaobserwowane) odpowiedzi. Parametry modelu są dostosowywane w celu uzyskania najlepszego dopasowania między prognozowanymi i zaobserwowanymi odpowiedziami w oparciu o ten sam zestaw danych uczących. Nauczony w ten sposób model, dla każdego nowego zestawu danych wejściowych, będzie starał się przypisać mu odpowiedź znaną z puli danych uczących. Główny podział metod uczenia z nadzorem wynika z charakteru odpowiedzi, która może być ciągła (techniki regresji) lub kategoryczna (techniki klasyfikacji). Jednymi z najczęściej stosowanych algorytmów klasyfikacyjnych, które posłużą celowi tego artykułu, są:

- Drzewa decyzyjne- zwane drzewami klasyfikacyjnymi, to nieparametryczne klasyfikatory oparte na drzewiastej strukturze składającej się z węzłów odchodzących od pojedynczego węzła głównego. Wartość zmiennej celu jest przewidywana za pomocą prostych reguł decyzyjnych stosowanych w węzłach testowych (wewnętrznych). Węzły wewnętrzne mają zarówno gałęzie wychodzące, jak i przychodzące, w przeciwieństwie do węzłów końcowych zwanych liśćmi, które są przypisane do jednej klasy - najbardziej prawdopodobnej wartości docelowej dla ścieżki prowadzącej od korzenia do liścia. Wszystkie ścieżki w drzewie tworzą zestaw reguł klasyfikacyjnych. Drzewa decyzyjne, choć proste w zrozumieniu i użyciu, mają wiele wad, z których najważniejszą jest tendencja do nadmiernego dopasowania modelu oraz niska stabilność. W celu złagodzenia negatywnych konsekwencji stosowane są różne wersje klasyfikatora. Jednym z przykładów jest metoda lasów losowych, która tworzy wiele drzew decyzyjnych z wykorzystaniem techniki agregacji bootstrap. Zmienna docelowa jest w tym przypadku określana na podstawie odpowiedzi ze wszystkich drzew decyzyjnych poprzez wybór odpowiedzi dominującej.

- Sztuczne sieci neuronowe (ang. artificial neural networks - ANN) – algorytmy poznawcze oparte na koncepcji naśladowania ludzkiego mózgu. Sztuczna sieć neuronowa jest zbiorem

połączonych ze sobą węzłów obliczeniowych zwanych neuronami, zorganizowanych w warstwy(wejściową, wyjściową i warstwy ukryte). Każdy model charakteryzuje się trzema głównymi cechami: strukturą węzłów, topologią sieci oraz algorytmem uczącym odpowiedzialnym za dopasowanie wag sieci. Każdy neuron jest nieliniową funkcją ograniczoną(1):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n; w_1, w_2, \dots, w_n) \tag{1}$$

gdzie y jest wyjściem neuronu, $\{x_i\}$ są zmiennymi wejściowymi węzła, a $\{w_i\}$ są wagami związanymi z oczekiwanymi zmiennymi. Funkcja f, zwana funkcją aktywacji, jest zwykle parametryzowana na dwa sposoby[15]:

a) parametry są silnie powiązane z danymi wejściowymi, a f jest funkcją sigmoidalną (najczęściej tanh) potencjału v - liniowej kombinacji zmiennych i ich odpowiednich wag zsumowanych z progiem aktywacji zwanym „bias", reprezentowanym przez stałą w_0:

$$y = f\big(v(x_1, x_2, \dots, x_n; w_0, w_1, w_2, \dots, w_n)\big) = \tanh\left(w_0 + \sum_{i=1}^{n-1} w_i x_i\right) \tag{2}$$

b) parametry są bezpośrednio związane z funkcją aktywacji. Typowym przykładem jest użycie radialnej funkcji bazowej jako funkcji aktywacji neutronu (np. Gaussianu):

$$y = f(\|x - c_i\|) \tag{3}$$

gdzie c_i jest centralnym wektorem neuronu. Zwykle sieci oparte na radialnych funkcjach bazowych składają się z maksymalnie 3 warstw (wejściowa, wyjściowa i jedna warstwa ukryta), tak że odpowiedź całej sieci można zdefiniować jako:

$$Y = \sum_{i=1}^{N} w_i f(\|x - c_i\|) \tag{4}$$

gdzie w_i jest wagą przypisaną do wyjścia i-tego neuronu w warstwie ukrytej.

- Regresja logistyczna - gdy zmienna celu przyjmuje postać binarną lub dychotomiczną (np. „AKCEPTUJ"/"ODMÓW"), najczęściej stosowanym typem regresji jest regresja logistyczna. W przypadku tego algorytmu zmienne niezależne mogą być zarówno jakościowe, jak i ilościowe. Model logistyczny opiera się na liniowej zależności między zmiennymi predykcyjnymi $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ a logarytmem szans (zmienna celu Y=1):

$$ln\left(\frac{P(Y=1)}{1-P(Y=1)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_n x_n \tag{5}$$

gdzie $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ są parametrami modelu. Prawdopodobieństwo sukcesu można wyprowadzić z powyższego równania i zdefiniować jako:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_n X_n)}} \tag{6}$$

- Maszyna wektorów nośnych (ang. support vector mechanism –SVM) - klasyfikator binarny oparty na idei wyznaczania p-1 wymiarowej hiperpłaszczyzny, która może rozdzielić zbiór p-wymiarowych punktów danych na dwie klasy. Optymalna hiperpłaszczyzna to taka, która maksymalizuje odległość między dwiema klasami. W celu wydajnego rozwiązywania problemów opartych na obszernych zestawach danych wykorzystywana jest specjalna, skalowalna liniowo wersja algorytmu SVN – tzn. liniowa SVM (LSVM).

- Algorytmy sieci bayesowskich — sieć bayesowska to model składający się ze skierowanego grafu acyklicznego i tablicy prawdopodobieństwa warunkowego dla każdego węzła reprezentującego zmienną. Łączny rozkład prawdopodobieństwa dla zmiennych można obliczyć jako iloczyn prawdopodobieństw warunkowych dla wszystkich węzłów, biorąc pod uwagę wartości pochodzących od rodziców danego węzła.

- Algorytm k najbliższych sąsiadów (ang. k-nearest neighbors, KNN) - nieparametryczna klasyfikacja przypadków na podstawie podobieństwa do innych przypadków w zbiorze danych. Gdy brany jest pod uwagę kolejny nowy przypadek, obliczana jest jego odległość od każdego z pozostałych przypadków w modelu, a obiekt ten przypisuje się do klasy najczęściej występującej wśród jego najbliższych sąsiadów.

4. METODOLOGIA BADAŃ

Głównym celem badawczym referatu jest stworzenie, dobór i weryfikacja skuteczności algorytmów klasyfikacji dla zadania identyfikacji przyszłych odchyleń w realizacji rocznego budżetu projektów inwestycyjnych na etapie śródrocznej aktualizacji planu inwestycji rzeczowych w przedsiębiorstwie branży wydobywczej. Informacja taka może wspierać właścicieli portfeli w podejmowaniu decyzji dotyczących m.in. optymalnego zagospodarowania niewykorzystanych środków w bieżącym roku oraz ustalania zapotrzebowania i limitów na nakłady w kolejnym roku budżetowym. Wcześniejsze badania nad skutecznością algorytmów [16] odnoszące się do planów w perspektywie rocznej (tzw. budżetu bazowego), wykazały skuteczność najlepszych modeli predykcyjnych na poziomie ok. 81%. Badanie przedstawione w tym referacie, ma na celu weryfikację skuteczności modeli opartych o te same algorytmy na etapie półrocznej aktualizacji planów inwestycyjnych, a także stworzenie i ocenę skuteczności nowych modeli, opartych jedynie o predyktory o największej ważności, przy jednoczesnej redukcji pakietów danych wejściowych, z których wyłączono przypadki projektów, dla których zaplanowany budżet do dalszej realizacji w bieżącym roku kalendarzowym jest równy zero.

Badanie przeprowadzono na podstawie projektów inwestycyjnych realizowanych w KGHM Polska Miedź S.A. w 2020 roku. Predykcja opiera się na szeregu parametrów charakteryzujących projekty zgodnie ze standardem zarządzania portfelami projektów funkcjonującym w przedsiębiorstwie. W badaniu wykorzystano następujące parametry główne projektów i parametry dodatkowe, które pełnią rolę predyktorów :

1) *Category*: kategoria projektu określająca jego wpływ na produkcję – zmienna jakościowa;
2) *Label*: etykieta projektu klasyfikująca przeznaczenie jego produktów - zmienna jakościowa;
3) *Business_area*: obszar biznesowy związany z projektem - zmienna jakościowa;
4) *P_portfolio*: portfel projektów – zmienna jakościowa;
5) *Priority*: priorytet projektu w portfelu – zmienna jakościowa;
6) *Est_class*: klasa oszacowania budżetu - zmienna jakościowa;

7) *Capex_2020:* bazowy budżet roczny projektu - zmienna ilościowa;
8) *Capex_2020_1H*: budżet roczny projektu wg. aktualizacji śródrocznej- zmienna ilościowa;
9) Bdate_avg: średnia ważona indeksu miesiąca na podstawie wartości planowanego budżetu w całym roku 2020 – zmienna ilościowa.
10) Bdate_avg_1H: średnia ważona indeksu miesiąca na podstawie rozkładu planowanego budżetu w II połowie roku wg. aktualizacji śródrocznej– zmienna ilościowa.

Rolę zmiennych celu pełnią :

11) Var_level: Końcowo roczne odchylenie wykonania budżetu względem planu bazowego oznaczone jako "LOW" lub "HIGH" – zmienna jakościowa;
12) Var_level_1H: Końcowo roczne odchylenie wykonania budżetu względem planów z aktualizacji śródrocznej oznaczone jako "LOW" lub "HIGH" – zmienna jakościowa;

Metoda badawcza składa się z następujących etapów:

1) Wstępne przetwarzanie danych – obliczenie odchylenia wykonania budżetu w 2020 roku względem planu bazowego oraz aktualizacji półrocznej. Bezwzględne odchylenie procentowe poniżej dopuszczalnego progu oznaczono jako „LOW", pozostałe jako „HIGH". Obliczenie zmiennych Bdate_avg i Bdate_avg_1H jako średniej ważonej indeksu miesiąca względem wydatków zaplanowanych odpowiednio na cały rok lub II półrocze 2020 roku.
2) Import danych do programu IBM SPSS Modeller 18.1 i przypisanie zmiennym ról predyktora lub zmiennej celu.
3) Podział zestawu danych na zestaw danych uczących (70%) i zestaw danych testowych (30%).
4) Określenie typów modeli predykcyjnych podlegających tworzeniu i testowaniu
5) Określenie alternatywnych parametrów modelu (np. rozmiar drzewa, funkcje jądra itp.) w celu stworzenia większej liczby modeli w ramach poszczególnych typów.
6) Proces uczenia wybranych modeli w oparciu o zbiór danych uczących
7) Testowanie modeli zestawem danych testowych wydzielonych z zestawu danych uczących
8) Ocena skuteczności modeli i identyfikacja najważniejszych predyktorów
9) Powtórna budowa modeli w oparciu o algorytmy i parametry określone w pkt. 4 i 5 z pominięciem rekordów reprezentujących projekty z budżetem równym zero.
10) Porównanie i ocena dokładności modeli stworzonych w pkt. 9.

5. WYNIKI BADAŃ

W następstwie wstępnego przetwarzania, zaimportowano zbiór danych składający się z 750 rekordów, a następnie wykorzystano go w procesie uczenia i testowania modeli predykcyjnych realizowanego za pomocą oprogramowania IBM SPSS Modeller 18.1. W celu ułatwienia tego procesu, wykorzystano dostępny w oprogramowaniu węzeł automatycznej klasyfikacji. Obiekt ten pozwolił na ustawienie parametrów i stworzenie wszystkich potrzebnych modeli w ramach jednego węzła i zasilenie ich identycznymi zestawami danych uczących i testowych. W efekcie powstały 273 modele predykcyjne zbudowane na podstawie różnie sparametryzowanych algorytmów, w tym: regresji logistycznej (24 modele); sieci bayesowskich (32 modele); KNN (16 modeli); SVM (16 modeli); LSVM (9 modeli); drzew losowych (24 modeli); lasów losowych (24 modele); sztucznych sieci neuronowych (128 modeli). Modele zostały ocenione na podstawie ich odpowiedzi na zestaw danych testowych, w oparciu o dwa parametry:

- Ogólną dokładność - procent rekordów, dla których wynik został prawidłowo przewidziany (odpowiedź modelu jest zgodna z rzeczywistą obserwacją odchylenia)

- Obszar pod krzywą (ang. area under curve - AUC) - obszaru pod krzywą ROC, która obrazuje współczynnik prawdziwie dodatnich wyników względem fałszywie dodatnich.

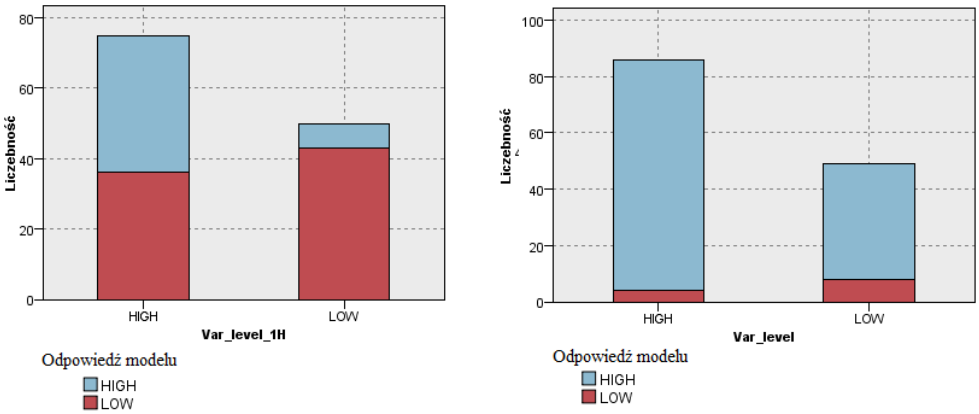
W efekcie analizy wyników otrzymano następujące rezultaty:

- Pod względem ogólnej dokładności, spośród 10 najbardziej efektywnych modeli 9 opierało się na algorytmie LSVM z dokładnością w zakresie od 85,4 % do 85,9% a jeden na algorytmie regresji logistycznej (dokładność 84,5 %).
- Biorąc pod uwagę obszar pod krzywą ROC, spośród 10 najbardziej efektywnych modeli 3 opierały się na algorytmie LSVM, z powierzchnią 0,906,a 7 wykorzystywało regresję logistyczną (powierzchnia od 0,905 do 0.906).

Otrzymane wyniki wykazują spodziewaną poprawę rezultatu względem innych badań przeprowadzonych dla perspektywy całorocznej [16]. Porównując najlepsze modele, ogólna skuteczność wzrosła o ok. 4 p. p., a obszar pod krzywą zwiększył się o ok. 2,5 p. p. W przypadku modeli opartych na algorytmie LSVM, automatyczna analiza wrażliwości wskazała na średnią ważoną indeksu miesiąca jako najważniejszy predyktor obok: etykiety, priorytetu projektu w portfelu oraz samego portfela. Najefektywniejsze modele bazujące na regresji logistycznej wytypowały obszar biznesowy jako istotą zmienną wejściową. Wykorzystując 5 głównych predyktorów zidentyfikowanych na tym etapie, przeprowadzono ponowny proces budowy modeli oparty o zredukowany zbiór danych, z którego wyłączono projekty, dla których plan inwestycji na rok 2020 lub jego drugą połowę (dla danych z aktualizacji półrocznej) wynosił zero, co w dotychczasowych badaniach wspierało efektywność predykcji ze względu na małe prawdopodobieństwo innego niż zerowe wykonania takiego budżetu. Ostatecznie, dla predykcji całorocznej wykorzystano 419 rekordów a dla predykcji półrocznej 388. W efekcie ponownej budowy modeli:

- Dla aktualizacji śródrocznej, spośród 10 najbardziej efektywnych modeli pod względem ogólnej dokładności 2 opierały się o drzewa losowe (dokładność w zakresie 68-68,8 %), a 8 na algorytmie KNN (dokładność 68 %).
- Dla aktualizacji śródrocznej, spośród 10 najbardziej efektywnych modeli pod względem powierzchni pod krzywą ROC, 8 bazowało na algorytmie KNN (zakres powierzchni 0,743-0,761) 2 opierały się o drzewa losowe (powierzchnia w zakresie 0,736-0,749)
- Dla planu bazowego, wszystkie 10 najbardziej efektywnych modeli pod względem ogólnej dokładności opierało się o algorytm KNN, z dokładnością ok. 66,6 %,.
- Dla aktualizacji śródrocznej, również 10 najbardziej efektywnych modeli najbardziej efektywnych modeli pod względem powierzchni pod krzywą ROC bazowało na algorytmie KNN (zakres powierzchni 0,606-0,626)

Predykcja dla scenariusza aktualizacji śródrocznej, wykonana przez najlepszy model bazujący na algorytmie KNN wykazuje dużą dokładność w przewidywaniu niskich odchyleń, natomiast na obniżenie efektywności modelu wpływa duża ilość predykcji fałszywie niskich. Algorytmy dla predykcji całorocznej prezentują odwrotną tendencję przewidując w większości przypadków przekroczenie dopuszczalnego odchylenia, co wpływa na niską jakość tej predykcji.



Rys. 1. Odpowiedź najlepszych modeli na zbiór danych testowych dla planu półrocznego (po lewej) i budżetu bazowego (po prawej).
Fig. 1. Best models response based on test data set in half year perspective (left) and one year perspective (right).

6. PODSUMOWANIE

W ostatnich latach analiza predykcyjna stała się istotnym narzędziem wsparcia procesów decyzyjnych, dając menedżerom reprezentującym różne obszary biznesowe głębszy wgląd w dotąd ukryte informacje niesione przez gromadzone dane. Każde przedsiębiorstwo dysponujące zaawansowaną wiedzę biznesową, jasno zdefiniowanym problem biznesowy i dostępem do Big Data posiada wymagane podstawy do wdrożenia analityki predykcyjnej w swojej organizacji. Szczególnie rozwój Big Data sprawił, że zastosowanie algorytmów predykcyjnych sięga kolejnych obszarów, w tym także zarządzania portfelami projektów inwestycyjnych. Obiektem badań przedstawionych w referacie było przedsiębiorstwo branży wydobywczej, które realizuje kilkaset projektów inwestycyjnych zgodnie ze standardem metodyki zarządzania projektami oraz dodatkowymi regulacjami wewnętrznymi. Na podstawie danych projektowych autor był w stanie stworzyć modele predykcyjne mające na celu wsparcie decyzji podejmowanych w trakcie śródrocznej aktualizacji budżetu, która poprzedza rozpoczęcie planowania budżetu portfeli na kolejne lata. Modele te osiągnęły zadowalające wyniki, lecz obecność w zbiorze danych projektów wolnych od nakładów w badanym roku zawyżyła ich dokładność. W efekcie, stworzono nowe modele na bazie wyselekcjonowanych predyktorów i zredukowanego zbioru danych. Otrzymane modele wykazały mniejszą skuteczność w predykcji odchyleń, szczególnie dla wykrywania projektów o znacznych odchyleniach budżetu. Autor sugeruje, że dalsze badania powinny być ukierunkowane na analizę dodatkowych aspektów realizacji projektów, które mogą zwiększyć skuteczność predykcji. Należy dążyć do uwzględnienia nie tylko statycznych, ale również dynamicznych parametrów projektów, w tym m.in. wystąpień zmiany zakresu i harmonogramu, trwających postępowań przetargowych, sporządzanych raportów okresowych, itp. Skuteczne modele predykcyjne pozwolą na wsparcie decyzji podejmowanych przez właścicieli portfeli, co zwiększy szanse na realizację jednego z głównych celów zarządzania portfelem, czyli optymalnego wykonania budżetu, a w efekcie maksymalizacji korzyści dla przedsiębiorstwa i wsparcia realizacji jego strategii.

LITERATURA

[1] Crispim, S.F. 2014: Alinhamento dos projetos de TI aos modelos de negócio das organizações, 621–634.
[2] Project Management Institute. 2018: Success in Disruptive Times: Expanding the Value Delivery Landscape to Address the High Cost of Low Performance. Pulse of the Profession, 35.
[3] Project Management Institute. 2017: The Standard for Portfolio Management – Fourth Edition.
[4] Cooper, R , Edgett,, S., Kleinschmidt, E. (1992). New Product Portfolio Management: Practices and Performance. Journal of Product Innovation Management, (16), pp. 333-351
[5] Oltmann, J. 2008: Project portfolio management: how to do the right projects at the right time. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
[6] Humphreys D. 2019: Mining Productivity and the Fourth Industrial Revolution. Mineral Economics.
[7] Dinov I. D. 2018: Data Science and Predictive Analytics: Biomedical and Health Applications using R Data Science and Predictive Analytics: Biomedical and Health Applications Using R.
[8] Williams G. 2011: Data Mining with Rattle and R, 175
[9] Fauser, J., Schmidthuysen, M., Scheffold, B. 2015: The Prediction of Success in Project Management. Predictive Project Analytics. Projektmanagement aktuell, 26, pp. 66-74.
[10] McCarthy, R. V., McCarthy, M. M., Ceccucci, W., Halawi L. 2019: Applying Predictive Analytics: Finding Value in Data
[11] Rebala, G., Ravi, A. and Churiwala, S. 2019: An Introduction to Machine Learning, Deep Learning and Neural Networks. Springer International Publishing.
[12] Sharma, M. and Joshi, S. 2020: Analytics in healthcare: a practical introduction. Asia Pacific Business Review
[13] Klix, F. 1985: Machine Learning. An Artificial Intelligence Approach. ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 65(11): 568–568
[14] Etaati, L. 2019: Machine Learning with Microsoft Technologies. Machine Learning with Microsoft Technologies
[15] Dreyfus, G. 2005: Neural Networks. Methoology and Applications, Springer, Berlin, Heidelberg.
[16] Wach M.,Chomiak-Orsa I. 2021: The application of predictive analysis in decision-making processes on the example of mining company's investment projects. 25th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, Szczecin.

Title: The application of predictive analysis in the process of managing investment project portfolios on the example of a mining company.

ABSTRACT: The aim of this paper is to indicate the possibility of using predictive analytics in decision-making processes at selected stages of the investment project portfolio management process in a mining company. The paper describes the essence of predictive analytics, current applications and requirements for the implementation of predictive analytics in large organizations. The presented topic is complemented by the research utilizing predictive modeling to identify and verify the most effective algorithms and key attributes of investment projects, enabling the prediction of significant threats to the scheduled execution of project portfolios.

KEYWORDS: Predictive analytics, investment project portfolio management, project management

Drążenie wyrobisk przygotowawczych w trudnych warunkach górniczo-geologicznych monokliny Zofiówki

Drilling of the preparatory mine excavations in difficult mining and geological conditions of the Zofiówka's monocline

Andrzej Walentek
Główny Instytut Górnictwa

Marian Zmarzły
Jastrzębska Spółka Węglowa KWK Borynia-Zofiówka

Krystian Salamon
Jastrzębska Spółka Węglowa KWK Borynia-Zofiówka, Ruch Zofiówka

STRESZCZENIE:

W niniejszym artykule autorzy postanowili przedstawić doświadczenia ruchowe prowadzenia robót przygotowawczych wynikające z trudnych warunków górniczo-geologicznych południowo-zachodniej części niecki głównej rejonu Jastrzębia-Zdroju. Zakres pracy obejmuje: charakterystykę warunków górniczo-geologicznych obszaru górniczego Ruchu Zofiówka (KWK Borynia-Zofiówka) z szczególnym uwzględnieniem występujących uskoków, wskazanie przykładów opadów stropu zaistniałych podczas drążenia wyrobisk w ich otoczeniu, ocenę zasięgu oddziaływania uskoku dla określonych warunków geologiczno-górniczych oraz opis najczęściej stosowanych zabiegów technologicznych pozwalających na kontynuację robót w strefach występowania opadów/obwałów stropu.

ABSTRACT: In the article, the authors decided to present experiences in conducting preparatory works resulting from difficult mining and geological conditions in the south-western part of the main basin in the Jastrzębie-Zdrój region. The scope of the work comprises: characteristics of mining-geological conditions in the mining area of the Zofiówka mining site (the Borynia-Zofiówka hard coal mine) with particular consideration given to the occurrence of faults, indication of examples of roof fall occurring during excavation of workings in their vicinity, assessment of the range of fault impact for specific geological-mining conditions and description of the most frequently applied technological procedures enabling continuation of works in areas where roof falls occurs.

SŁOWA KLUCZOWE: roboty przygotowawcze, uskoki, modelowanie numeryczne
Keywords: preparatory works, faults, numerical modelling.

1. WSTĘP.

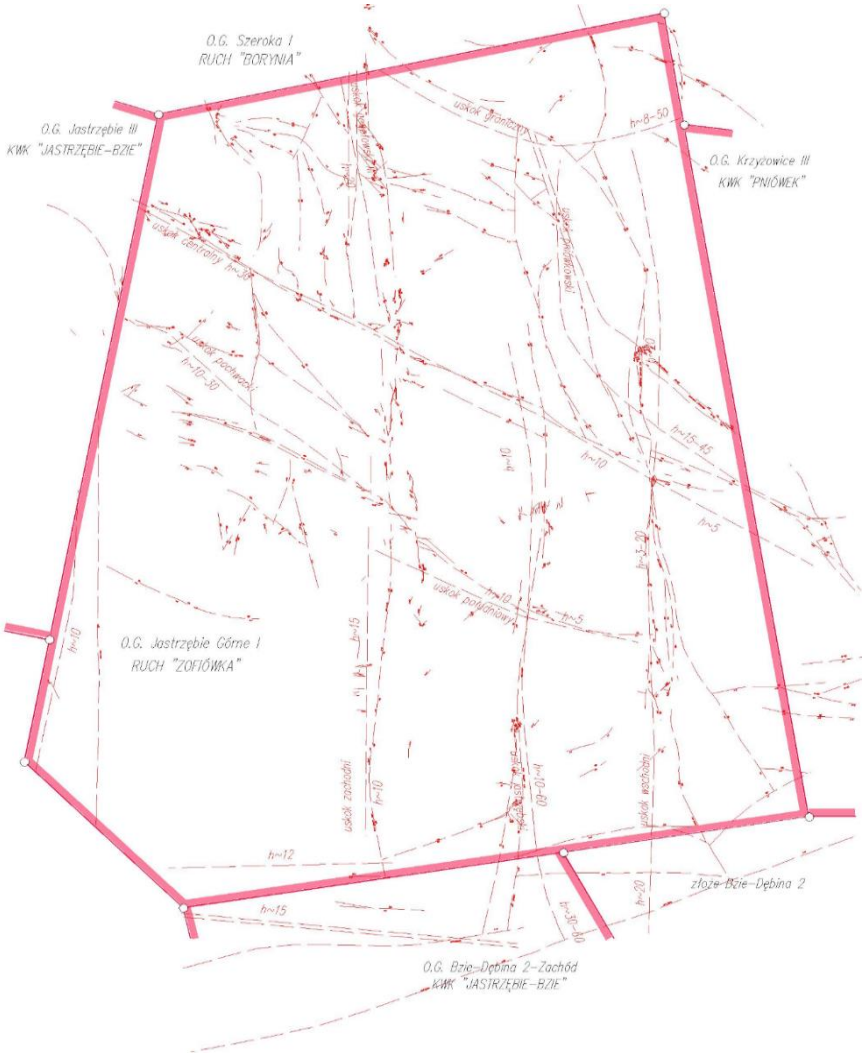
Możliwości produkcyjne zakładu górniczego przede wszystkim zależą od warunków górniczo-geologicznych, które wpływają na postęp przodków oraz wyrobisk eksploatacyjnych (ścian). Eksploatację prowadzi się w złożu o określonym stopniu rozpoznania (zaliczonym do odpowiedniej kategorii), opartej na podstawie danych z otworów wiertniczych lub badań geofizycznych metodą interpolacji lub odpowiednio uzasadnionej ekstrapolacji. Pomimo tego, że na etapie projektowania rozcinki złoża, poznane są główne jego cechy: forma, budowa i tektonika, to bardzo często zdarza się, że w trakcie drążenia wyrobisk napotyka się uskoki o różnym zrzucie, przebiegu i zasięgu. W takiej sytuacji powstają trudności w utrzymaniu stateczności wyrobiska, występować może wzmożona deformacja obudowy, czy opady lub obwały skał stropowych, które z kolei mogą wiązać się z innymi zagrożeniami np. intensywnym wydzielaniem metanu. Skutkiem uaktywnienia się tych zagrożeń jest wzrost koszów drążenia wyrobiska, wynikający z konieczności zastosowania dodatkowych zabiegów wzmacniających górotwór, obudowę lub wręcz wymuszający zmianę koncepcji rozcinki parceli ściany. Na istotę tego zagadnienia wskazują liczne opracowania [2,3,4,5,6,7,8].

2. WARUNKI GÓRNICZO-GEOLOGICZNE KWK BORYNIA-ZOFIÓWKA, RUCH ZOFIÓWKA.

Przy opracowaniu niniejszego artykułu wykorzystane zostały materiały oraz doświadczenie pochodzące z wykonanych robót górniczych, udostępniających, przygotowawczych i eksploatacyjnych w obrębie złoża „Zofiówka". Złoże znajduje się w południowo-zachodnim skrzydle niecki głównej GZW, na wschód od nasunięcia orłowskiego i antykliny Jastrzębia i na północ od strefy uskokowej Ruptawa-Czechowice-Marcyporęba, występującej także pod nazwą uskoku Bzie-Czechowice o zrzucie zmiennym od ok. 250 m na wschodzie do ok. 800 m przy granicy ze złożem Moszczenica oraz stwierdzonym zrzutem 800 m w złożu „Bzie-Dębina 2-Zachód". Eksploatacja prowadzona była dotąd w piętrze pomiędzy poziomami 480 i 1080 m. Złoże jest pocięte dużą liczbą uskoków o zrzutach do 60 m (uskoki duże). Ponadto na omawianym obszarze występuje szereg uskoków o ograniczonym zasięgu występowania i zrzutach nie przekraczających 5 m. Dominującym kierunkiem przebiegu uskoków jest kierunek równoleżnikowy z dodatkowym udziałem uskoków o przebiegu południkowym. Wskaźnik zuskokowania złoża „Zofiówka" w poszczególnych partiach złoża jest wysoki, waha się w granicach od 80 - 220 m/ha. [4]. Bogatą tektonikę złoża przedstawiono na załączonej mapie przeglądowej rys. 1.

Dla uzyskania pożądanego poziomu wydobycia koniecznym jest wydrążenie i utrzymanie sieci wyrobisk [6,7,9]. Rocznie w Ruchu Zofiówka wykonuje się około 10 km nowych wyrobisk i utrzymuje kilka razy tyle, już istniejących. Prowadzenie robót górniczych w wyżej wymienionych warunkach skutkuje napotykaniem trudności technologicznych związanych z utrzymaniem ciągłości warstw stropowych. Wskutek wykonania włomu wyrobiska zostaje odsłonięta powierzchnia górotworu na którą działają siły ciężkości skał nadległych aż do momentu wykonania obudowy równoważącej ich oddziaływanie. Im skały stropowe są słabsze, tym większe jest ryzyko wystąpienia opadu. Obserwacje dołowe wskazują, że opady stropu występują praktycznie w każdym wyrobisku korytarzowym a główną ich przyczyną jest anizotropia masywu skalnego i naturalnie występujące w nim rejony osłabienia własności wytrzymałościowych. Opad może wynosić od kilkunastu centymetrów nawet do kilku metrów (wtedy najczęściej klasyfikuje się go jako obwał). Nadmienić należy, że w różnych polskich publikacjach znaleźć można (często stosowane zamiennie) różne definicje pojęć: opadu, oraz obwału skał stropowych w wyrobiskach a w

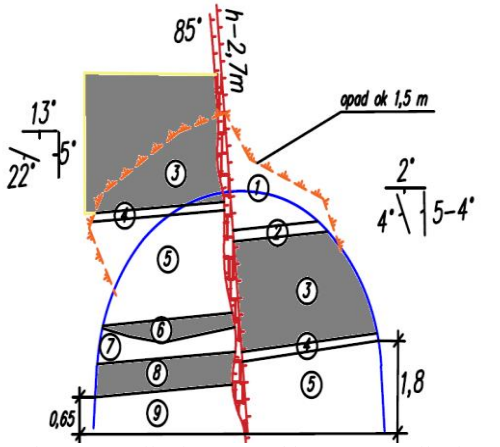
praktyce często używa się ich zamiennie [3]. Zasadniczo każdy obwał jest opadem, różnią się one skalą naruszenia górotworu. Obwał charakteryzuje się zwiększonym otwarciem stropu, może dojść do zasypania odspojonym urobkiem części przyprzodkowej wyrobiska (nawet do 8 m od czoła przodka), oraz koniecznością wykonania sztucznego stropu. Szczególnie intensywne opady stropu mogą wiązać się z napotkanymi uskokami przez drążony przodek.



Rys. 1. Mapa przeglądowa zidentyfikowanych uskoków występujących w obszarze górniczym Zofiówka
Fig. 1. Overview map of faults identified in the Zofiówka mining area

3. CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH USKOKÓW NAPOTKANYCH PODCZAS DRĄŻENIA WYROBISK PRZYGOTOWAWCZYCH.

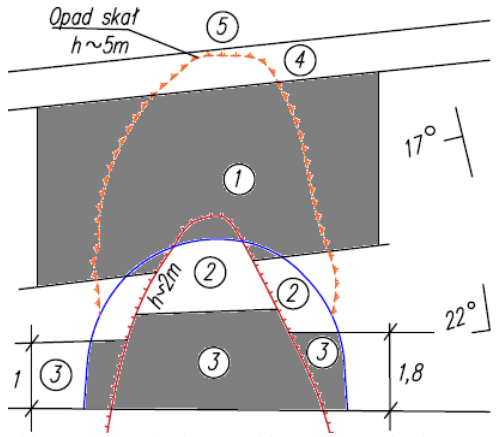
W niniejszym artykule przedstawiono wybrane przekroje z czterech wyrobisk korytarzowych, przechodzących przez parcelę (część) pokładu w której napotkano uskoki, które wiązały się z opadami skał wokół wyrobiska. Rysunek nr 2 przedstawia szkice sytuacyjne sporządzone na podstawie oględzin wyrobisk, dla stref uskokowych w miejscu stwierdzonych opadów.



1-mułowiec, 2-iłowiec, 3-pokł. 410, 4-iłowiec, 5-mułowiec 6-pokład n.o., 7-mułowiec, 8-pokł. n.o. 9-mułowiec

a) Chodnik podścianowy G-1 pokł. 410

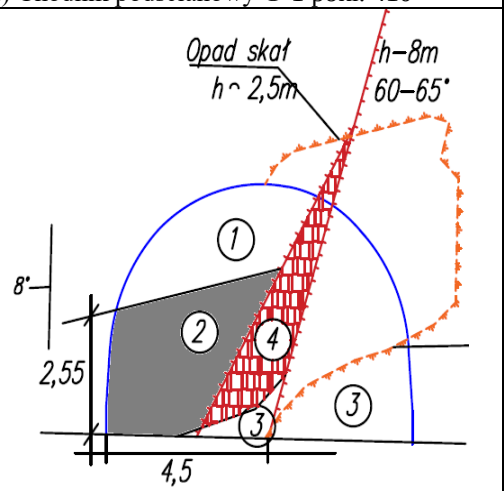
a) Chodnik podścianowy G-1 pokł. 410



1-pokł. 505/1, 2-mułowiec, 3-pokł. 505/2, 4-mułowiec, 5-piaskowiec

b) Chodnik podścianowy C-1 pokł. 505/1

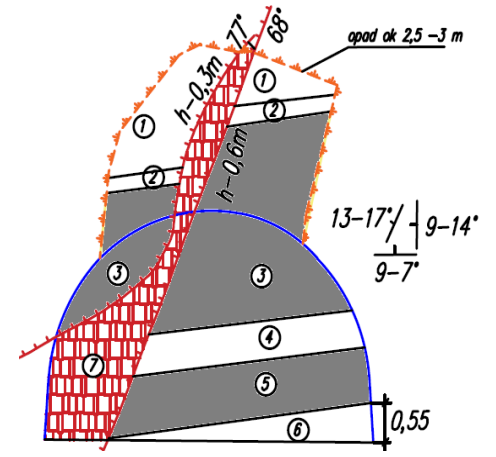
b) Chodnik podścianowy C-1 pokł. 505/1



1-mułowiec, 2-pokł. 416/3, 3-mułowiec, 4-wtórnie sprasowany węgiel

c) Chodnik podścianowy G-6 pokł. 416/3

c) Chodnik podścianowy G-6 pokł. 416/3



1-iłowiec, 2-iłowiec, 3- pokł. 412łg, 4-iłowiec, 5- pokł. 412łg, 6-iłowiec, 7-węgiel o podzielności kostkowej

d) Chodnik transportowy G-2 pokł. 412łg+łd i 412łg

d) Chodnik transportowy G-2 pokł. 412łg+łd i 412łg

Legenda:

przebieg płaszczyzny uskoku — kontur obudowy wyrobiska — krawędz opadu

Rys. 2. Szkice poglądowe przedstawiające przekroje poprzeczne przez wyrobiska w miejscu

napotkanego uskoku dla wybranych wyrobisk
Fig. 2. Illustrations showing the cross-sections through the mine workings in the place of the fault for selected mine excavations

Analiza przekrojów wskazuje na bardzo skomplikowaną strukturę tektoniczną w badanych rejonach wyrobisk. Uskok przedstawiony na rysunku 2a wydaje się być najprostszym z analizowanych przypadków. Przedstawia uskok pionowy (płaszczyzna zrzutu ma kąt ~85˚), o zrzucie 2,7m. Rys. 2b przedstawia dużo bardziej skomplikowaną sytuację geologiczną, po udostepnieniu strefy uskoku normalnego o sumarycznym zrzucie h~4,5m, 75-80º. W przodku widoczna druga płaszczyzna podrzucająca (wyrzucająca na postępie) h~2,0m. Pomimo stosunkowo niedużego przemieszczenia (niepowodującego przerwania ciągłości pokładu) wystąpił opad skał stropowych o wysokości ~5m. Bardzo częstym zjawiskiem jest występowanie mniejszych uskoków tzw. uskoków pochodnych. Są one najczęściej wypełnione wtórnie sprasowanym materiałem skalnym – „brekcją uskokową" (tektoniczną) (rys. 2c, 2d). Innym często zauważanym zjawiskiem jest występowanie strefy „zlustrowania" na kontakcie płaszczyzna uskoku – górotwór. Wtedy powierzchnia kontaktu jest: śliska, wyślizgana, o widocznym tzw. „zlustrowaniu" – przeciągnięciu materiału i stworzeniu gładkiej, wypolerowanej powierzchni.

Analiza frakcji urobku po zaistniałysowach opadach, wskazuje na występowanie rozkruszonych skał płonnych i węgla. Sytuacja ta dotyczy w szczególności uskoków którym towarzyszy gęsta siatka szczelin i spękań znajdujących się w zasięgu płaszczyzny uskokowej.

4. OCENA WPŁYWU USKOKU NA ZASIĘG OPADU SKAŁ STROPOWYCH.

Dla oceny wpływu uskoku na zmianę warunków geologicznych w rejonie drążonego wyrobiska wybrano uskok przedstawiony na rysunku 2a. W tym celu przyjęto że na długości drążonego chodnika występują jednakowe warunki geologiczno-górnicze, w odniesieniu do parametrów wytrzymałościowych skał - tablica 1.

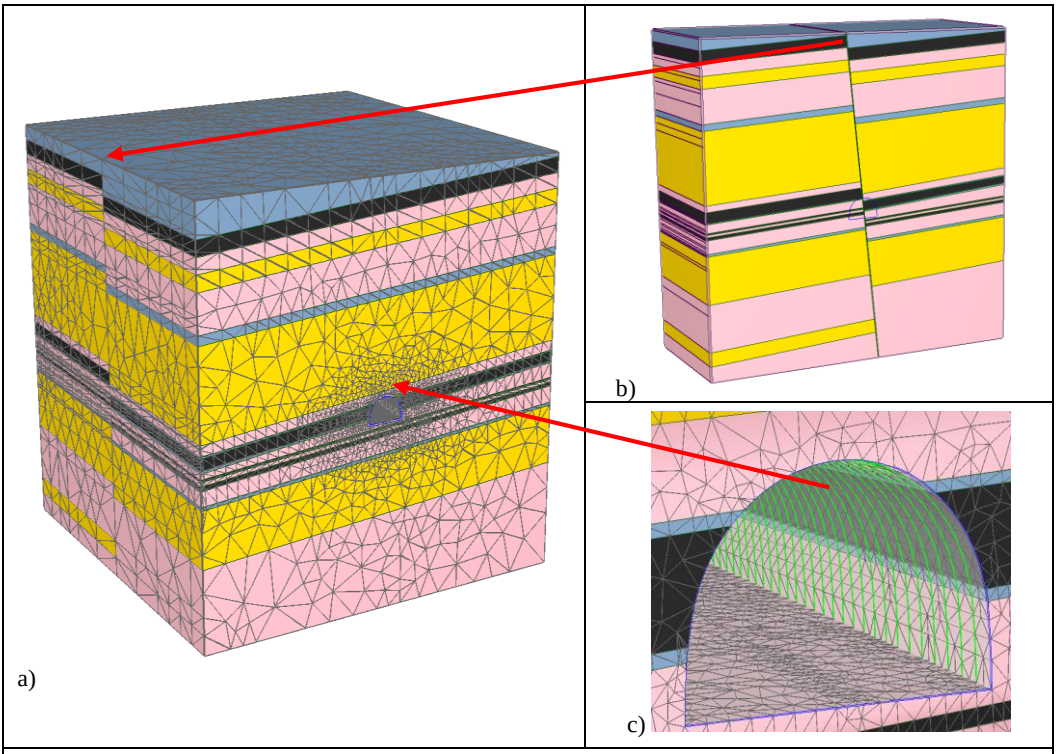
Tablica 1. Parametry geomechaniczne węgla i skał w otoczeniu chodnika podścianowego G-1 pokł. 410 [1]

Wyszczególnienie	Ciężar objętościowy (γ) [kN/m^3]	Wytrzymałość (R_c) [MPa]	Wskaźnik zwięzłości (f) [-]	RQD [%]
Mułowiec	26,09	68,0	5,23	90,5
Iłowiec	25,51	34,8-36,76	2,48	0,0-31
Węgiel, pokład 410	**12,46**	**6,6**	**<0,4**	-
Mułowiec	~26	51,8-84,4	3,7-3,91	77,8
Węgiel, pokład 411/1	**~12,0**	**~10,0**	**<0,4**	-
Iłowiec // mułowiec	~25	51,8-84,4	3,7-3,91	75,8

W stropie pokładu 410 występuje kolejno: iłowiec (0,0-1,4m), piaskowiec drobnoziarnisty (15m) zalegający przemiennie z mułowcem. W spągu z kolei mułowiec (0,7-16m), węgiel pokł. 411/1 (0,3-04m) oraz mułowiec (>10m) przechodzący w iłowiec.

Analiza przeprowadzono na podstawie wyników obliczeń numerycznych wykonanych w programie RS3v1. Do obliczeń stworzono model strukturalny zdefiniowany jako bryła o wymiarach: szerokość 70 m, wysokość 70 m i długość 70 m z wyrobiskiem usytuowanym w środku jej wysokości (rys. 3). Obudowę wyrobiska zaprojektowano zgodnie z kartą

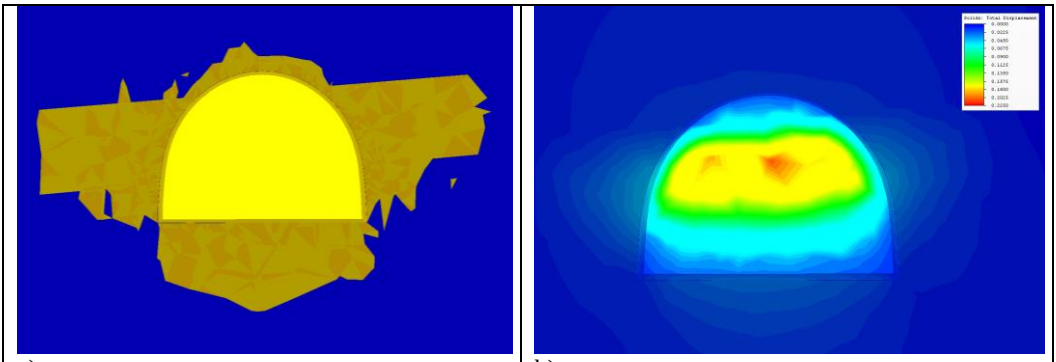
obudowy to jest: obudowa ŁPCBor 12/V32 z rozstawem co 0,6m i podciągiem V29 (od parceli ściany) kotwionym za pomocą kotwi strunowych L=4,5m.



Rys. 3. Model numeryczny górotworu wokół chodnika podścianowego G-1 pokł. 410 (a), przekrój przez uskok (b), obudowa ŁP
Fig. 3. Numerical model of rock mass around the gateroad G-1 seam 410 (a), cross-section through a fault (b), support ŁP (c)

W pierwszej kolejności przeprowadzono obliczenia dla zadanego schematu obudowy zakładając głębokość 900 m. Kalibrację modelu oparto o porównanie wyników zasięgu strefy spękań i przemieszczeń uzyskanych w wyniku modelowania, z pomiarami uzyskanymi z rozwarstwieniomierza zabudowanego w chodniku podścianowym G-1. Baza pomiarowa dla oceny występujących w stropie przemieszczeń została założona na km 132,5m i składa się z dwóch rozwarstwieniomierzy: 4 i 8m. Bazę założono w dniu 28.11.2019r. Kontrolę rozwarstwienia stropu prowadzi się z częstotliwością co 2 tygodnie. Do czasu pierwszej kontroli w dniu 13.12.2019r. oba rozwarstwieniomierze wskazały wartości rzędu 10 mm i od tego czasu nie zanotowano wzrostu tych wartości. Należy przyjąć że rozwarstwienie to związane jest

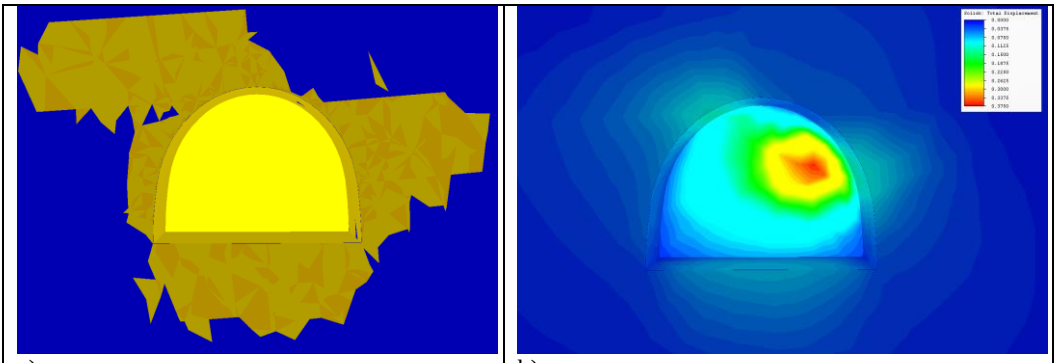
z czasem jaki potrzebny był do uzyskania przez obudowę podporową pełnej podporności. Wyniki modelowania zaprezentowano na rys. 4.



a) b)

Rys. 4. Wyniki prognozy zasięgu strefy spękań (a) i przemieszczeń (b) wokół chodnika podścianowego G-1 pokł. 410 przed strefą uskokową
Fig. 4. Forecast results of fracture zone range (a) and displacement (b) around the gateroad G-1 seam 410 in front of the fault zone

Otrzymane wyniki modelowania numerycznego po porównaniu z danymi empirycznymi, potwierdzają prawidłowość przyjętych założeń. Następnie przeprowadzono obliczenia uwzględniające wpływ badanego uskoku na zasięg strefy zniszczenia górotworu w jego otoczeniu przyjmując zmianę przekroju poprzecznego skał uzyskane z km 280,5 według rys. 2a. Analiza taka jest zasadna z uwagi na określenie przydatności aktualnie stosowanych konstrukcji obudowy do zwiększających się naprężeń i obciążeń wynikających z oddziaływania strefy uskokowej. Rys. 5 przedstawia wyniki prognozy zasięgu strefy spękań wokół chodnika G-1 pokł. 410 w bezpośrednim zasięgu oddziaływania strefy uskokowej.



a) b)

Rys. 5. Wyniki prognozy zasięgu strefy spękań (a) i przemieszczeń (b) wokół chodnika podścianowego G-1 pokł. 410 w strefie uskokowej
Fig. 5. Forecast results of fracture zone range (a) and displacement (b) around the gateroad G-1

seam 410 in the fault zone

Jak wynika z rysunku 5 prognoza zasięgu strefy spękań (zniszczenia górotworu) wynikająca z przyjętych założeń jest zbliżona do strefy opadu skał jaka w rzeczywistości wystąpiła. Warto zauważyć że w wyniku modelowania otrzymano większy zasięg strefy zniszczenia dla warstwy węgla znajdującej się nad lewą półstropnicą wyrobiska, a z kolei zniszczenie warstwy iłowca znajdującej się ponad prawą półstropnicą było mniejsze od wartości uzyskanych w praktyce.

Na różnice pomiędzy modelowaniem a stwierdzonym opadem mogą mieć wpływ:

- obniżenie parametrów wytrzymałościowych górotworu wynikające z zniszczenia jego struktury w bezpośrednim otoczeniu uskoku,
- bezpośrednie oddziaływanie płaszczyzny zrzutu: możliwość poślizgu (przemieszczenia się) skał wzdłuż płaszczyzny uskoku pod wpływem naprężeń występujących
  w górotworze.

Warto zaznaczyć, że na wzrost osłabienia skał wokoł wyrobiska ma działanie sił udarowych wynikających z konieczności stosowania materiałow wybuchowych w strefach uskokowych
w których doszło do przerwania ciągłości pokładu.

Określenie tych zmian wymaga jednak kontynuacji badań prowadzonych w różnych warunkach górniczo-geologicznych.

5. PREWENCJA ORAZ LIKWIDACJA OPADÓW SKAŁ STROPOWYCH.

Prawidłowy sposób doboru obudowy do warunków górniczo-geologicznych jest fundamentalną czynnością dla zapewnienia prawidłowego funkcjonowania zakładu górniczego. Dlatego, też literatura przedmiotu jest bardzo obszerna i można spotkać wiele podejść do realizacji stawianych wymagań [2,6,7,9]. Nie mniej, w pracy [2] stwierdzono: „Ponadto z reguły w kopalniach nie istnieją jednoznaczne procedury wskazujące, w jakiej sytuacji stosować wzmocnienie obudowy i jaki wariant wybrać. Korzystne jest więc podanie metody pozwalającej w sposób optymalny modyfikować schemat stosowanej obudowy dla zmieniających się warunków górniczo-geologicznych. W przypadku wyrobisk nowo wykonywanych, proponuje się dla każdego wyrobiska przyjęcie podstawowego schematu obudowy na etapie projektowania wraz z możliwymi wariantami modyfikacji na etapie jego drążenia.”. Trudne warunki górniczo-geologiczne KWK Borynia-Zofiówka, Ruch Zofiówka zmusiły inżynierów górniczych do wypracowania procedur rozwiązujących kwestie poruszone w wyżej przytoczonym fragmencie publikacji. Przede wszystkim, już na etapie projektu technicznego uwzględnia się co najmniej dwa warianty obudowy dla danego wyrobiska. Określa się także możliwości zmiany rozstawu obudowy i wymienia podstawowe zabiegi, które stosuje się dla wzmocnienia zarówno obudowy (np. podciągi) jak i górotworu (np. kotwienie, klejenie). Standardem stało się opracowywanie technologii „prowadzenia robót w pogorszonych warunkach górniczo-geologicznych” dla każdego nowo drążonego wyrobiska już na etapie opracowywania projektu technicznego.
W przypadku gdy sytuacja górniczo-geologiczna jest bardziej skomplikowana korzysta się z ekspertyz zewnętrznych, przede wszystkim Głównego Instytutu Górnictwa. Nie mniej, specyfika robót górniczych prowadzonych w niecce Jastrzębia Zdroju, zmusza do dostosowania się do indywidualnych warunków wymagających podejmowania odrębnej oceny i zastosowania doraźnych kombinacji poszczególnych metod wzmacniania górotworu i

obudowy. W przypadku niewielkich opadów, dąży się do jak najszybszego podbudowania przestrzeni pomiędzy górotworem a obudową co zapobiega dalszemu przemieszczenia górotworu. Wczesne włączenie obudowy do pracy pozwala wyraźnie ograniczyć zasięg odprężenia wyrobiska, oraz wprowadzić dodatkowe zabiegi konsolidujące górotwór i wyjść z strefy zaburzonej.

W zależności od powierzchni otwarcia stropu i parametrów wytrzymałościowych skał, bardzo dobre efekty daje selektywne kotwienie między odrzwiowe lub kotwienie wyprzedzające czoło przodka. Największymi zaletami tych zabiegów technicznych, jest możliwość dopasowania się do indywidualnych potrzeb i warunków geologicznych. Wysoce skuteczne okazuje się, wzmacnianie górotworu za pomocą kotwienia między odrzwiowego wysokiego, rozpoczętego przed strefą zaburzoną. Efektywne okazało się, na przykład podczas drążenia chodnika F-1 w pokł. 408/2 - 407/2-3. Z kolei selektywne wzmacnianie stropu bezpośredniego za pomocą kotwi APG, sprawdziło się w rejonie stref uskokowych np. w chodniku podścianowym G-1 pok. 410 i chodniku nadścianowym C-1 pok. 505/1. Pozwoliło ono zapobiec dalszej propagacji opadu stropu i ograniczyć inne zabiegi wzmacniające górotwór w trudnych strefach przy uskokowych. Gdy nie ma możliwości bezpiecznego podbudowania wolnej przestrzeni należy wykonać sztuczny strop i dopiero z pod takiego zabezpieczenia kontynuować dalsze prace.

Spod wykonanego zabezpieczenia stosuje się np. żerdziowanie po obwodzie obudowy żerdziami metalowymi oraz klejenie stropu, ociosów i czoła przodka za pomocą ładunków klejowych i kotew drewnianych. Dąży się do tego aby wzmocnienie obejmowało jak największą powierzchnię nad konturem zabezpieczanego opadu. Rozwiązania te omówiono szerzej w pracy [7]. Dla poprawy warunków stropowych stosować można również żerdziowanie GSI. W takim wypadku osadza się w odwierconych otworach żerdzie GSI (żerdzie stalowe o długości od 6 do 9 m) rozmieszczone co 1-2 m na obwodzie łuków stropnicowych - pod zadanym kątem (do 20̊), następnie podłącza się aparaturę do klejenia i zatłacza środki iniekcyjne. Ukierunkowanie otworów na zewnątrz obrysu wyrobiska pod kątem powinno skutkować stworzeniem strefy skonsolidowanego górotworu nad wyłomem kilku kolejnych odrzwi obudowy. Dzięki temu rozwiązaniu ogranicza się rozwarstwienie górotworu i rozprzestrzenianie się strefy spękań wokół wyrobiska [7]. Zabiegi tego typu pozwoliły np. na kontynuację drążenia pochylni C-1 w pokładzie 505/2.

W razie dalszego pogorszenia warunków górniczo-geologicznych dopuszcza się wykonanie w czole przodka ekranu wykonanego z połowic oraz okorków drewnianych w celu zatłoczenia wolnych przestrzeni nad obudowa przy pomocy spoiw mineralno-cementowych. Dalsze prace kontynuuje się po skonsolidowaniu górotworu. Przykłady wyrobisk, w których zastosowanie powyższych metod pozwoliło na dalsze bezpieczne kontynuowanie prac przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Zabezpieczenie stropu z wykorzystaniem sztucznego stropu i doszczelnianiem pustek spoiwem mineralno-cementowym oraz wykonaniem torkretu
Fig 6. Securing the roof with use of an artificial roof and sealing the voids with mineral-cement binder and shotcrete.

5. PODSUMOWANIE.

Etap drążenia wyrobiska w strefie uskokowej należy do jednych z najniebezpieczniejszych momentów w czasie ich wykonywania. Pomimo bardzo obszernych doświadczeń w tym zakresie trudno jest ocenić faktyczny zasięg i stopień oddziaływania uskoku na górotwór w bezpośrednim jego otoczeniu. Zaprezentowane w artykule wyniki modelowania numerycznego (dla jednego z najprostszych przypadków) potwierdzają te spostrzeżenia. Praktyka ruchowa wskazuje, że ocena oddziaływania uskoku na górotwór jest bardzo trudna i do każdej struktury należy podchodzić indywidualnie i z dużą rezerwą, ponieważ zdarzają się przypadki, że nie napotyka się problemów przy przechodzeniu wyrobiskiem przez uskok regionalny (duży lub bardzo duży) a drobny (mały) uskok pokładowy może prowadzić do dużych trudności. Dlatego też, ważnym jest dalsze rozwijanie metod badawczych pozwalających odpowiednio ocenić zasięg i wpływ uskoków na górotwór je otaczający.

Zaprezentowane w pracy przykłady profilaktyki i usuwania skutków opadów, potwierdzają, że możliwym jest przejście wyrobiskiem przez strefę uskokową zachowując jednocześnie jego funkcjonalność i bezpieczeństwo użytkowania. Omówione przykłady powinny stanowić przyczynek do wzmożonej dyskusji i wymiany doświadczeń między poszczególnymi zakładami, ponieważ realia eksploatacji w coraz głębszych partiach górotworu zwiększają prawdopodobieństwo występowania trudności z utrzymaniem stateczności skał stropowych.

LITERATURA.

[1] Dokumentacja górniczo-geologiczna KWK Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka
[2] Niedbalski Z., Majcherczyk T., Ulaszek A., 2015; Planowanie wykonania wzmocnień obudów chodnikowych w kopalniach podziemnych. Logistyka 4/201, str. 921-928

[3] Prusek S. 2014; Klasyfikacja obwałów skał stropowych w ścianach zawałowych. Wiadomości Górnicze nr 6/2014, str 325-334
[4] Prusek S., Rajwa S., Pierszalik R., 2016; Ocena właściwości skał wokół wyrobiska korytarzowego w sąsiedztwie uskoków pokładowych. Wiadomości Górnicze nr 10/2016, str. 550-559
[5] Prusek S., Walentek A., 2015; Ocena zmian zachodzących w górotworze w bezpośrednim otoczeniu ściany w pobliżu uskoku. Wiadomosci górnicze nr 12/2015, str. 610-621
[6] Salamon K., Mazurek. W., 2018; Dobór metody kotwienia dla wzmocnienia wyrobisk korytarzowych w celu zwiększenia produktywności systemu ścianowego. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej.
[7] Stachura W., Mazurek W., Salamon K., 2019; Kierunki zwiększenia efektywności drążenia wyrobisk korytarzowych w KWK Borynia-Zofiówka-Jastrzębie, Ruch Zofiówka - doświadczenia i spostrzeżenia. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej '2019'
[8] Turek M. 2009; Geologiczne uwarunkowania eksploatacji podziemnej pokładów węgla kamiennego. Wiadomości Górnicze nr 4/2009, str. 251-262
[9] Urbaniec E. 2013; Przegląd metod utrzymania stateczności wyrobisk na dużych głębokościach podczas drążenia w strefie uskoku Bzie-Czechowice w JSW S.A. Kopalnia „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie" Ruch „Zofiówka". Przegląd Górniczy nr 4, str.155-163.

Drążenie wyrobisk przygotowawczych w trudnych warunkach górniczo-geologicznych monokliny Zofiówki.

Autorzy:
Mgr inż. Marian Zmarzły
KWK BORYNIA - ZOFIÓWKA
Dr inż. Andrzej Walentek
Główny Instytut Górnictwa
Dr inż. Krystian Salamon
KWK BORYNIA - ZOFIÓWKA , RUCH ZOFIÓWKA

Ramowy plan prezentacji

Zakres tematyczny	Slajd
1. Wprowadzenie	3-4
2. Charakterystyka OG Zofiówka- omówienie wybranych uskoków	5-8
3. Ocena wpływu uskoków na warunki górniczo-geologiczne w ich otoczeniu	9-11
4. Charakterystyka i sposób wzmacniania górotworu	12-26
5. Wnioski	27
9. Literatura	28

1. Wprowadzenie

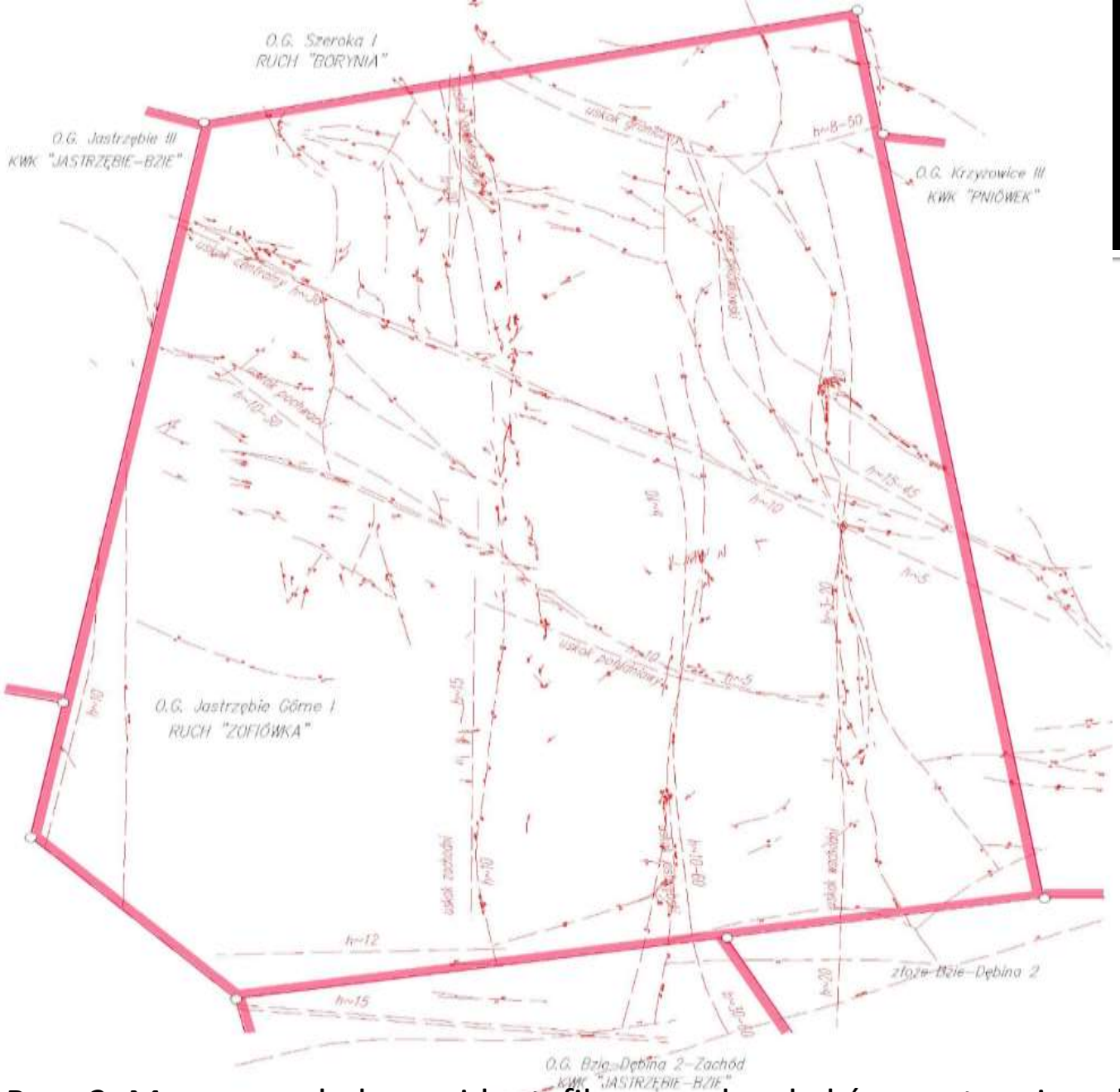
Każdego roku w GZW drąży się setki kilometrów wyrobisk w różnych warunkach górniczo-geologicznych na różnych głębokościach. Rocznie drąży się około 8 km nowych wyrobisk (dla samego Ruchu Zofiówka). Jednym z czynników destabilizujących postęp przodka są trudności z utrzymaniem ciągłości warstw stropowych. Obserwacje dołowe wskazują, że opady stropu występują praktycznie w każdym wyrobisku korytarzowym a główną ich przyczyną jest anizotropia masywu skalnego i naturalnie występujące w nim rejony osłabienia własności wytrzymałościowych. Intensywne opady i obwały najczęściej wiążą się z występowaniem uskoków napotkanych przez drążony przodek. Praktyka wskazuje, że ocena oddziaływania uskoku na górotwór jest bardzo trudna i należy do każdej struktury podchodzić indywidualnie i z dużą rezerwą, ponieważ zdarzają się przypadki że nie napotyka się problemów przy przechodzeniu wyrobiskiem przez uskok regionalny (duży lub bardzo duży) a drobny (mały) uskok pokładowy może prowadzić do dużych trudności [1-9].

1. Wprowadzenie



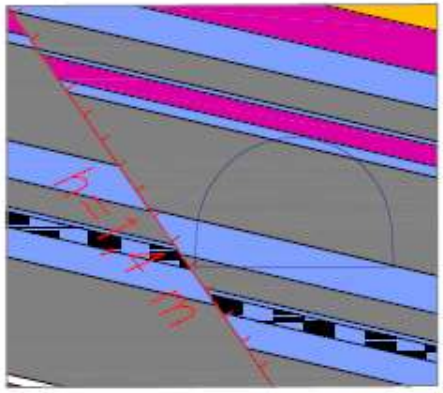


Rys.1. Przykłady opadu stropu w wyrobiskach przygotowawczych

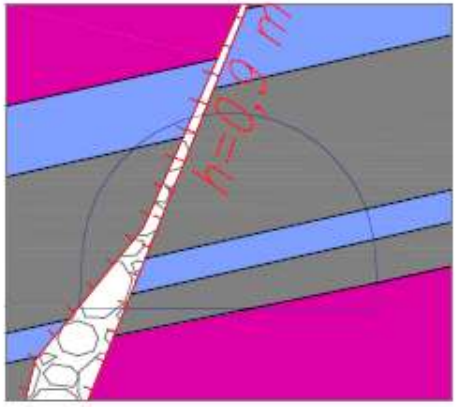


Rys. .2. Mapa przeglądowa zidentyfikowanych uskoków występujących w Obszarze Górniczym Zofiówka

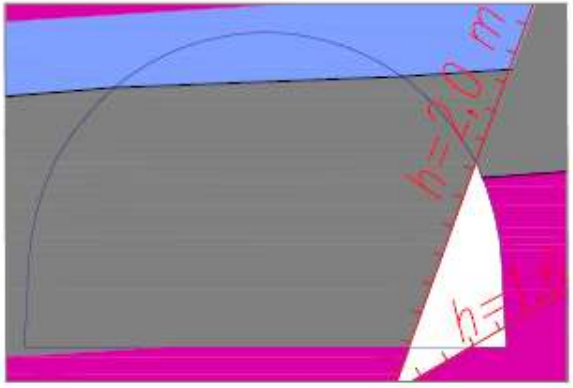
2. Charakterystyka górniczo-geologiczna
OG. Zofiówka - Przykłady napotkanych uskoków



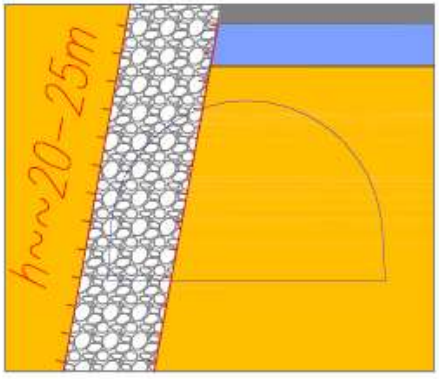
Chodnik podścianowy D–2, pokł.412łg+łd i 412łg



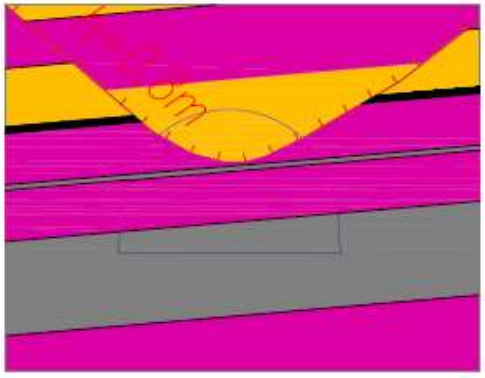
Chodnik transportowy G–2, pokł.412łg+łd i 412łg – 413/2



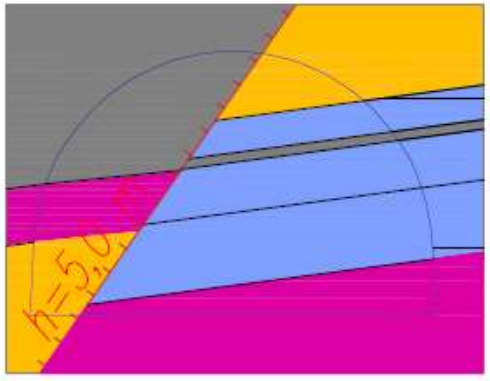
Chodnik transportowy D–6, pokł. 409/4



Przekop F taśmowy poz. 1080



Przekop F taśmowy poz. 1080



Pochylnia bad. wentylacyjna D, p. 409/4

Rys.3. Przykłady uskoków napotkanych podczas drążenia [opracowanie własne]

2. Charakterystyka górniczo-geologiczna OG Zofiówka -Przykłady napotkanych uskoków

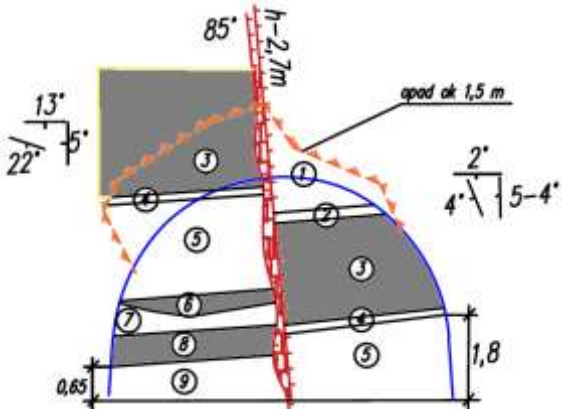




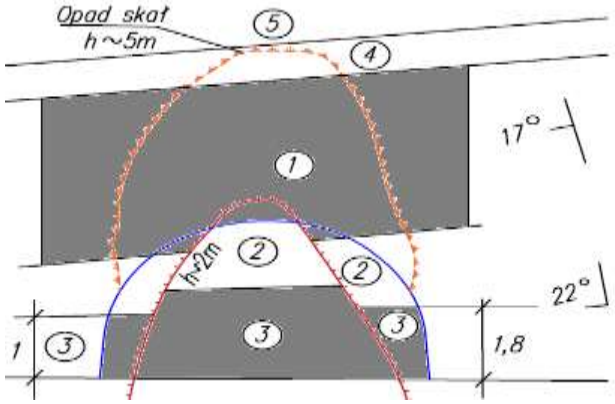


Rys.4. „Zlustorowana” powierzchnia skały pobranej z strefy uskokowej [źródło: archiwum dział DMG]

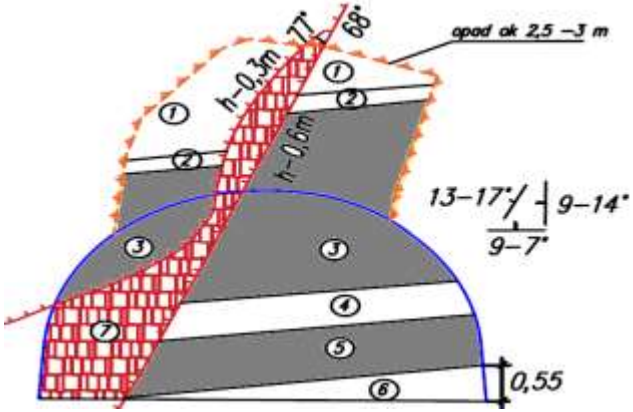
2. Charakterystyka górniczo-geologiczna
OG. Zofiówka -Przykłady napotkanych uskoków



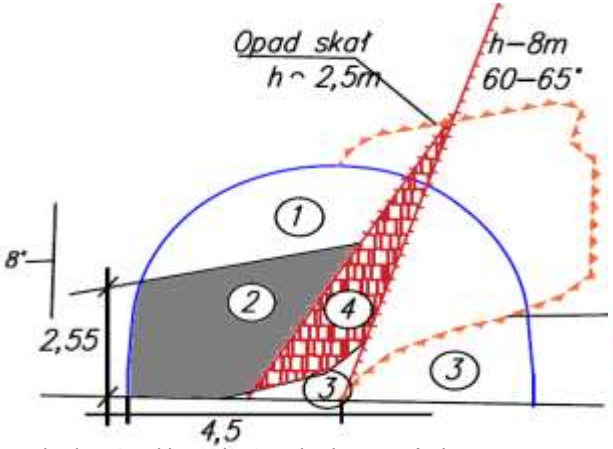
1-mułowiec, 2-iłowiec, 3-pokł. 410, 4-iłowiec, 5-mułowiec 6-pokład n.o., 7-mułowiec, 8-pokł. n.o. 9-mułowiec



1-pokł. 505/1, 2-mułowiec, 3-pokł. 505/2, 4-mułowiec , 5-piaskowiec Zmiana nazwy z łupek piaszczysty na mułowiec, poprawiłem na wszystkich rysunkach



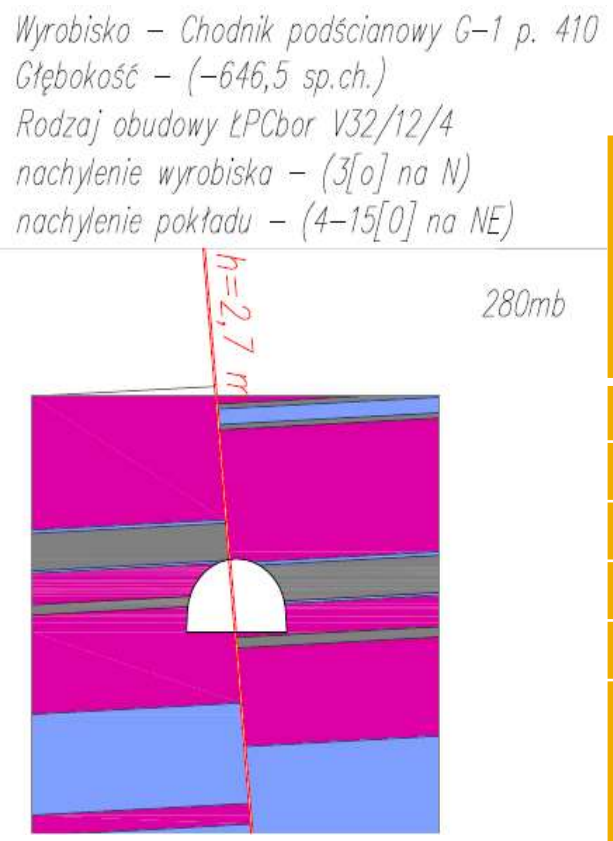
1-iłowiec, 2-iłowiec, 3- pokł. 412łg, 4-iłowiec,
5- pokł. 412łg, 6-iłowiec, 7-węgiel o podzielności kostkowej



1-mułowiec, 2-pokł. 416/3, 3-mułowiec, 4-wtórnie sprasowany węgiel

Rys.5. Przykłady opadów stropów stropowych spowodowanych wystąpieniem strefy uskokowej [opracowanie własne]

3. Ocena wpływu uskoku na warunki górniczo geologiczne otoczeniu drążonych wyrobisk

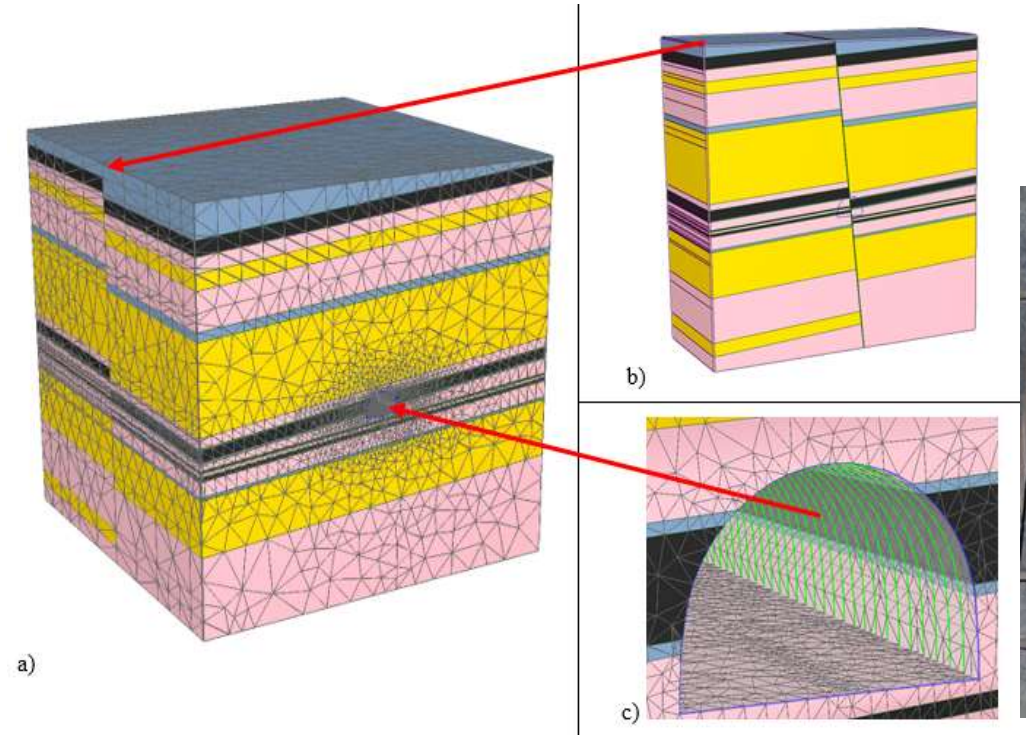


Rys.6. Przekrój poprzeczny przez chodnik podścianowy G-1 pokł. 410 w strefie uskoku na km 280

Tablica nr 1. Parametry geomechaniczne węgla i skał w otoczeniu chodnika podścianowego G-1 pokł. 410

Wyszczególnienie	Ciężar objętościowy (γ) [kN/m³]	Wytrzymałość (R_c) [MPa]	Wskaźnik zwięzłości (f) [-]	RQD [%]
Mułowiec	26,09	68,0	5,23	90,5
Iłowiec	25,51	34,8-36,76	2,48	0,0-31
Węgiel, pokład 410	12,46	6,6	<0,4	-
Mułowiec // iłowiec	~26	51,8-84,4	3,7-3,91	77,8
Węgiel, pokład 411/1	~12,0	~10,0	<0,4	-
Iłowiec // mułowiec	~25	51,8-84,4	3,7-3,91	75,8

3. Ocena wpływu uskoku na warunki górniczo geologiczne drążonych wyrobisk

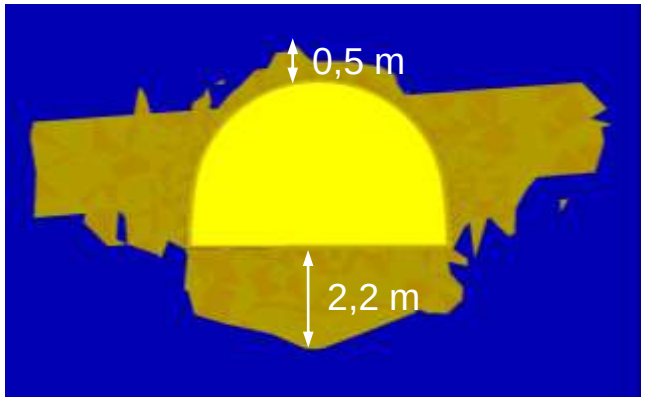


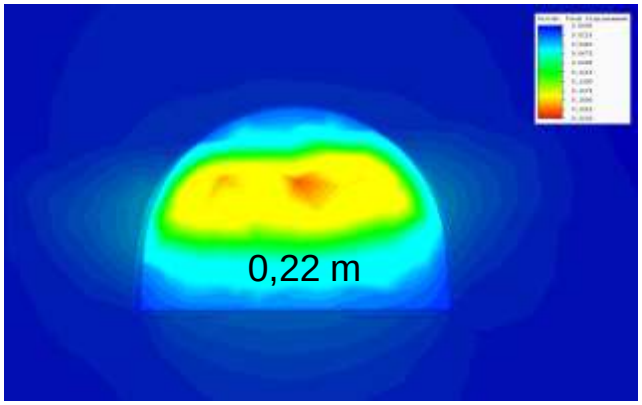
Rys.7. Model numeryczny górotworu wokół chodnika podścianowego G-1 pokł. 410 (a) , przekrój przez uskok (b), obudowa ŁP (c)



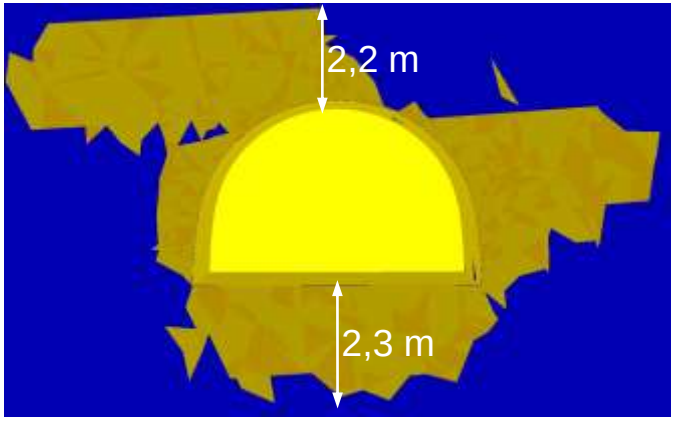
Rys.8. Baza pomiarowa zabudowana w chodniku podścianowym G-1 (poza strefą zaburzenia)

3. Ocena wpływu uskoku na warunki górniczo geologiczne drążonych wyrobisk

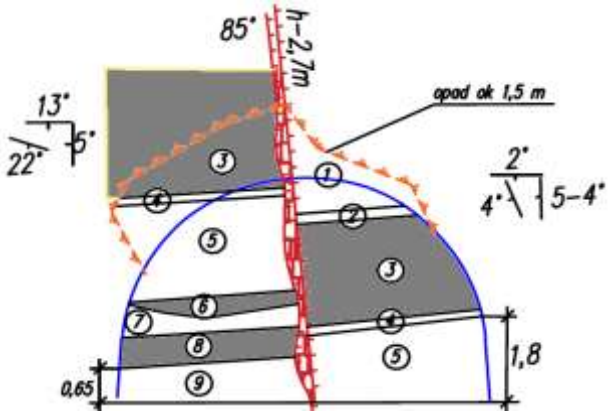




Rys.9. Wyniki prognozy zasięgu strefy spękań oraz deformacji górotworu wokół chodnika podścianowego G-1 w pokładzie 410 przed strefą uskokową

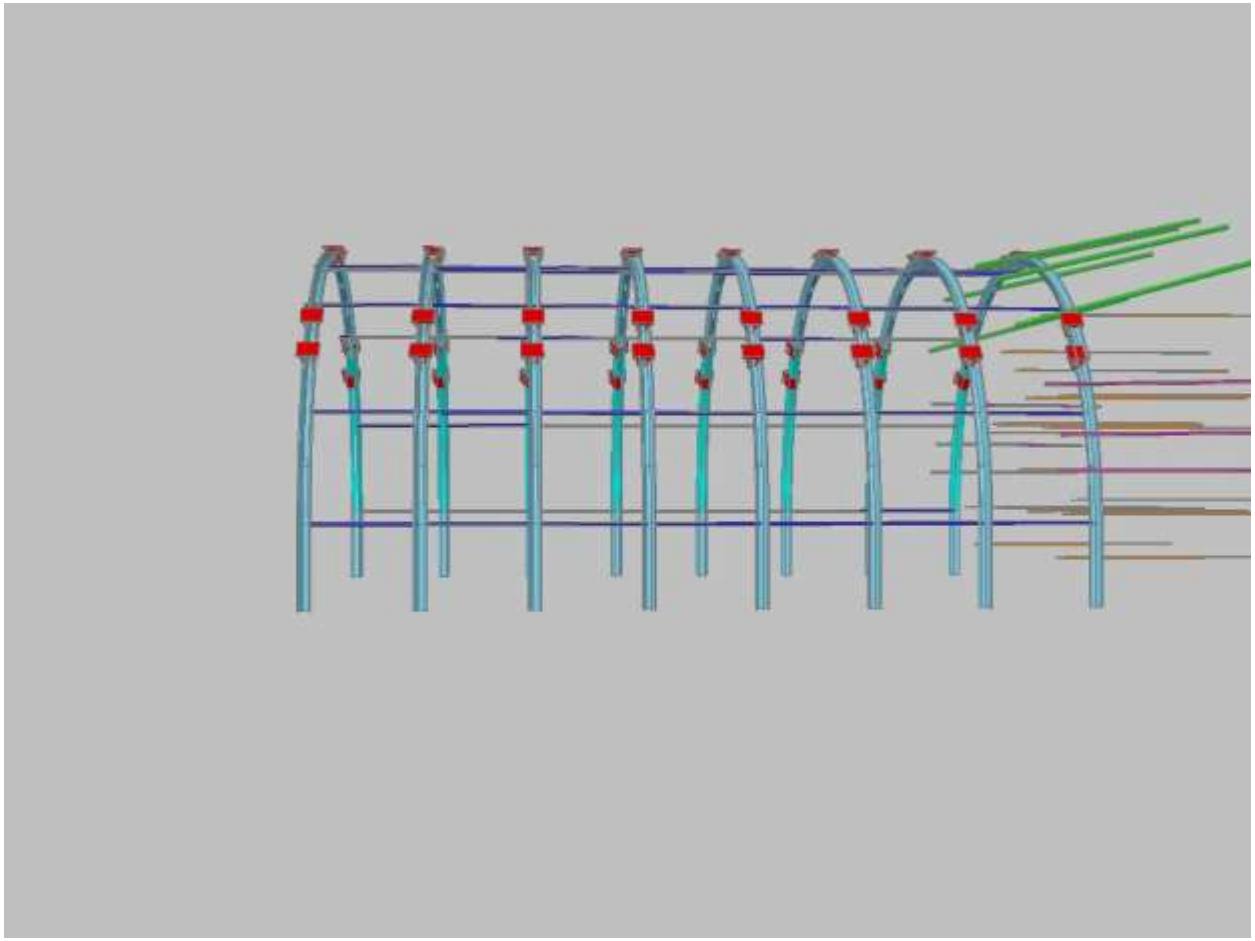


Rys.10. Wyniki prognozy zasięgu strefy spękań górotworu w strefie uskokowej km 280



Rys.11. Stwierdzony zasięg opadu stropu na km 280

3. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu

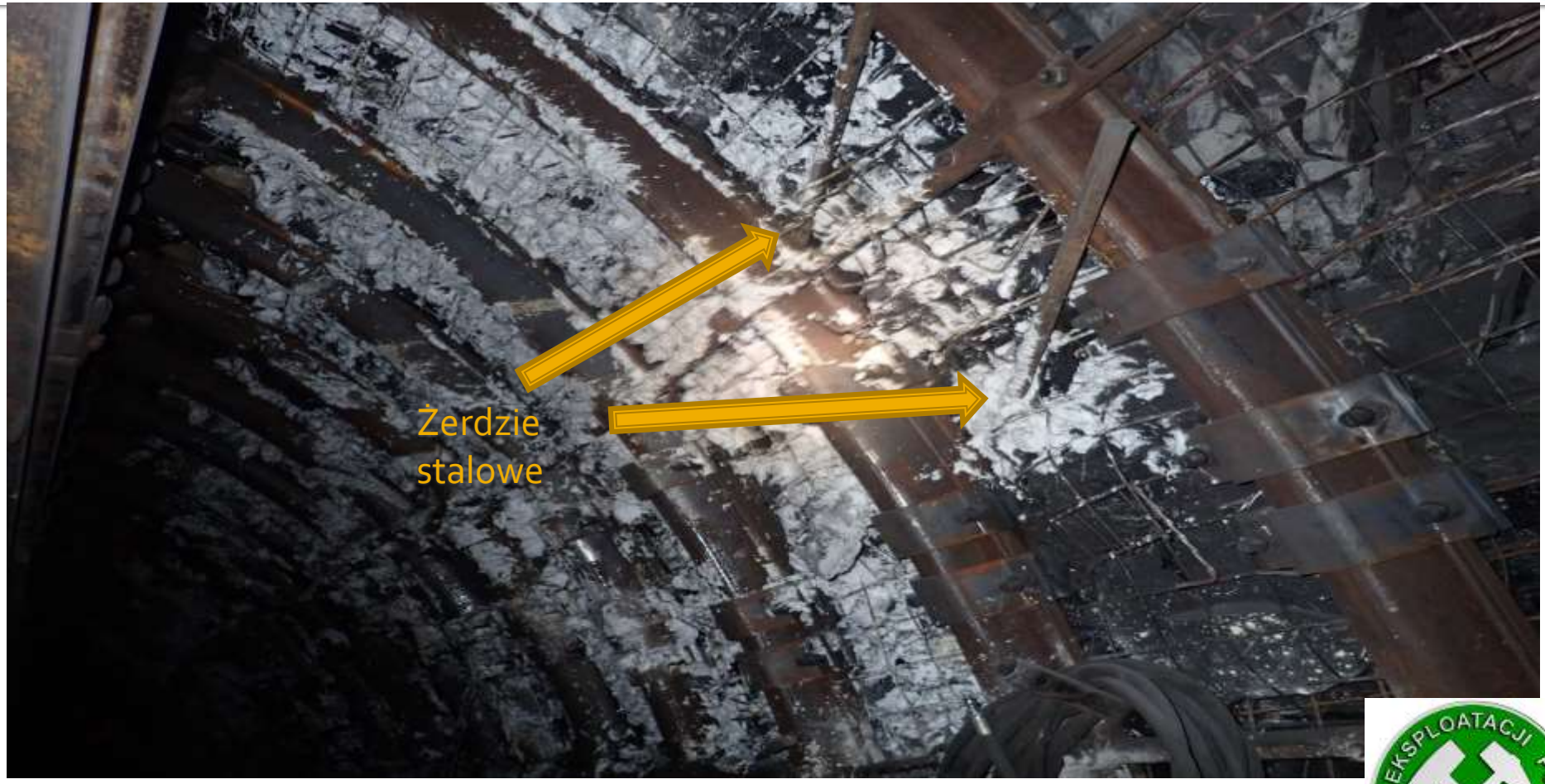


Legenda

kolor	Element
	Kształtowniki obudowy
	Złącza
	Rozpory międzyodrzwiowe
	GSI
	Żerdzie
	Tyczki

Rys.12. Sposoby wzmacnia górotworu [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



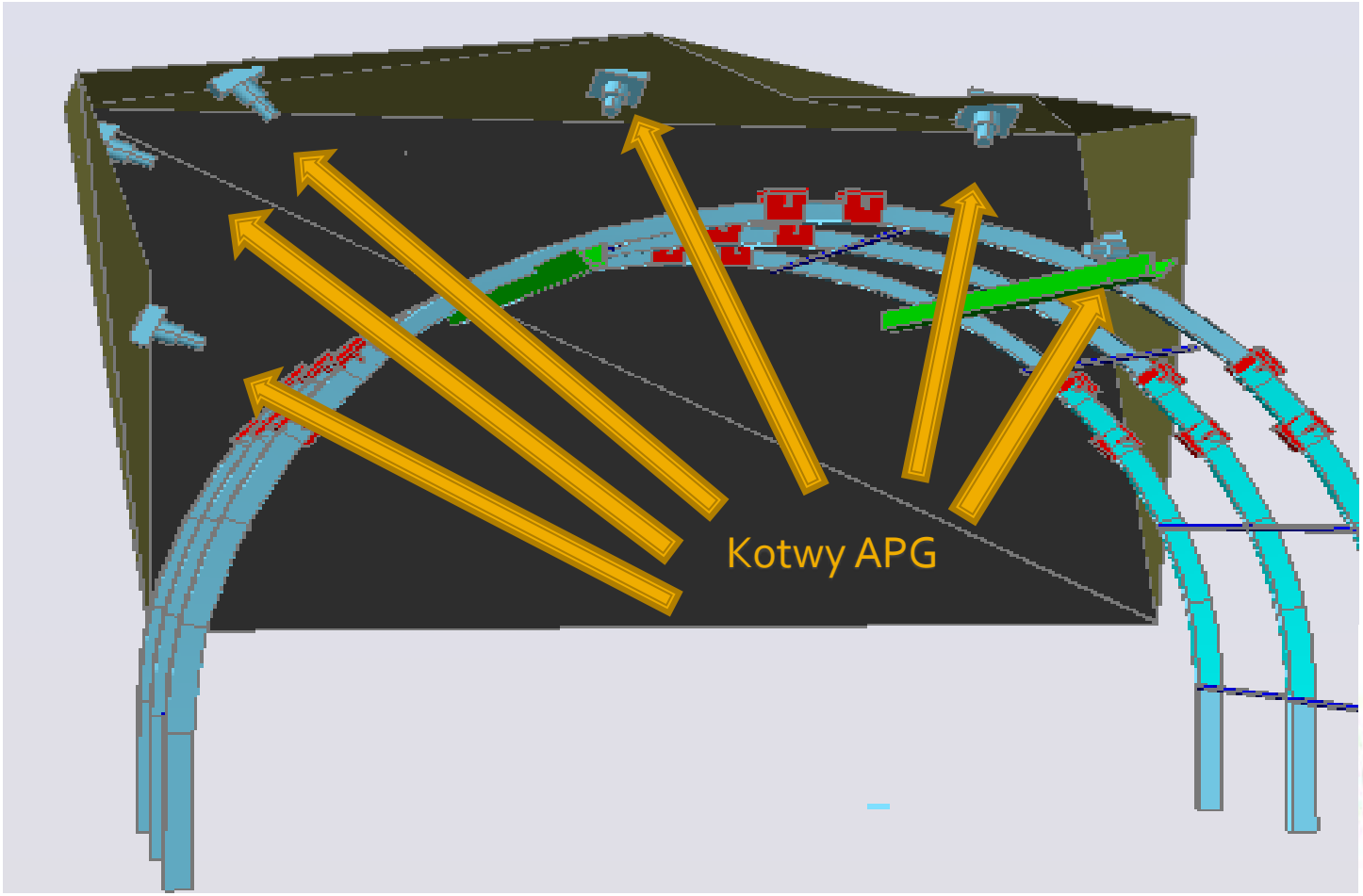
Rys. 13 . Sposób wzmacniania górotworu z wykorzystaniem żerdziowania oraz piany chemicznej, [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



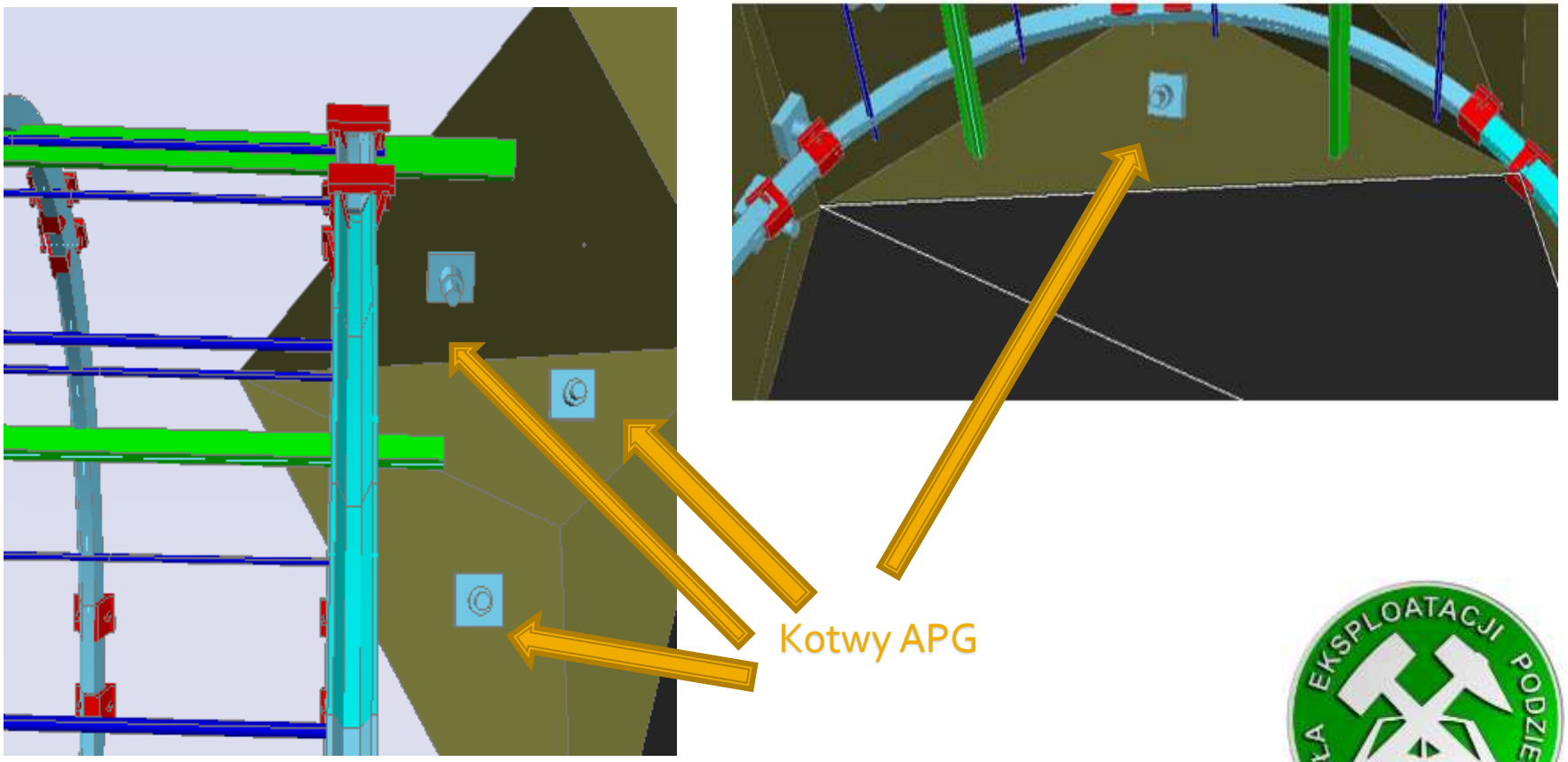
Rys. 14 . Sposób wzmacniania górotworu z wykorzystaniem kotwienia [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



Rys. 15 . Sposób wzmacniania górotworu z wykorzystaniem kotwienia międzyodrzwiowego [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



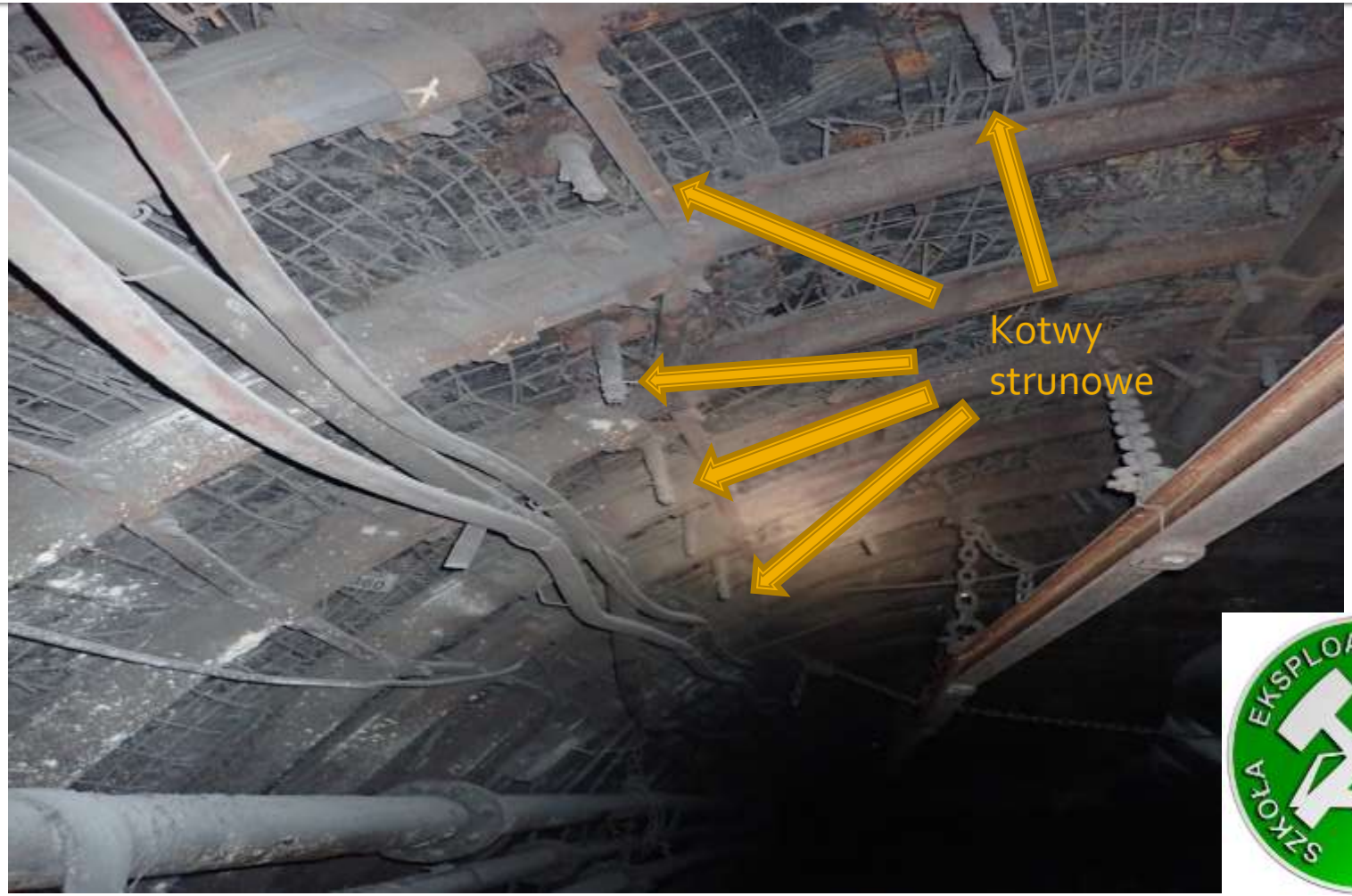
Rys. 16 . Sposób wzmacniania górotworu z wykorzystaniem kotwienia wyprzedzającego [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



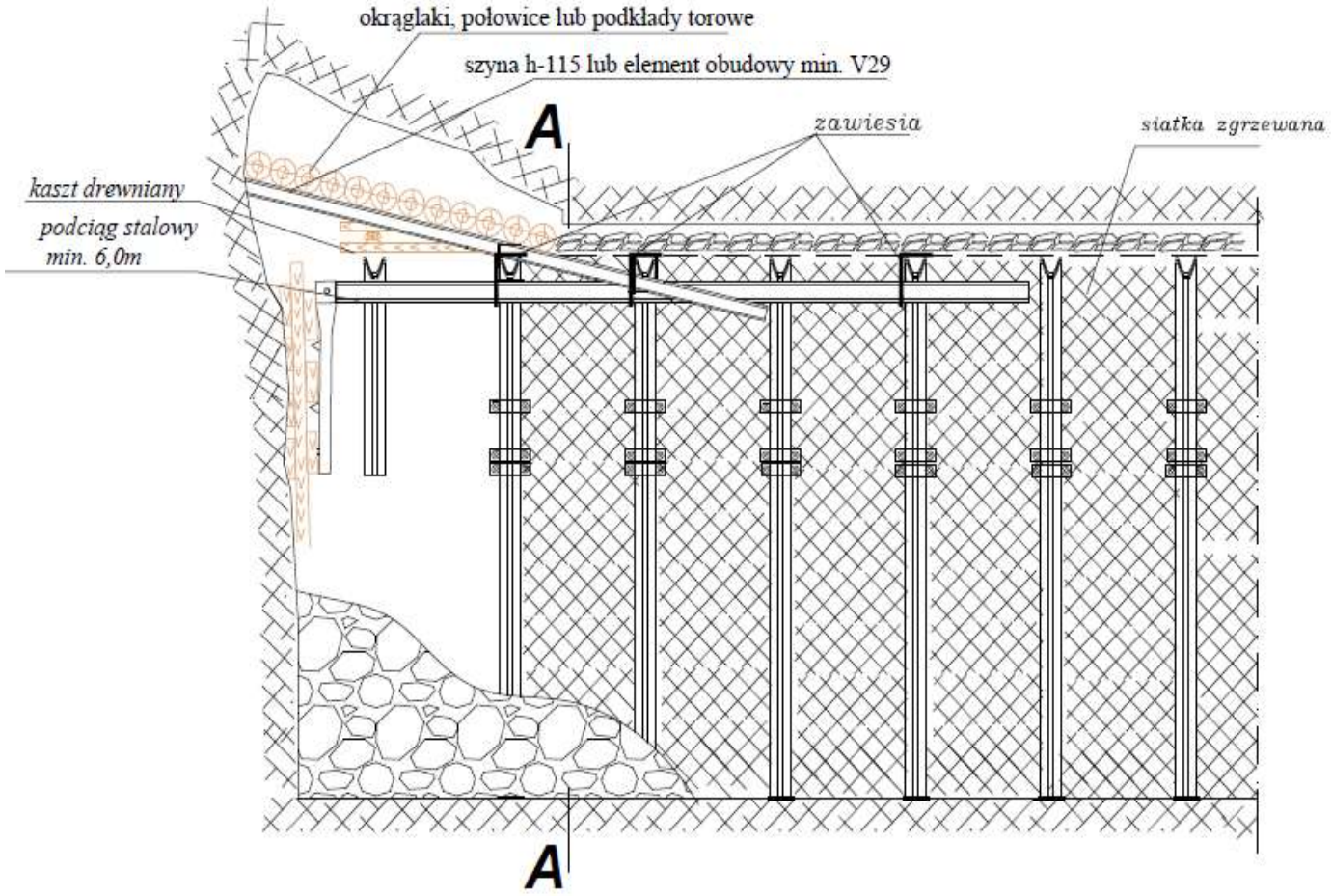
Rys. 17. Sposób wzmacniania górotworu z wykorzystaniem kotwienia międzyodrzwiowego [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



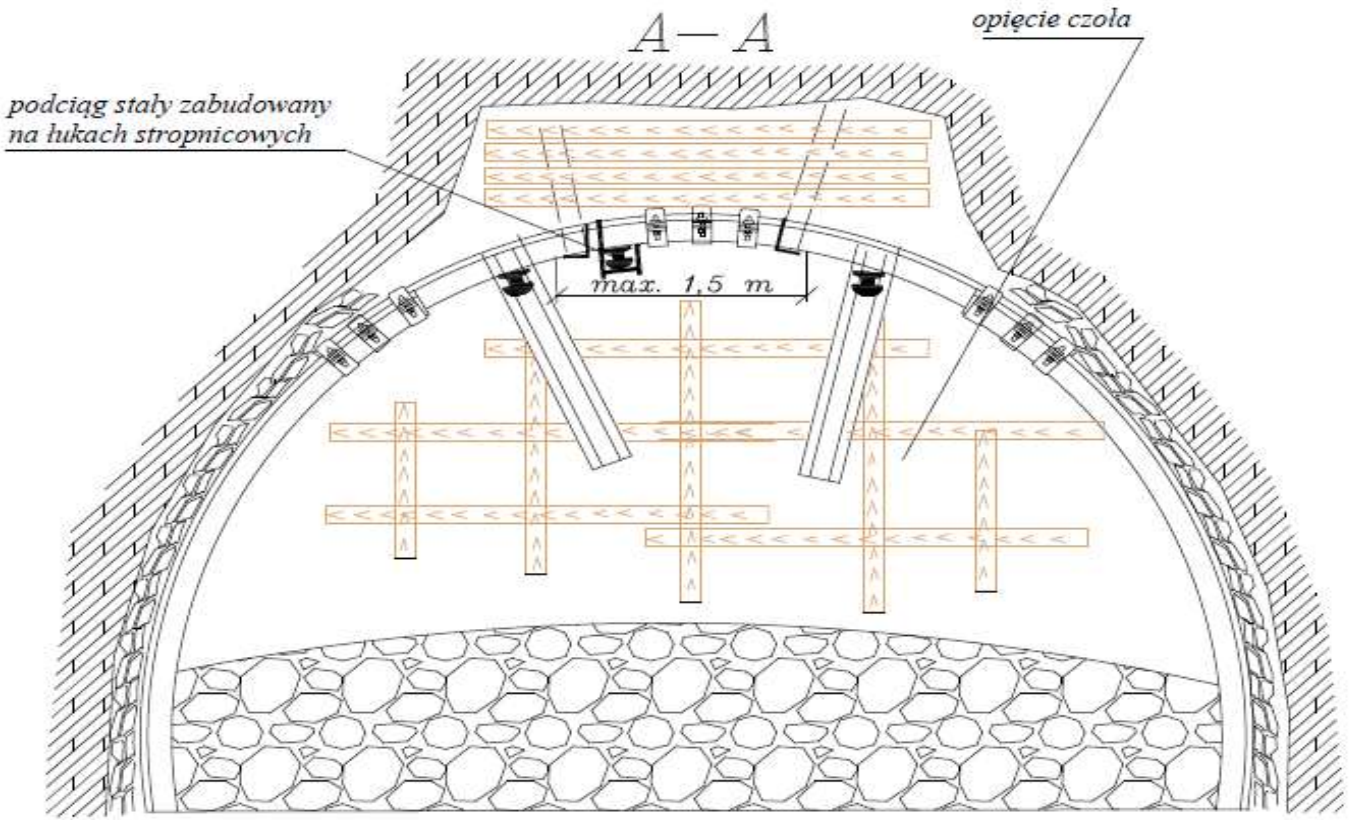
Rys. 18. Sposób wzmacniania górotworu z wykorzystaniem kotwienia międzyodrzwiowego (wysokiego) [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



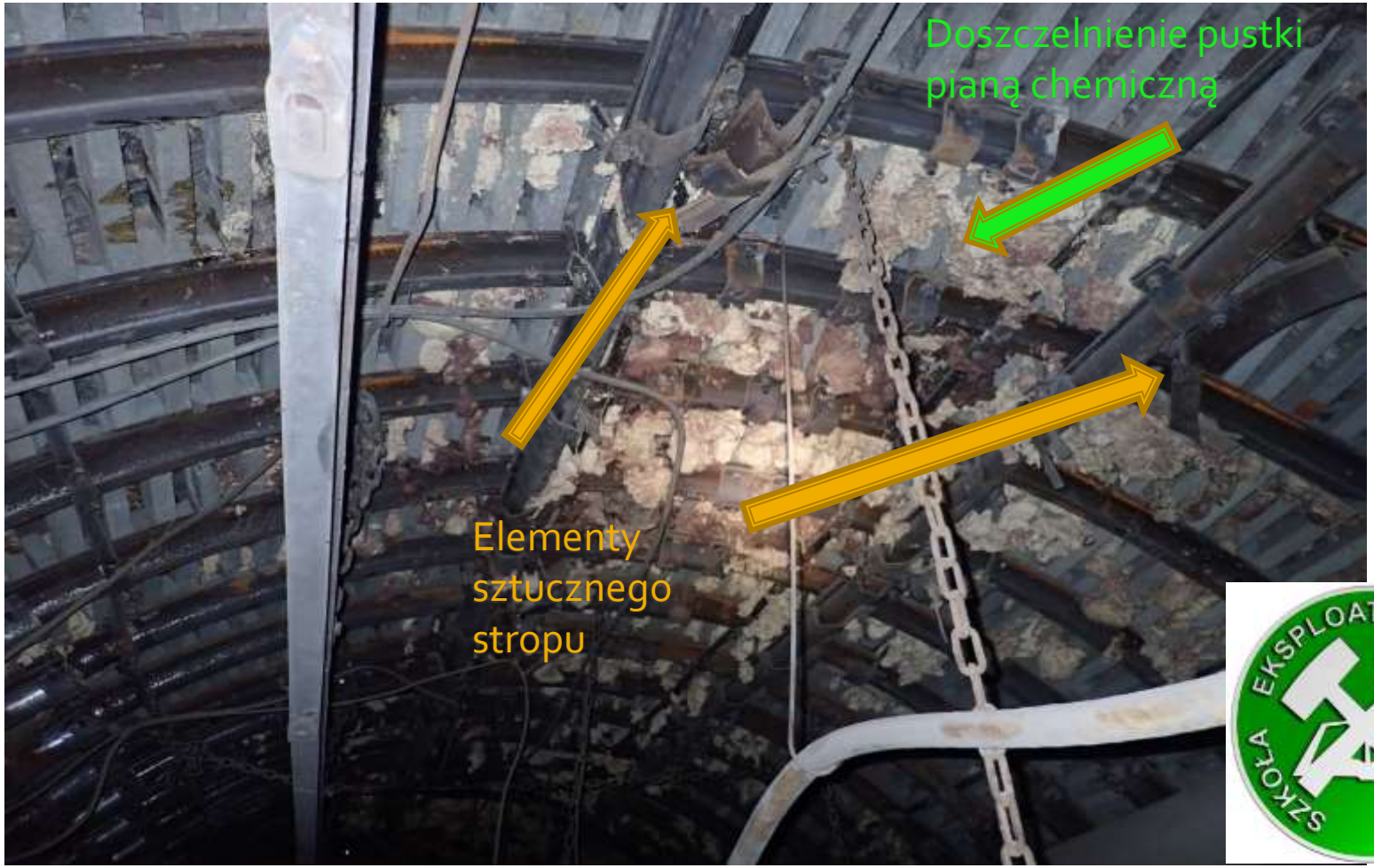
Rys. 19 . Utrzymanie stropu przy wykorzystaniu sztucznego stropu [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



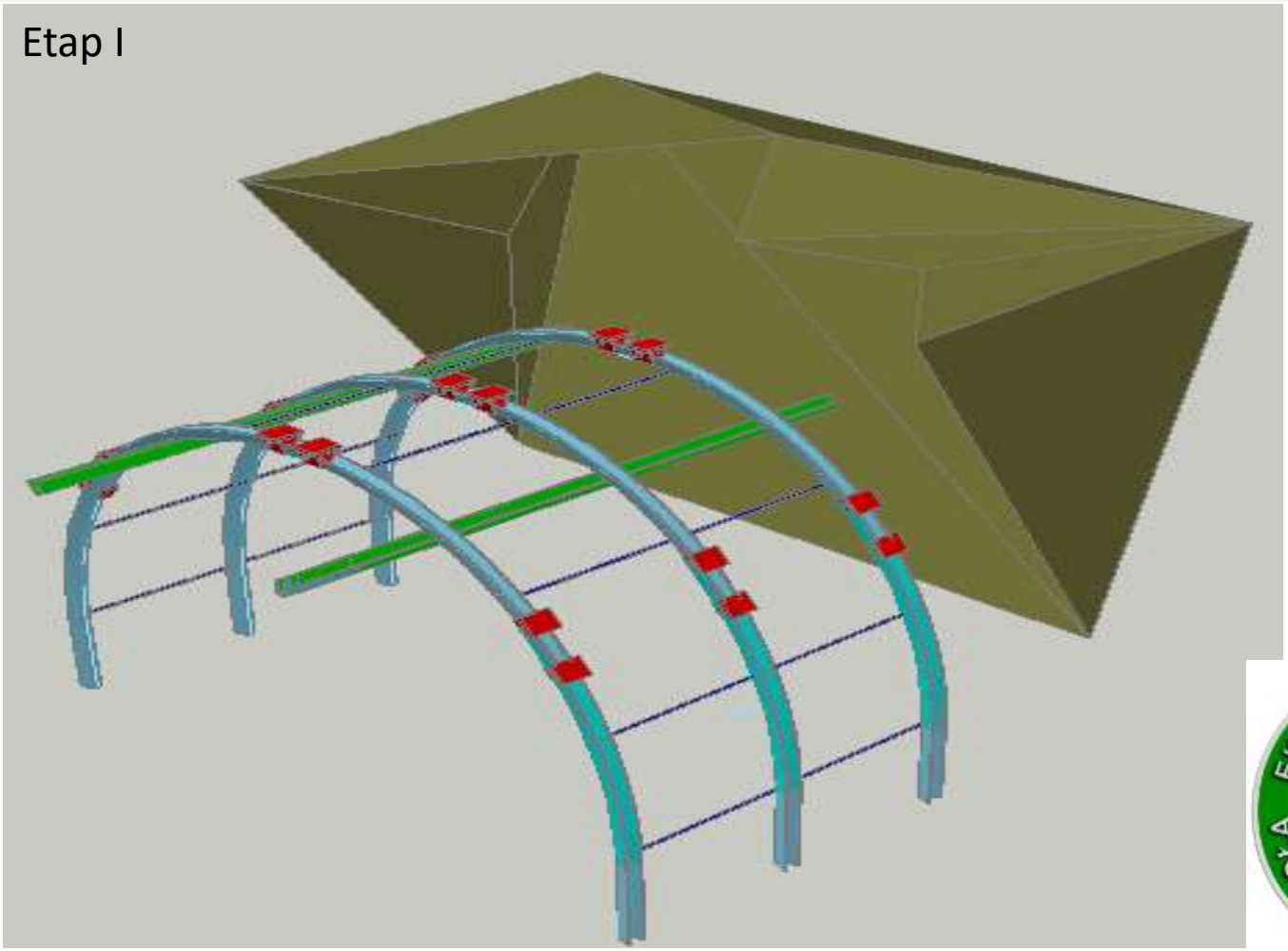
Rys. 20. Utrzymanie stropu przy wykorzystaniu sztucznego stropu [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



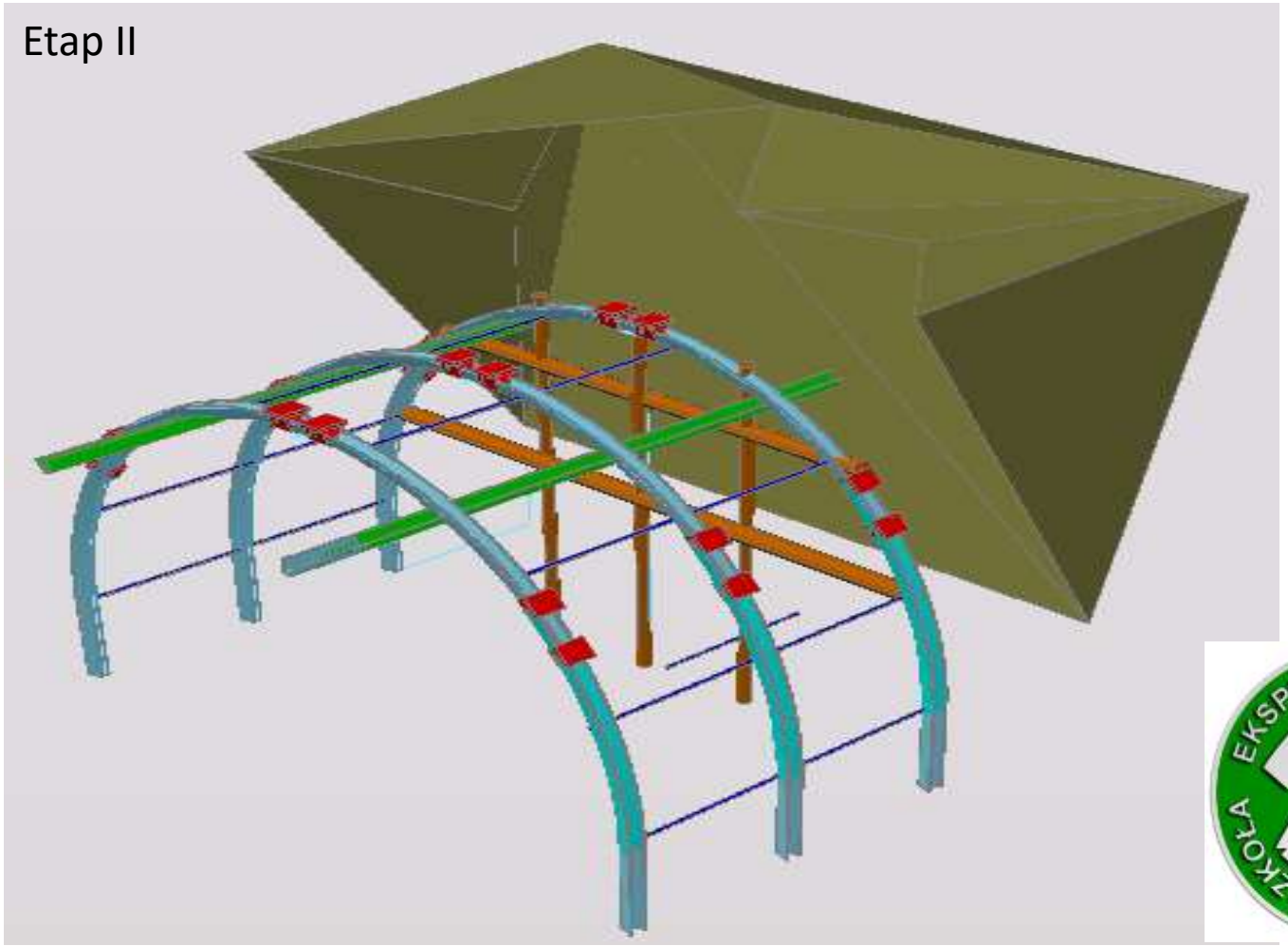
Rys. 21. Utrzymanie stropu przy wykorzystaniu sztucznego stropu i doszczelniania pustek pianą chemiczną [opracowanie własne]

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



Rys. 22. Wykonanie tamy podsadzkowej [opracowanie własne] Etap I

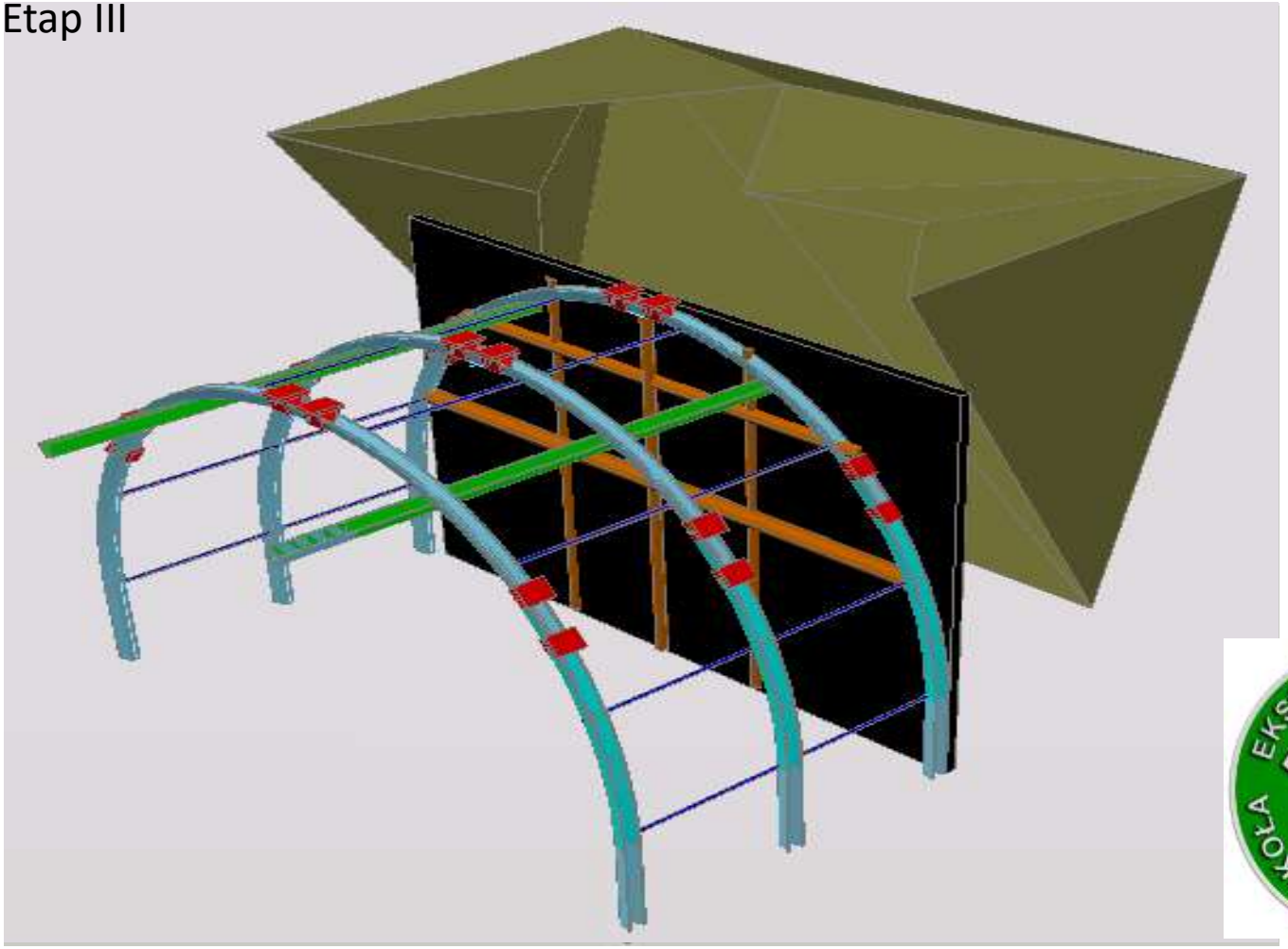
4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



Rys. 23. Wykonanie tamy podsadzkowej [opracowanie własne] Etap II

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu

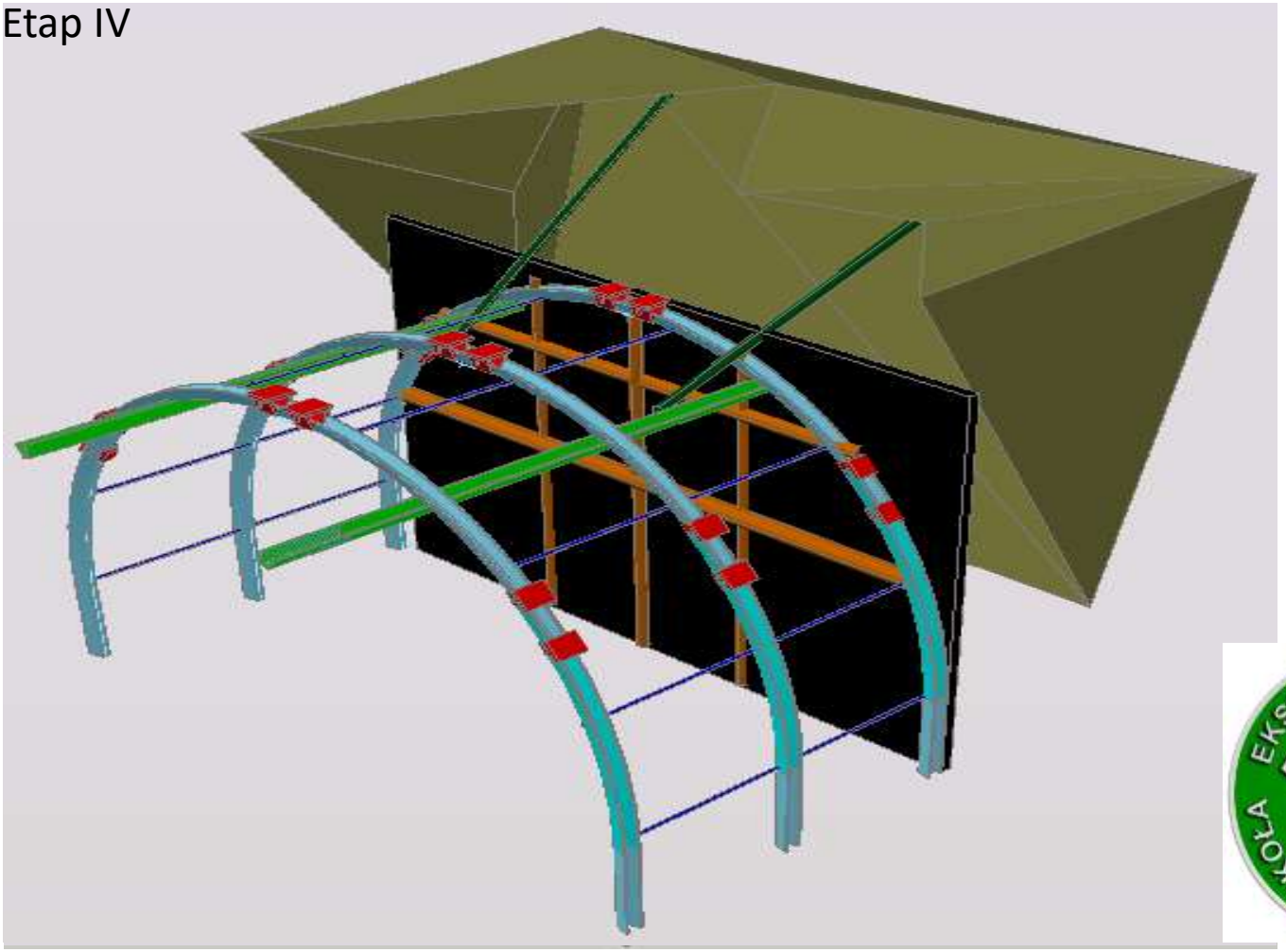
Etap III



Rys.24. Wykonanie tamy podsadzkowej[opracowanie własne] Etap III

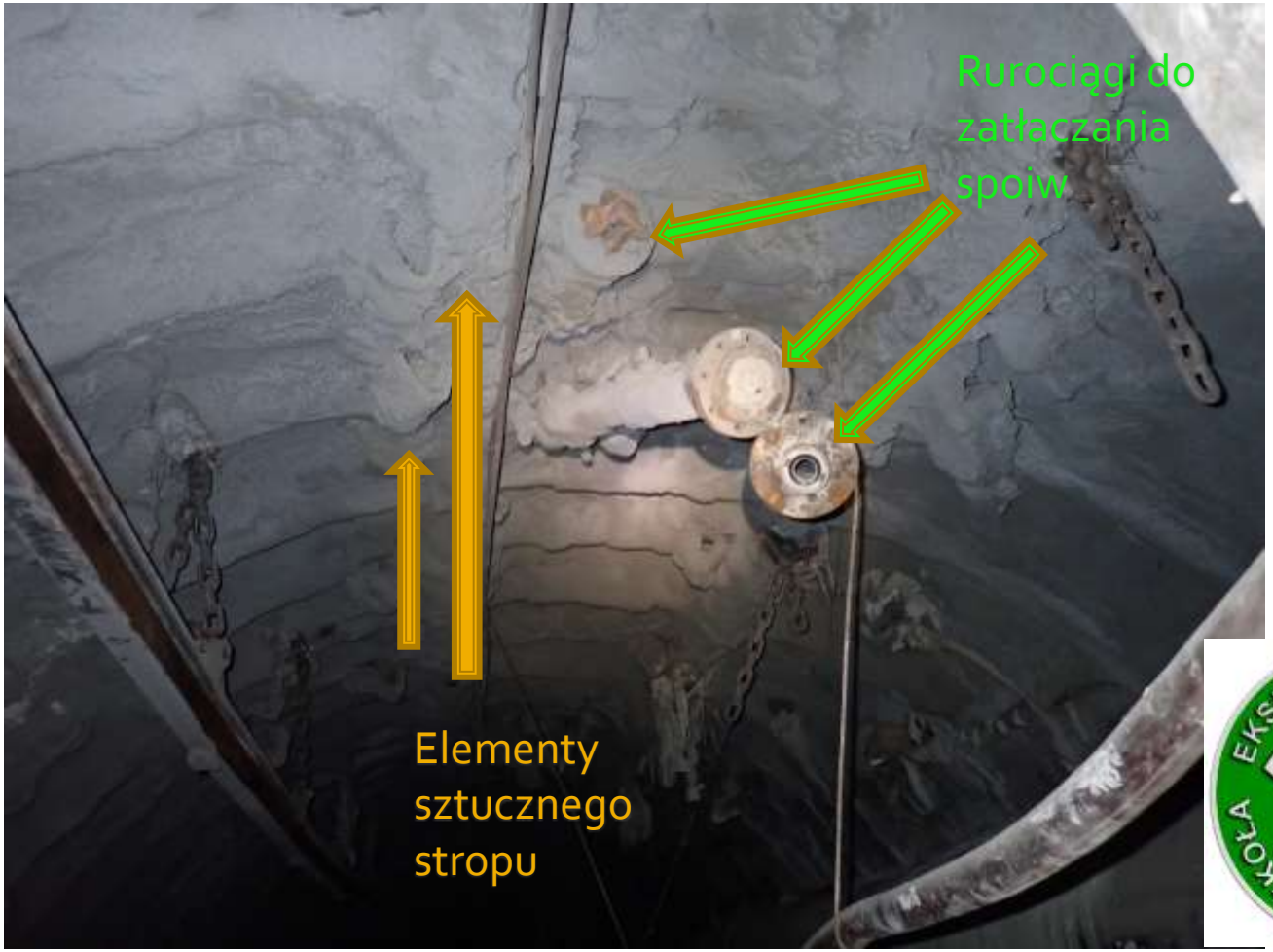
4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu

Etap IV



Rys. 25. Wykonanie tamy podsadzkowej [opracowanie własne] Etap IV

4. Charakterystyka sposobów wzmacniania górotworu



Rys. 26. Utrzymanie stropu przy wykorzystaniu sztucznego stropu i doszczelniania pustek spoiwami mineralnymi oraz wzmocnienia torkretem [opracowanie własne]

5. Wnioski

1) Praktyka ruchowa oraz wyniki modelowania numerycznego wskazują, że ocena oddziaływania uskoku na górotwór jest bardzo trudna i do każdej struktury należy podchodzić indywidualnie i z dużą rezerwą,
2) Pomimo bardzo obszernych doświadczeń trudno jest ocenić faktyczny zasięg i stopień oddziaływania uskoku na górotwór w bezpośrednim jego otoczeniu.
3) Wyniki modelowania numerycznego (dla jednego z najprostszych przypadków) potwierdzają że poza geometrią układu warstw skalnych należy brać pod uwagę także efekt obniżenia parametrów wytrzymałościowych skał.
4) Zaprezentowane w pracy przykłady profilaktyki i usuwania skutków opadów, potwierdzają, że możliwym jest przejście wyrobiskiem przez strefę uskokową zachowując jednocześnie jego funkcjonalność i bezpieczeństwo użytkowania. Szczególne znaczenie mają zabiegi wzmacniające bezpośrednio górotwór: kotwienie, klejenie, żerdziowanie.

6. Literatura

- [1] Dokumentacja górniczo-geologiczna KWK Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka
- [2] Niedbalski Z., Majcherczyk T., Ulaszek A., 2015; Planowanie wykonania wzmocnień obudów chodnikowych w kopalniach podziemnych. Logistyka 4/201, str. 921-928
- [3] Prusek S. 2014; Klasyfikacja obwałów skał stropowych w ścianach zawałowych. Wiadomości Górnicze nr 6/2014, str 325-334
- [4] Prusek S., Rajwa S., Pierszalik R., 2016; Ocena właściwości skał wokół wyrobiska korytarzowego w sąsiedztwie uskoków pokładowych. Wiadomości Górnicze nr 10/2016, str. 550-559
- [5] Prusek S., Walentek A., 2015; Ocena zmian zachodzących w górotworze w bezpośrednim otoczeniu ściany w pobliżu uskoku. Wiadomosci górnicze nr 12/2015, str. 610-621
- [6] Salamon K., Mazurek. W., 2018; Dobór metody kotwienia dla wzmocnienia wyrobisk korytarzowych w celu zwiększenia produktywności systemu ścianowego. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej.
- [7] Stachura W., Mazurek W., Salamon K., 2019; Kierunki zwiększenia efektywności drążenia wyrobisk korytarzowych w KWK Borynia-Zofiówka-Jastrzębie, Ruch Zofiówka - doświadczenia i spostrzeżenia. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej ‘2019’
- [8] Turek M. 2009; Geologiczne uwarunkowania eksploatacji podziemnej pokładów węgla kamiennego. Wiadomości Górnicze nr 4/2009, str. 251-262
- [9] Urbaniec E. 2013; Przegląd metod utrzymania stateczności wyrobisk na dużych głębokościach podczas drążenia w strefie uskoku Bzie-Czechowice w JSW S.A. Kopalnia „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”. Przegląd Górniczy nr 4, str.155-163.

Nowoczesne rozwiązanie zasilania kompleksów ścianowych w wysokie ciśnienie olejowo-wodne w PGG Oddział KWK ROW RUCH RYDUŁTOWY.

Robert Wawrzyczny

Kraków, wrzesień 2021

Wprowadzenie

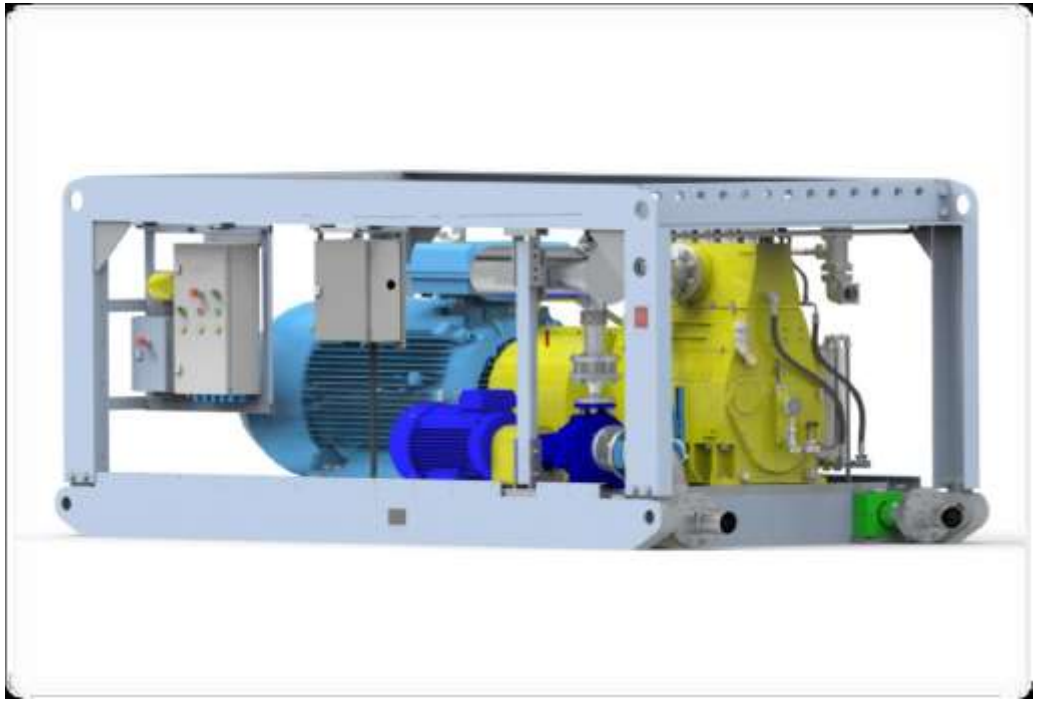
W przemyśle węglowym systematycznie wzrasta ilość urządzeń górniczych zasilanych z przemienników częstotliwości. Przykładem jest zasilanie z przemiennika częstotliwości wysokociśnieniowych agregatów pompowych typu WAP HDP302V przeznaczonych do zasilania niskoprocentową emulsją olejowo-wodną.

Nowe rozwiązania techniczne umożliwiają zastosowanie regulacji prędkości, w tym ograniczenie prądu rozruchu w początkowej fazie pracy maszyny lub ciągłą regulację prędkości w zależności od potrzeb zapotrzebowania na emulsję w rurociągu.

Rozwiązaniem problemów związanych z częstymi uderzeniami ciśnienia w rurociągach jest zastosowanie metody regulowania prędkości obrotowej silnika agregatu pompowego zasilanego z przekształtnika częstotliwości. Regulacja prędkości silnika agregatu pompowego daje możliwość regulacji wydajności w przypadku zmiennego zapotrzebowania na emulsję.

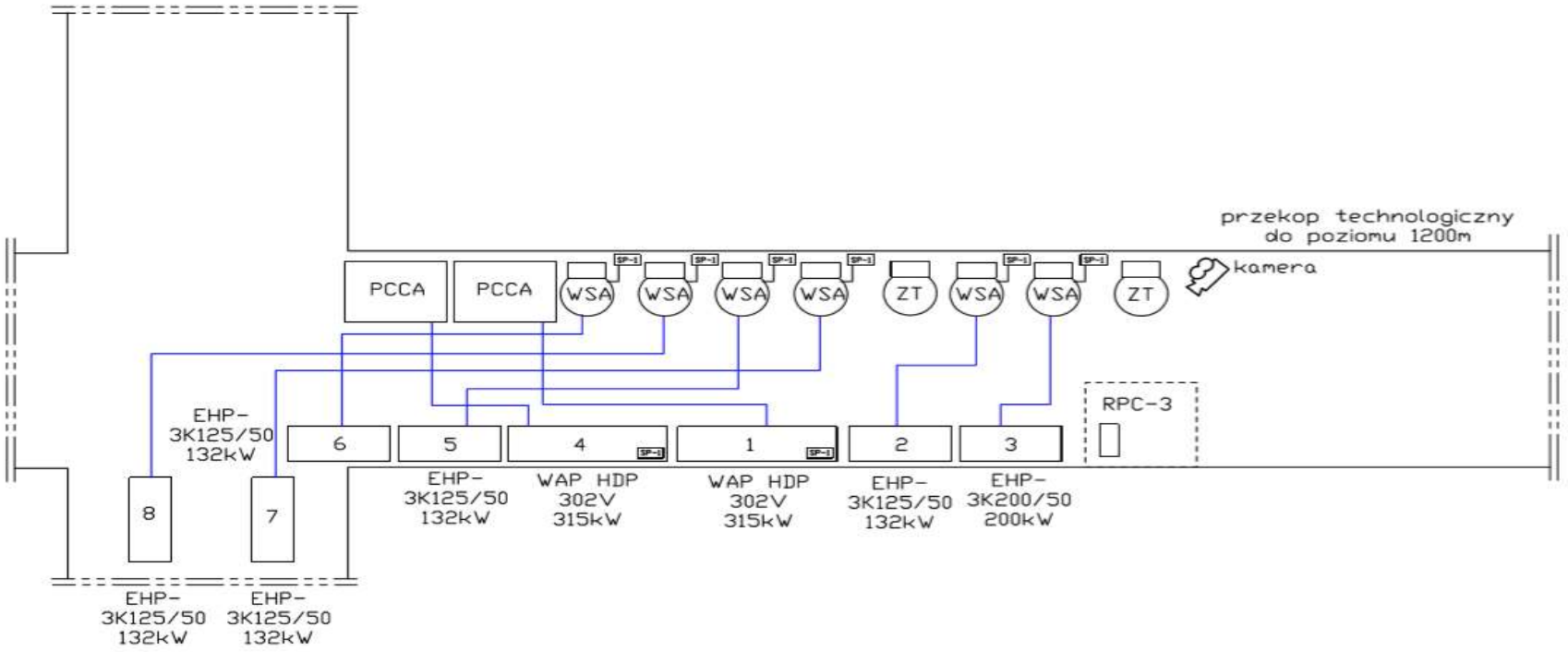
Przeznaczenie agregatów WAP HDP302V

W KWK ROW RUCH RYDUŁTOWY zainstalowano 2 szt. wysokociśnieniowych agregatów pompowych typu WAP HDP302V zasilanych z dwóch przemienników częstotliwości PCCA. Uruchomienie agregatów pompowych typu WAP HDP302V spowodowało wśród załogi potrzebę poszerzenia wiadomości w temacie regulacji prędkości silnika napędzającego agregat pompowy z przemiennika częstotliwości.



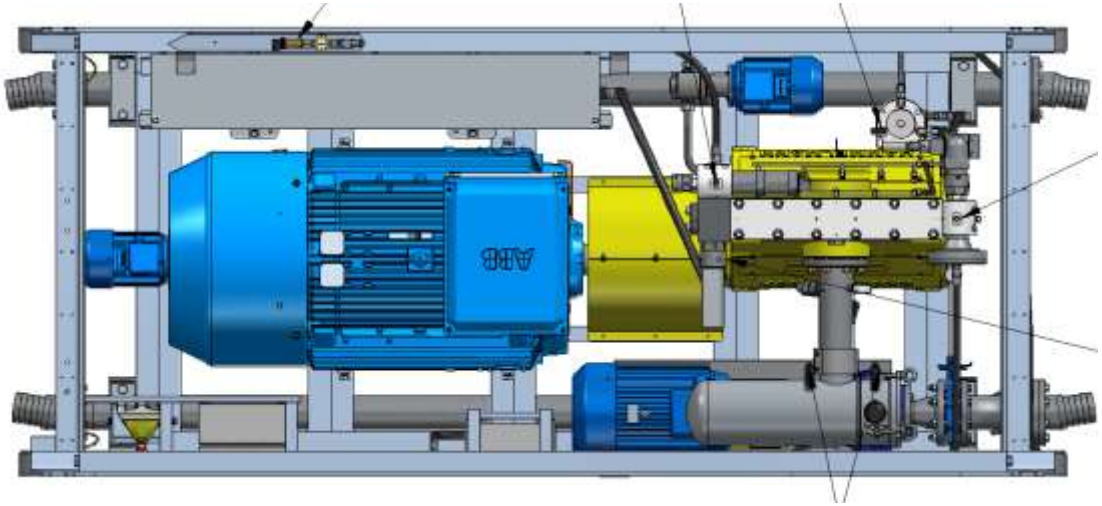
Komora wysokociśnieniowych agregatów pompowych

W przekopie technologicznym do poz.1200 zainstalowano 2szt. agregatów WAP HDP302V, 1szt. agregatu EHP-3K200/50 i 5szt agregatów EHP-3K125/50. Agregaty typu WAP HDP302V pracują w zakresie od 300obr./min do 1800obr./min. co się przekłada na częstotliwość od 10Hz do 60Hz, natomiast pozostałe agregaty pracują z częstotliwością stałą 50Hz.



Agregat wysokociśnieniowy WAP-HDP302v

Wysokociśnieniowy Agregat Pompowy WAP HDP302V zamontowany jest na ramie nośnej. Pompa wysokociśnieniowa, będąca jednym z głównych elementów agregatu, jest kompaktową, pięcionurnikową pompą z pakułowym/sznurowym uszczelnieniem nurników. W budowie pompy można wyznaczyć kilka podstawowych elementów: część korbowa i system smarowania, zespół uszczelnienia nurnika, głowica pompy, zawór rozładowania, zawór bezpieczeństwa oraz oczujnikowanie.
Pompa wysokociśnieniowa napędzana jest silnikiem elektrycznym.
Urządzenia połączone są ze sobą za pomocą sprzęgła elastycznego montowanego na wały obydwu urządzeń. Silnik elektryczny jest silnikiem klatkowym asynchronicznym.
Na ramie nośnej zabudowana jest również pompa podająca , której zadaniem jest zbudowanie wymaganego ciśnienia wstępnego dla pompy wysokociśnieniowej. Pompa podająca jest napędzana własnym silnikiem elektrycznym.



Pompa HDP 302 jest kompaktową pompą pięcionurnikową zawierającą unikalny i opatentowany zespół uszczelnienia nurnika. Szczególną zaletą tej pompy jest wysokociśnieniowe uszczelnienie nurnika, które do absolutnego minimum zmniejsza straty wynikające z tarcia oraz zjawisko zużywania się. Gwarantuje to długi okres użytkowania przy najwyższych ciśnieniach.
Wysokociśnieniowy agregat pompowy wyposażony został w zewnętrzną pompę oleju, dzięki czemu możliwa jest praca pompy z prędkościami obrotowymi od 300 obr./min.

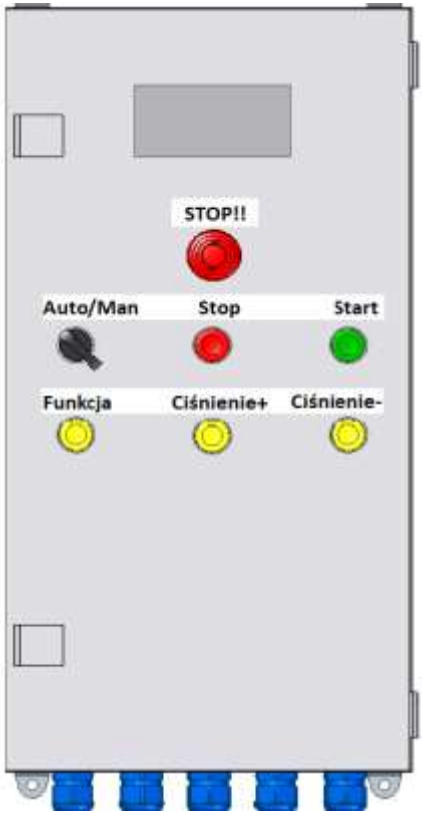


Agregaty wysokociśnieniowe - układ sterowania

Sterownik SP1 – realizuje funkcje kontroli i sterownia agregatu pompowego. Poprzez panel operatorski wyposażony wyświetlacz możliwa jest komunikacja z obsługą oraz zmiana ustawień pracy i pogląd parametrów.

Sterownik SP1 umożliwia:

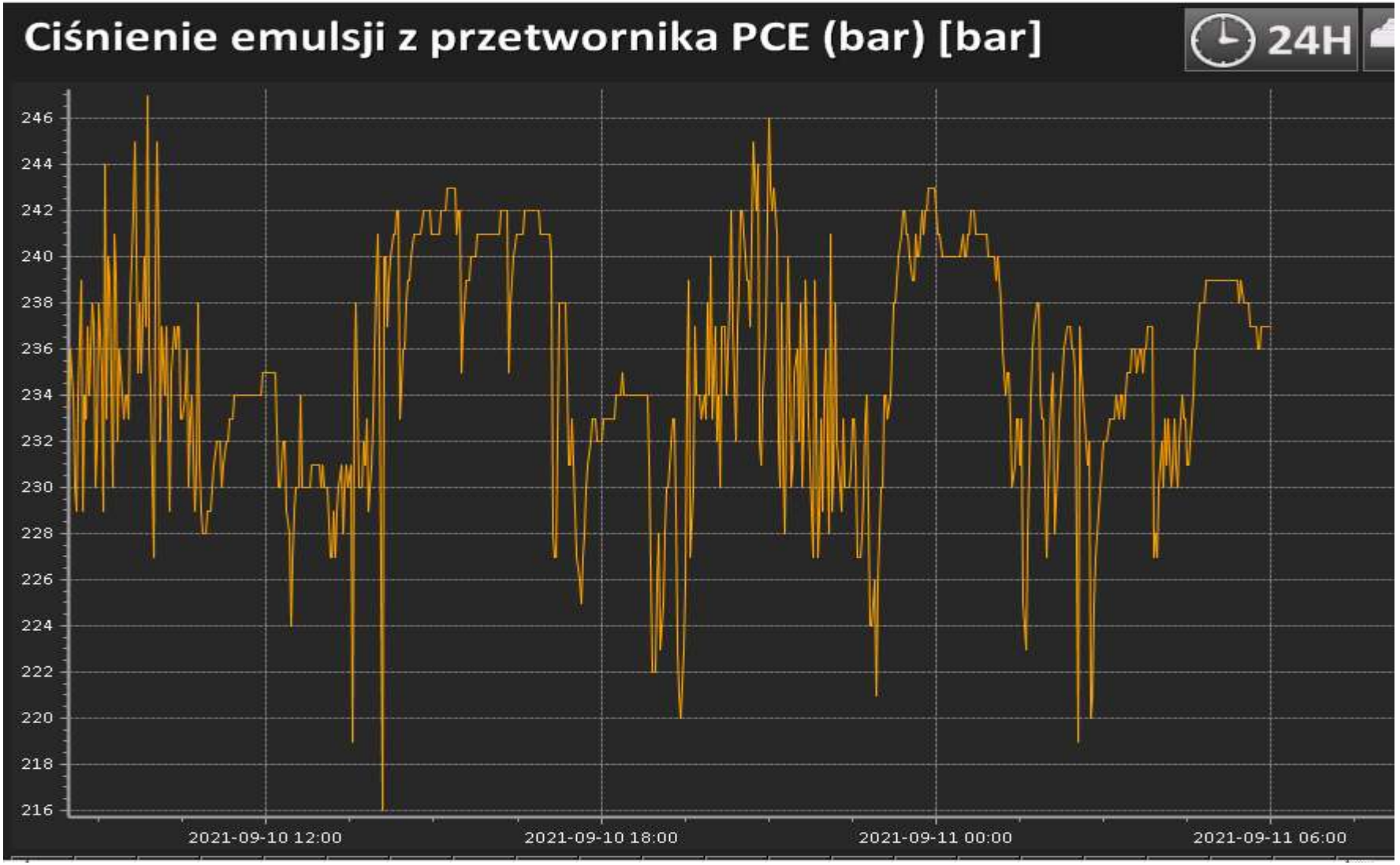
- powiązanie oczujnikowania agregatu pompowego z układem sterowania;
- sterowanie pracą pompy (przelew lub tłoczenie);
- awaryjne zatrzymanie pracy agregatu pompowego w przypadku wystąpienia zadziałania któregokolwiek z czujników;
- awaryjne zatrzymanie agregatu pompowego w czasie ruchu lub zablokowanie przed niekontrolowanym rozruchem np. na czas prowadzenia prac konserwacyjnych, co realizowane jest poprzez grzybkowy przycisk bezpieczeństwa zlokalizowany przy skrzynce rozgałęźnej SK.



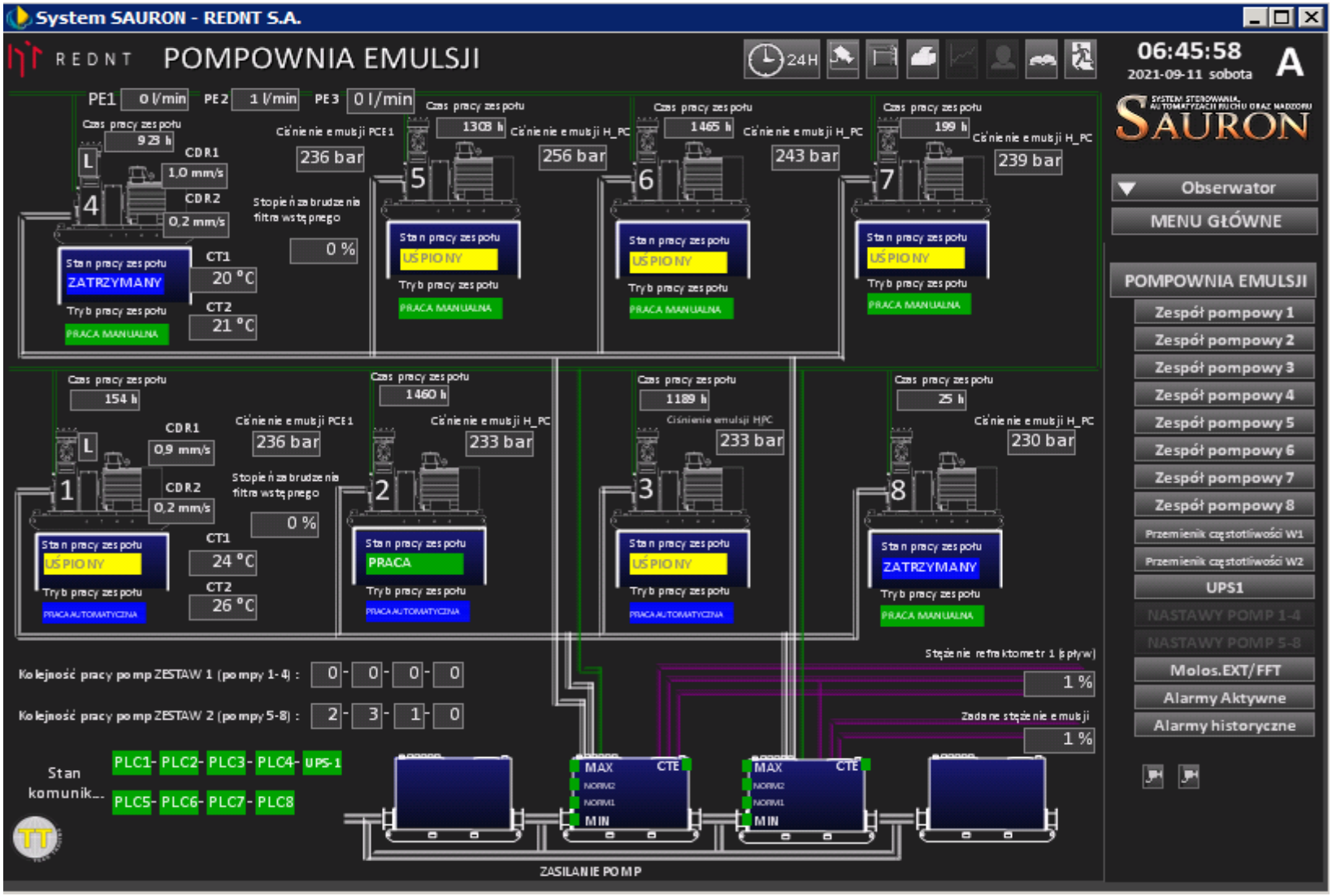
Program sterujący przeznaczony jest do sterowania maksymalnie pięcioma zespołami pompowymi typu WAP. Pracę każdego zespołu pompowego nadzoruje jeden sterownik typu SP1.
Każdy z zespołów pompowych może pracować w jednym z dwóch trybów, wybieranych za pomocą przełącznika obrotowego umieszczonego na elewacji sterownika SP1.
W zależności od położenia przełącznika wyróżnia się dwa tryby pracy:
- **Praca manualna**
W trybie pracy manualnej zespół pompowy pracuje niezależnie od pozostałych zespołów i nie jest włączany do puli pomp pracujących w trybie automatycznym.
- **Praca automatyczna (dostępna jedynie w aplikacjach wielo pompowych)**
W trybie pracy automatycznej praca zespołu pompowego jest zarządzana przez sterownik główny
– **PLC1 Master**. W celu aktywowania możliwości pracy zespołów pompowych w trybie automatycznym należy wybrać w ustawieniach sterownika PLC1 Master na ekranie „**TRYB PRACY STEROWNIKA MASTER**” opcję „**AUTOMATYCZNY”**.
Oprogramowanie sterownika SP1 umożliwia obsługę zespołów pompowych, których silniki napędzające pompę główną zasilane są z przemienników częstotliwości. W takim wypadku oprogramowanie umożliwia regulację prędkości obrotowej silnika a tym samym regulację wydajności pompy wysokociśnieniowej.

Możliwe jest wybranie dwóch typów pracy:
- **RĘCZNY** – w tym trybie użytkownik przy pomocy parametru „*TRYB RĘCZNY STEROWANIAOBROTAMI – ZADANE OBROTY SILNIKA GŁÓWNEGO”* ustawia pożądaną prędkość obrotowa silnika pompy głównej. Zakres regulacji zależny jest od konkretnej aplikacji. W trybie tym sterownik będzie utrzymywał stałą prędkość obrotową silnika przez cały okres pracy.
- **AUTOMATYCZNY** – w tym trybie sterownik automatycznie dopasowuje prędkość obrotową silnika w zależności od zapotrzebowania na emulsję. W przypadku dużego poboru emulsji z magistrali następuje zwiększenie obrotów silnika pompy głównej. Analogicznie w przypadku zmniejszenia poboru następuje obniżenie prędkości obrotowej. Użytkownik przy pomocy parametru „*TRYB AUTOMATYCZNY STEROWANIA OBROTAMI – TRYB PRACY REGULATORA”* ma możliwość wybrania charakterystyki pracy regulatora obrotów. Dostępne opcje:
ŁAGODNY, NORMALNY, AGRESYWNY – określają z jaką szybkością regulator będzie reagował na zmiany zapotrzebowania emulsji. Łagodne nastawy będą zmieniać prędkość obrotową silnika w sposób wolny, tym samym umożliwiając odfiltrowanie chwilowych szybkich zmian w zapotrzebowaniu na emulsję. Agresywne nastawy będą w o wiele szybszy sposób reagować na zmiany tym samym szybciej zmieniając prędkość obrotową silnika.

Wykres ciśnienia emulsji w systemie SAURON



Plansza wizualizacji agregatów w systemie SAURON



Zalety agregatów wysokociśnieniowych - WAP HDP302V wraz z przemiennikami częstotliwości

Zalety zastosowania agregatów wysokociśnieniowych zasilanych przemiennikami częstotliwości :

- łagodny rozruch agregatu wysokociśnieniowego o dużej mocy (brak nadmiernych naprężeń na wale silnika i pompy),
- zastosowanie silników o dużej mocy powyżej 200 KW,
- płynna regulacja wydajności w zakresie od 85-509 dm3/min poprzez zmianę prędkości obrotowej silnika ,
- brak udarów prądowych na połączeniach instalacji zasilania i transformatorach,

Celowość zastosowania agregatów wysokociśnieniowych WAP HDP302V zasilanych z przemienników częstotliwości

Zastosowanie agregatów wysokociśnieniowych WAP HDP302V zasilanych z przemienników częstotliwości pozwala na płynną regulację wydajności w zależności od potrzeb w układzie hydraulicznym emulsji.

Płynna regulacja wydajności eliminuje nam zbyt częste sterowanie elektrozaworem co objawia się dużymi uderzeniami ciśnienia w układzie hydraulicznym.

Przemienniki częstotliwości umożliwiają nam regulację prędkości obrotowej silnika przy zachowaniu stałego momentu obrotowego.
Stały moment obrotowy uzyskujemy jeśli silnik zasilimy ze źródła mogącego zmieniać częstotliwość napięcia f ale zawsze proporcjonalnie do wartości skutecznej napięcia U.

Podsumowanie

Dzięki uzyskanym dotychczas doświadczeniom z agregatami WAP HDP302V nabyliśmy szeroki zakres wiadomości praktycznych.

W przypadku wystąpienia jakichkolwiek problemów, w porozumieniu z producentem zostanie wypracowany wspólny pomysł na ich wyeliminowanie.

Myślę że nabyte doświadczenia pozwolą na zastosowanie w przyszłości podobnych układów do zastosowania w naszej kopalni.

Dziękuję
za uwagę

Flotacja rud miedzi z LGOM w zmiennych warunkach jakościowych wód technologicznych

Flotation of copper ores from LGOM in changing technological water quality conditions

Kajetan Witecki
KGHM CUPRUM Sp. z o. o. Centrum Badawczo-Rozwojowe
Politechnika Wrocławska

Izabela Polowczyk
Politechnika Wrocławska

Przemysław Kowalczuk
Politechnika Wrocławska

STRESZCZENIE: Parametry wód nadosadowych dostarczanych z Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most KGHM Polska Miedź S.A. są jednakowe we wszystkich zakładach wzbogacania rud. Są to wody wtórne dostarczane do procesów wzbogacania będące składową dopływu wód w postaci wód kopalnianych, opadowych i bytowych. Największe dopływy o największym zasoleniu stanowią wody kopalniane dostarczane do obiegu w sposób ciągły i w znacznych ilościach (>40 m3/min). Po doprowadzeniu na powierzchnię wprowadzane są bezpośrednio do układów technologicznych zakładów wzbogacania rud, co w zależności od ilości składników rozpuszczonych może powodować rozcieńcze-nie, lub wzrost stężenia składników w wodach technologicznych wykorzystywanych w zakła-dzie. Zmienność jakości wód kopalnianych i zwrotnych może wpływać na proces flotacji. Mo-że ona wynikać z procesów zachodzących w obiegu jak i czynników zewnętrznych. W pracy przedstawiono wpływ głównych parametrów jakościowych wód technologicznych, obserwowanych w obiegach KGHM Polska Miedź S.A., na proces flotacji oraz ich zmienność.

ABSTRACT: Parameters of the water supplied from the Tailings Storage Facility (TSF) Żelazny Most KGHM Polska Miedź S.A. are equal for each of the ore enrichment plant. These are secondary waters supplied to the enrichment process, which are composed of the water from mine, rainwater and sanitary sewages inflows. The largest contribution with the highest salinity are mine waters, supplied to the circuit continuously in significant quantities (>40 m^3/min). After being pumped to the surface, they are introduced directly into the technological circuit of the ore enrichment plants, which, depending on the amount of dissolved components, may cause dilution or an increase in the concentration of components in the technological waters used in the plant. Variability in the quality of mine and returnable waters can affect the flotation process. It may result from processes occurring internally in water circuit as well as external factors. The

paper presents the impact of the main quality parameters of technological waters, observed in KGHM Polska Miedź S.A., and its variability.

SŁOWA KLUCZOWE: wody technologiczne, zmienność, proces flotacji, LGOM, KGHM Polska Miedź S.A.

KEYWORDS: technological waters, variability, flotation process, LGOM, KGHM Polska Miedź S.A.,

1. WSTĘP

Wody technologiczne wykorzystywane w układach technologicznych zakładów wzbogacania są składową wód dostarczanych do obiegu z różnych dostępnych źródeł. W układach przeróbczych światowych producentów znane są przypadki wykorzystania wód morskich i oceanicznych, wód kopalnianych, wód z rzek i innych źródeł wody słodkiej [1 - 7]. Wzrastające zapotrzebowanie na wody oraz zmniejszające się jej zasoby wymagają wykorzystanie tzw. zamkniętych obiegów wód gospodarowanych w Systemach Gospodarowania Wodami i Odpadami flotacyjnymi (SGWO). System taki stosowany jest również w KGHM Polska Miedź S.A., gdzie odnotowuje się dodatni bilans wodny, z nadmiarem wód odprowadzanym systemem rurociągów zrzutowych do rzeki Odry [8]. Zasilanie obiegu wód technologicznych w KGHM Polska Miedź S.A. opiera się głównie na wodach pochodzących z odwadniania kopalń (ok. 76%), jak również wód pochodzących z opadów atmosferycznych ujmowanych przez Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most. Wody z odwadniania kopalń, w zależności od rejonu stanowią wody wysoko i nisko zmineralizowane. W związku z dopływem wód o wysokim zasoleniu ładunek soli wprowadzany do układu pozostaje dodatni, co powoduje ciągły wzrost zasolenia wód technologicznych. Światowe kopalnie, z których znaczna część znajduje się na terenach charakteryzujących się niedoborem wód, również obecnie zmagają się z pogarszającymi się parametrami jakościowymi wód technologicznych [9]. Znane są więc doświadczenia z zastosowania wód o wysokim zasoleniu w procesach wzbogacania [3, 5, 10, 11]. Badania prowadzone przez wielu autorów wskazują na pewien wspólny mianownik jakim jest wpływ zasolenia na selektywność procesu [2, 5, 12], oraz pozytywny wpływ na właściwości pianotwórcze roztworu [13, 14, 15, 16, 17]. Badania nad wpływem mineralizacji wód na wzbogacalność rud miedzi LGOM prowadzone były już w latach 70-tych [18-21]. Analizy te skupiały się głównie na właściwościach pianotwórczych roztworów zasolonych, oraz wpływu zasolenia na selektywność procesu w zależności od udziału danych frakcji litologicznych w rudzie [18-21]. Występujące w wodach zwrotnych zanieczyszczenia w postaci odczynników flotacyjnych zawracanych do procesu, produktów ich rozkładu, zawieszonych części stałych itp., mogą również znacząco wpływać na warunki prowadzenia procesu flotacji [17, 22-26] W literaturze światowej analizowany był również wpływ innych parametrów chemicznych wód tj. zmienność pH, podwyższonych udział azotów, składników ługowanych ze zdeponowanych odpadów flotacyjnych i innych, które jednak nie mają przełożenia na warunki LGOM [27-32]. Zmienność warunków atmosferycznych jak również warunków eksploatacji, gdzie wraz z głębokością wzrasta zasolenie wód kopalnianych, mogą powodować zmienność warunków jakościowych wód technologicznych wykorzystywanych w procesie flotacji. Należy przyjąć, że potencjalna zmiana warunków ilościowo-jakościowych wód w systemie zakładów przeróbczych może diametralnie wpłynąć na warunki utrzymania obecnych parametrów technologicznych w układach wzbogacania.

2. GOSPODARKA WODAMI KOPALNIANO-PRZEMYSŁOWYMI KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.

2.1. *Opis systemu gospodarowania wodami*

Gospodarka wodami technologicznymi w KGHM Polska Miedź S.A. odbywa się w ramach tzw. Systemu Gospodarowania Wodami i Odpadami flotacyjnymi (SGWO). System ten integruje kopalnie, zakłady wzbogacania rud i OUOW Żelazny Most, umożliwiając kontrolowaną i zgodną z obowiązującym pozwoleniem wodno-prawnym gospodarkę wodami kopalnianymi i technologicznymi, w tym zrzut nadmiaru wód do rzeki Odry oraz bezpieczne unieszkodliwianie odpadów flotacyjnych.W skład SGWO wchodzą 3 kopalnie – dostarczające wody dołowe (kopalniane), 3 zakłady Wzbogacania Rud (O/ZWR) – dostarczające strumień odpadów flotacyjnych i wód kopalniano-technologicznych, Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most, w którym odpady z O/ZWR są deponowane, oczyszczalnia wód zrzutowych oraz instalacja rozprowadzająca wody zrzutowe w Odrze. Wszystkie elementy składowe systemu połączone są ze sobą złożoną siecią rurociągów, umożliwiającą realizację przypisanych systemowi zadań. Całość zadań SGWO oparta jest na hydrotransporcie, realizowanym w oparciu o szereg składowych systemu, odpowiedzialnych za dostarczanie i rozprowadzanie odpadów do i w przestrzeni OUOW Żelazny Most. System ten umożliwia zagospodarowanie całości odpadów flotacyjnych powstających w wyniku wzbogacania rud miedzi; w ilości ok. 30 mln t rocznie. Odpady flotacyjne transportowane są w formie zawiesiny, stanowiącej mieszaninę odpadów flotacyjnych (do 20% wagowych) i różnego rodzaju silnie zasolonych wód, stosowanych w procesie wzbogacania rudy, takich jak: wody kopalniane, wody zwrotne z Oddziału Zakład Hydrotechniczny i inne. Poza funkcją klarowania wody, akwen OUOW Żelazny Most zapewnia także niezbędną retencję wód. Objętość, a także powierzchnia zajmowana przez akwen i plaże zmieniają się w zależności od równowagi ustalającej się pomiędzy dopływami i odpływami wód OUOW. Ze względu na dodatni bilans wodny SGWO konieczne jest pozbywanie się nadmiaru wód, poprzez ich okresowy zrzut do rzeki Odry [8]. Pozostałe odpływy wód stanowią głównie: naturalne parowanie z akwenu OUOW Żelazny Most i z pozostałych elementów systemu wód otwartych (np. Zbiorniki retencyjne, stacje rozrządu itd.), infiltracja w dno i zapory Obiektu i częściowo dalej do wód podziemnych [33], oraz niewielkie straty związane ze specyfiką realizowanych procesów technologicznych. Dwa najważniejsze strumienie dopływów, tj.: wody kopalniane – pochodzące z odwadniania kopalń, oraz; opady atmosferyczne ujmowane przez OUOW Żelazny Most i w znacznie mniejszym stopniu przez OUOW Gilów.

2.2. *Wody technologiczne wykorzystywane w procesie wzbogacania*

Technologia wzbogacania w Oddziale Zakłady Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A. opiera się głównie na wykorzystaniu w procesach przeróbczych wód pochodzących z odwadniania kopalń oraz wód zwrotnych z Oddziału Zakład Hydrotechniczny.Wody kopalniane stanowią objętościowo największy strumień po stronie dopływów (ok. 76%). Na tę grupę wód składają się wody podziemne z Zakładów Górniczych Lubin, Rudna, Polkowice-Sieroszowice. Wody kopalniano-technologiczne wraz z zawrotami wód nadosadowych wykorzystywane są do flotacji w zakładach wzbogacania rud, skąd wraz z odpadami flotacyjnymi trafiają w postaci zawiesiny do OUOW Żelazny Most. Wody kopalniane, ujmowane są w wyrobiskach górniczych, a następnie transportowane systemem rurociągów, osadników, pompowni oddziałowych i rejonowych do pompowni głównego odwadniania, skąd pompowane są rurociągami Transport wód kopalnianych odbywa się dwuetapo, z wykorzystaniem: powierzchniowej i podziemnej sieci transportu wód kopalnianych. Powierzchniowa sieć transportu wykorzystywana jest do

zaopatrzenia w wodę kopalnianą systemu gospodarowania wodami technologicznymi O/ZWR przez co potencjalna zmienność wód kopalnianych oraz ich ilość wprowadzana do systemu wpływa na chemizm wód wykorzystywany w procesie flotacji. Najmniejsze dopływy odnotowuje się w przypadku Pompowni Głównego Odwadniania (PGO) Rudna, które stanowią ok. 20% całości wód kopalnianych, ale ładunek zawartych w nich części rozpuszczonych stanowi 69% ładunku łącznego. W przypadku Polkowic wody wypompowywane stanowią ok. 43% dopływu, przy jednoczesnym udziale 39% części rozpuszczonych w dopływach. Dopływy wody z PGO Lubin stanowią ok. 36%, przy udziale mineralizacji na poziomie 1%. Procentowa zmiana udziału ilościowo-jakościowego poszczególnych strumieni wód kopalnianych w systemie gospodarki wodami w latach 2019-2020 przedstawiona została w tabeli 1.

Tabela 1. Procentowy udział ilości i mineralizacji wód z poszczególnych Oddziałów Zakładów Górniczych KGHM Polska Miedź S.A. w dostarczanych do systemu gospodarki wodami z kopalni
Table 1. Percantage quantity and mineralization of respective KGHM Polska Miedź S.A. mines in waters supplied into water management system

O/ZG	Rok			
	2019		2020	
	Udział dopływów	Udział mineralizacji	Udział dopływów	Udział mineralizacji
Lubin	46%	30%	43%	39%
Polkowice	34%	2%	36%	1%
Rudna	20%	68%	21%	60%

Na wody zwrotne z OUOW Żelazny Most składają się przede wszystkim sklarowane wody nadosadowe, ujmowane w OUOW Żelazny Most oraz – w znacznie mniejszej ilości - wody infiltracyjne z obiektu. Wody zwrotne pod względem mineralizacji są zbliżone swoim składem do wód zrzucanych do rzeki Odry. Wykorzystanie wód zwrotnych w Oddziału Zakłady Wzbogacania Rud (O/ZWR) w ostatnich dwóch latach wyniosło ok. 149 mln m^3, z czego za ok. 50% zużycia odpowiadał O/ZWR rejon Rudna, co związane jest z prawie dwukrotnie większym przerobem tego rejonu w stosunku do pozostałych. Rejon Lubin i Polkowice wykorzystywały po ok. 25% całości wód zwrotnych.

3. WPŁYW PARAMETRÓW JAKOŚCIOWYCH WÓD NA PROCES FLOTACJI

Skład chemiczny wód zależny jest od charakteru rudy, dopływów oraz ich stałości chemicznej [7, 17]. Znane są wody o odczynie alkaicznym wynikającym z alkaicznego charakteru złoża jak i wody o charakterze kwaśnym [15, 29]. Charakter tych wód wpływa na procesy ługowania składników zawartych w odpadach wydobywczych [22, 34]. Co przekłada się również na rozwój bakterii odpowiedzialnych za ługowanie oraz przemiany chemiczne związków znajdujących się w tych wodach [35, 36]. Procesy te skutkują zmianą stężenia poszczególnych składników w wodach technologicznych [22, 37]. Wody wykorzystywane w obiegu wzbogacania KGHM Polska Miedź S.A. charakteryzują pewnymi zmiennymi parametrami jakościowymi wpływającymi na proces flotacji. Opisane poniżej na przykłady odnoszą się do doświadczeń światowych i krajowych.

3.1. *Sole nieorganiczne*

Zasolenie wód wykorzystywanych w procesach wzbogacania opierających się na flotacji jest problematyką skomplikowaną i wynika z wpływu poszczególnych składników rozpuszczonych w wodach technologicznych na właściwości pianotwórcze roztworu, czy właściwości elektrochemiczne powierzchni ziaren mineralnych [4, 5, 12]. Elektrolit wód zasolonych w większości przypadków składa się z rozpuszczonego chlorku sodu, lecz wyróżnia się również inne elektrolity m.in. KCl, $CaCl_2$ [38]. Roztwory solne charakteryzują się wspomnianymi wcześniej właściwościami pianotwórczymi jak również pozytywnym wpływem na uzyskanie stabilnej piany, co zostało potwierdzone przez wielu autorów [10, 39-41]. Pomimo właściwości pianotwórczych roztwory soli nieorganicznych, w przeciwieństwie do odczynników pianotwórczych, stanowią substancje nieaktywne powierzchniowo [4]. W wyniku wprowadzenia do roztworu obu substancji uzyskuje się zatem skomplikowany układu elektrolit-odczynnik pianotwórczy zapobiegając koalescencji pęcherzyków i tworzenie się stabilnej piany [15]. W warunkach polskich złóż rud miedzi badania nad wpływem zasolenia wód na flotację prowadzone były już w latach 70-tych [18], gdzie wykazano jego pozytywny wpływ na pienienie roztworów, a co za tym idzie zmniejszenie zużycia odczynników pianotwórczych, oraz zaobserwowano poprawę efektywności wzbogacania frakcji węglanowej. W okresie tym strumień wód technologicznych do zakładów wzbogacania, ze względu na ujemny bilans wodny w układzie kopalnia-zakład przeróbczy, uzupełniany był wodami z rzeki Odry [21]. Mając to na uwadze Kowalska [19, 20] przeprowadziła serię badań, w których wykazała negatywny wpływ rozcieńczenia wód technologicznych wodami nisko zasolonymi i zaproponowała pewne graniczne wartości stosunku wód świeżych do wód procesowych, w celu utrzymania uzyskiwanych parametrów wzbogacania. Również w pracy Łuszczkiewicza i in. [21] przedstawiono pozytywny wpływ pewnych koncentracji soli na poprawę efektywności wzbogacania węglanowej frakcji rudy lubińskiej.

3.2. *Odczynniki i produkty ich rozkładu*

Wody zwrotne występujące w obiegu zakład przeróbczy-OUOW oraz wewnętrzne obiegi wód z odwadniania koncentratów i odpadów w zakładach wzbogacania, czy stacjach zagęszczania odpadów, mogą zawierać odczynniki flotacyjne, które nie uległy rozkładowi, zmniejszając przez to ich zużycie w procesie [22, 42]. Zawrót odczynników flotacyjnych i ich produktów aktywnych powierzchniowo produktów utleniania i rozkładu do procesu może mieć negatywny wpływ na efektywność flotacji, zmniejszając selektywności procesu [5, 7, 23, 24]. Obecność produktów rozkładu odczynników flotacyjnych zależna jest głównie od pH wód w obiegu, czasu ich retencji, wystawieniu na wpływ promieni słonecznych i temperatury otoczenia [4]. Spadek stężenia ksantogenianów obserwuje się również w wodach zwrotnych w warunkach podwyższonej temperatury oraz dopływu wód świeżych m.in. roztopów [24]. Wykazano również, że ksantogeniany ulegają przyśpieszonemu rozpadowi przy niskim pH [4]. W warunkach alkaiczności roztworu, jaka odnotowywana jest np. w przypadku wód technologicznych KGHM Polska Miedź S.A., stężenie produktów rozpadu ksantogenianów w obiegu wód technologicznych wzrasta [43]. Wpływ czasu retencji wód na stężenie odczynników może być obserwowany w tzw. krótkich obiegach, gdzie wody do procesu odzyskiwane są w procesach rozdziału ciało stałe/woda wykorzystujących różnego rodzaju polimery stosowane do agregowania ziaren mineralnych [23]. Zawrót flokulantów do procesu technologicznego jest niepożądany ze względu na ich wpływ na zwilżalność minerałów hydrofobowych [44].

3.3. *Inne zanieczyszczenia*

W wodach obiegu kopalnia - zakład wzbogacania - OUOW mogą występować również inne zanieczyszczenia wynikające z zastosowanych technologii składowania odpadów, technologii wydobycia, czy technologii wzbogacania [23, 25, 26]. Każdy przypadek wymaga określenia typów zanieczyszczeń mogących znajdować się w wodach obiegowych i wpływających na docelowy proces wzbogacania [7]. Jednym z zanieczyszczeń charakterystycznych dla krótkich obiegów wodnych są części stałe przechodzące do filtratów i przelewów zagęszczaczy w systemach odwadniania koncentratów i odpadów [17]. Zwiększony udział części stałych dotyczy głównie zakładów, przerabiających rudę o bardzo drobnym uziarnieniu minerałów siarczkowych [30, 46]. W przypadku zagęszczaczy zjawisko wyniesienia ziaren odpadów końcowych, czy koncentratów, występuje głównie w warunkach obniżonych temperatur, gdzie w wyniku wzrostu gęstości i lepkości wody spada efektywność sedymentacji [47, 48]. Zawrót ziaren do procesu obciąża układ technologiczny, powodując straty i zubożenie koncentratu, jak również może powodować oblepianie hydrofobowych powierzchni mineralnych zmniejszając efektywności flotacji [49].

4. WNIOSKI

Doświadczenia światowych i polskich producentów koncentratów podstawowych – w tym miedzi – oraz badania nad wpływem chemizmu wód na efektywności procesu flotacji, wskazują na to, że zmiana warunków ilościowo-jakościowych wód w systemie zakładów przeróbczych może diametralnie wpłynąć na warunki utrzymania obecnych parametrów technologicznych. Powszechne zastosowanie obiegów zamkniętych dodatkowo wpływa na kumulację zanieczyszczeń w wodach technologicznych. Parametry wód mogą zmieniać się okresowo w wyniku działania czynników zewnętrznych i wewnętrznych (m.in. temperatury, opadów, roztopów) oraz procesów zachodzących w układzie (m.in. ługownia odpadów, procesów biochemicznych), jak również zmieniać się w zależności chemizmu wód wprowadzanych do obiegu. Zastosowanie systemów predykcji i kontroli w zmiennych warunkach parametrów wód technologicznych, może zapewnić utrzymanie, lub poprawę efektywności procesu wzbogacania.

LITERATURA

[1] Rao S.R., Finch J.A., 1989. A review of water re-use in flotation. Minerals Engineering, 2(1), 65-85.

[2] Slatter K.A., Plint N.D., Cole M., Dilsook V., De Vaux D., Palm N., Oostendorp B., 2009. Water management in anglo platinum process operations: Effects of water quality on process operations. In Proceedings of the International Mine Water Conference, Pretoria, South Africa, 19–23 October 2009, 46–55.

[3] Moreno P A, Aral H, Cuevas J, Monardes A, Adaro M, Norgate T & Bruckard W 2011. The use of seawater as process water at Las Luces copper-molybdenum beneficiation plant in Taltal (Chile). Minerals Engineering 24(8) pp 852–858.

[4] Castro S., Laskowski J.S., 2011. Froth Flotation in Saline Water. KONA Powder and Particle Journal, 29, 4-15.

[5] Jeldres R I , Forbes L, Cisternas L A 2016. Effect of Seawater on Sulfide Ore Flotation: A Review. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review 37(6) pp 369-384.

[6] Manono M., Corin K., Wiese J., 2018. Perspectives from literature on the influence of inorganic electrolytes present in plant water on flotation performance. Physicochem. Probl. Miner. Process., 54(4), 1191-1214.

[7] Ng'andu D.E., 2001. The effect of underground mine water on performance of the Mufulira flotation process. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, 101(7), 367-380.

[8] Witecki K., Grotowski A., 2019. Technical, technological and environmental aspects of the management of technological waters in mines and concentrators owned by KGHM Polska Miedź S.A. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 641. Mineral Engineering Conference (MEC 2019) 16–19 September 2019, Kocierz, Beskid Mały, Poland.
[9] Jian-ming C., Run-qing L., Wei S i Guan-zhou Q., 2008. Effect of mineral processing wastewater on flotation of sulfide minerals. Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 19, 454-457.
[10] Quinn J. J., Kracht W., Gomez C. O., Gangon C. i Finch J. A., 2007. Comparing the effect of salts and frother (MIBC) on gas dispersion and froth properties. Mineral Engineering, 20, 1296-1302.
[11] Yousef A. A., Arafa M. A., Ibrahim S. S. i Khalek M. A., 2003. Beneficiation in Arid Regions – Simulation and Application. Proceedings of XXII International Mineral Processing Congress (Cape Town, RPA).
[12] Laskowski J., 1969. Chemia fizyczna w procesach mechanicznej przeróbki kopalin. Wydawnictwo Śląskie, Katowice
[13] Castro S., Venegas I., Landero A., Laskowski J.S., 2010. Frothing in seawater flotation systems. Proc. XXV Int. Mineral Processing Congress, Brisbane, 4039-4047.
[14] Castro S., Ramos O., Cancino J.P. i Laskowski J.S., 2012a. Frothing in the Flotation of Copper Sulfide Ores in Sea Water. Water in Mineral Processing – Proceeding of The First International Symposium. Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
[15] Castro S., Toledo P. and Laskowski J.S., 2012b. Foaming Properties of Flotation Frothers at High Electrolyte Concentration. Water in Mineral Processing – Proceeding of The First International Symposium. Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
[16] Laskowski J.S., Castro S., Ramos O., 2014. Effect Of Seawater Main Components On Frothability In The Flotation Of Cu-Mo Sulfide Ore. Physicochem. Probl. Miner. Process. 50(1), 17−29.
[17] Muzenda E., 2010. An investigation into the Effect of Water Quality on Flotation Performance. International Journal of Chemical and Molecular Engineering, 4(9), 562-566.
[18] Lekki J., Laskowski J.S., 1975. Wpływ chlorku sodu w wodach kopalnianych LGOM na flotację rudy miedzi. Physicochem. Probl. Miner. Process, 5(1):115–123.
[19] Kowalska M., 1976. Badanie wpływu wody z rzeki Odry na wyniki flotacji rudy polkowickiej. Sprawozdanie ZD Cuprum w Lubinie Nr 3/TP/76.
[20] Kowalska M., 1978. Wpływ jakości wody technologicznej na wskaźniki wzbogacania w ZG ZWR Rudna. Sprawozdanie ZD Cuprum w Lubinie.
[21] Łuszczkiewicz A., Bakalarz A. i Duchnowska M., 2017. The effect of process water salinity on flotation of copper ore from Lubin mining region (SW Poland). Konferencja Inżynierii Mineralnej, 18, 1-6.
[22] Le T.M.K., Schreithofer N., and Dahl O., 2020. Dissolution Test Protocol for Estimating Water Quality Changes in Minerals Processing Plants Operating with Closed Water Circulation. Minerals, 10, 653, pp 2-18.
[23]Castro S., Laskowski J.S., 2015. Depressing effect of flocculants on molybdenite flotation. Minerals Engineering, 74, 13-19.
[24] Muzinda I., Chreithofer N., 2018. Water quality effects on flotation: Impacts and control of residual xanthates. Minerals Engineering 125, 34–41.
[25] Mattila K., Zaitsev G., Langwaldt J., 2007. Biological removal of nutrients from mine waters. Biologinen ravinteiden poistokaivosvesistä. Final report—loppuraportti. Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi
[26]K. S. E. Forssberg, and M. I. Hallin, "Process Water Reticulation in a Lead-Zinc Plant and other Sulphide Flotation Plants," in Proc, Symp. Challenges in Mineral Processing, K. V. S. Sastry and M.C. Fuerstenau, Ed, Society of Mining Engineers, 1989.
[27] Foroutan A., Abadi M.A.Z.H., Kianinia Y. & Ghadiri M., 2021. Critical importance of pH and collector type on the flotation of sphalerite and galena from a low-grade lead–zin ore. Scientific Reports, 11.
[28] Zanin M., Lambert H., du Plessis C.A., 2019. Lime use and functionality in sulphide mineral flotation: A review. Minerals Engineering 143
[29] Abbassi R., Khan F., Hawboldt K., 2009. Prediction of Minerals Producing Acid Mine Drainage Using a Computer-Assisted Thermodynamic Chemical Equilibrium Model. Mine Water Environ 28,74–78.

[30] Häyrynen K., Pongrácz E., Väisänen V., Pap N., Mänttäri M., Langwaldt J., Keiski R.I., 2009. Concentration of ammonium and nitrate from mine water by reverse osmosis and nanofiltration. Desalination, 240(1–3), 280-289.
[31] Hellman M., Bonilla-Rosso G., Widerlund A., Juhanson J., Hallin S, 2019. External carbon addition for enhancing denitrification modifies bacterial community composition and affects CH4 and N2O production in sub-arctic mining pond sediments. Water Research, Volume 158, 22-33.
[32] Dzingai, M., Manono M.S., Corin K.C., 2021. Probing the Effect of Water Recycling on Flotation through Anion Spiking Using a Low-Grade Cu–Ni–PGM Ore: The Effect of NO3−, SO42− and S2O32−. Minerals, 11(4), 340.
[33] Witczak S., Duda R, 2009. Zagrożenie i ochrona wód podziemnych w rejonie składowiska Żelazny Most – model krążenia wód w składowisku i podłożu. Geologia, 35(2/1), 289-295.
[36] Zhang R., Hedrich S., Römer F., Goldmann D., SchippersA., 2020. Bioleaching of cobalt from Cu/Co-rich sulfidic mine tailings from thepolymetallic Rammelsberg mine, Germany. Hydrometallurgy, 197.
[37] Jermakka J., Wendling L., Sohlberg E., Heinonen H., Merta E., Laine-Ylijoki J., Kaartinen T. & Mroueh U.M., 2015. Nitrogen compounds at mines and quarries. Sources, behaviour and removal from mine waters. Report number: VTT Technology 226.
[38] Suyantara G.P.W., Hirajima T., Miki H., Sasaki K., 2018. Floatability of molybdenite and chalcopyrite in artificial seawater. Minerals Engineering 115, 117–130.
[39] Craig, V.S.J., Ninham, B.W., Pashley, R.M., 1993a. Effect of electrolytes on bubble coalescence. Nature 364, 317.
[40] Craig, V.S.J., Ninham, B.W., Pashley, R.M., 1993b. The effect of electrolytes on bubble coalescence in water. J. Phys. Chem. 97 (39), 10192–10197.
[41] Del Castillo, L.A., Ohnishi, S., Horn, R.G., 2011. Inhibition of bubble coalescence: effects of salt concentration and speed of approach. J. Colloid Interface Sci. 356 (1), 316–324
[42] Lin S., Liu L., Wu M., Hu Y., Sun W., Shi Z., Han H., Li W., 2019. Minimizing beneficiation wastewater through internal reuse of process water in flotation circuit. Journal of Cleaner Production, 245, 118898.
[43] Shen Y., Nagaraj D.R., Farinato R., Somasundaran P., 2016. Study of xanthate decomposition in aqueous solutions. Minerals Engineering, 93, 10–15.
[44] Beaussart, A., Parkinson, L., Mierczynska-Vasilev, Beattie, A., 2012. Adsorption of modified dextrins on molybdenite: AFM imaging, contact angle, and flotation studies. J. Colloid Interface Sci. 368, 608–615.
[45] Farrow J.B., Fawell P.D., Mittoni L., Nguyen T.V., Rudman M., Simic K., Swift J.D., 2003. Techniques and methodologies for improving thickener performance. Proceedings: XXII International Mineral Processing Congress, Cape Town, South Africa.
[46] Wang P., Sun Z., Hu Y., Cheng H., 2019. Leaching of heavy metals from abandoned mine tailings brought by precipitation and the associated environmental impact. Science of the Total Environment, 695.
[47] Chlot S., Widerlund A., Siergieiev D., Ecke F., Husson E., Öhlander B., 2011. Modelling nitrogen transformation in waters receiving mine effluents. Science of the total Environment 409, , 4585-4595
[48] Miller M., 2018. Thickener design, control and development. Conference: ALTA, Perth, Australia.
[49] Jeldres R.I.., Uribe L., Cisternas L.A., Gutierrez L., Leiva W.H., Valenzuela J., 2019.. The effect of clay minerals on the process of flotation of copper ores – A critical review. Applied Clay Science 170, 57–69.

Komputerowe wspomaganie projektowe w procesie produkcji, modernizacji i remontów obudów zmechanizowanych w Polskiej Grupie Górniczej S.A. Oddział Zakład Remontowo-Produkcyjny

Computer projecting support in the proces of production, modernization and renovation of powered roof supports at Polska Grupa Górnicza S.A. / Zakład Remontowo-Produkcyjny

Dorota Zajic
ZRP PGG S.A.

Jan Gil
ZRP PGG S.A.

STRESZCZENIE: Wykorzystanie metod projektowania przestrzennego 3D oraz wytrzymałościowych obliczeń numerycznych, z zastosowaniem metody elementów skończonych (MES) umożliwia zweryfikowanie powstających nowoczesnych sekcji obudów zmechanizowanych w dziale Konstrukcyjnym Zakładu Remontowo-Produkcyjnego. Niniejszy referat poświęcony jest prowadzonym w Zakładzie procesom projektowym i prezentuje powstanie, modernizację i remonty sekcji obudów zmechanizowanych przy użyciu systemów CAD, MES (ANSYS) oraz własnego programu obliczeniowego PrsLAB. Zakład specjalizuje się w zakresie projektowania i optymalizacji konstrukcji obudów zmechanizowanych dla określonych wymagań górniczych, z uwzględnieniem bezpieczeństwa i efektywności ekonomicznej.

SŁOWA KLUCZOWE: zmechanizowana obudowa ścianowa, wspomaganie komputerowe,

ABSTRACT: The use of 3D spatial design methods and strength numerical calculations, using the finite element method (FEM), makes it possible to verify the creation of modern sections of powered roof supports in the Construction Department of the Renovation and Production Plant. This paper is focused on the Department's design processes and presents the creation, modernisation and renovation of powered roof support sections using CAD, FEM (ANSYS) and the Department's own PrsLAB calculation programme. The plant specialises in the design and optimisation of powered roof support structures for specific mining requirements, taking into account safety and economic efficiency.

KEYWORDS: power roof support, computer projecting support

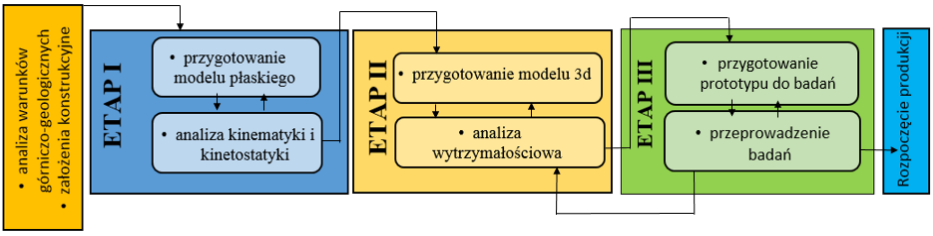
1. WPROWADZENIE

Przed konstruktorami zmechanizowanych obudów stawiane są coraz to większe wymagania, związane między inni z bezpieczeństwem. Ściany wydobywcze prowadzone są coraz głębiej, w związku z tym, wraz z głębokością eksploatacji i wzrostem koncentracji wydobycia, nasilają się zagrożenia górnicze.

Działalność Zakładu Remontowo-Produkcyjnego obejmuje remonty, modernizację oraz produkcję nowych obudów według własnych projektów. Celem podjętych przez ZRP działań jest przede wszystkim poprawa bezpieczeństwa pracy w podziemnych wyrobiskach ścianowych przy jednoczesnej racjonalizacji kosztów.

2. PROCES KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PROJEKTOWEGO PRZY TWORZENIU NOWEJ OBUDOWY

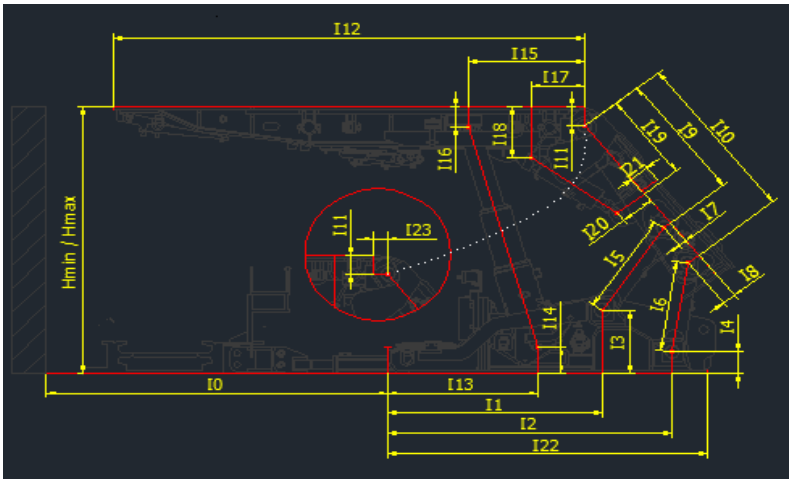
Cały proces tworzenia nowej sekcji obudowy zmechanizowanej można podzielić na kilka etapów *(rys.1)*. Przed rozpoczęciem projektowania obudowy zmechanizowanej należy określić warunki górniczo-geologiczne panujące w danym polu eksploatacyjnym, z zastosowaniem teorii dopuszczalnego ugięcia warstw stropowych i dociążenia wyrobiska ścianowego w wyniku wstrząsu górotworu. Należy również określić założenia konstrukcyjne, w praktyce będące wymaganiami klienta.



Rys.1. Etapy procesu projektowania obudowy zmechanizowanej
Figure 1. Stages in the design process of powered roof supports

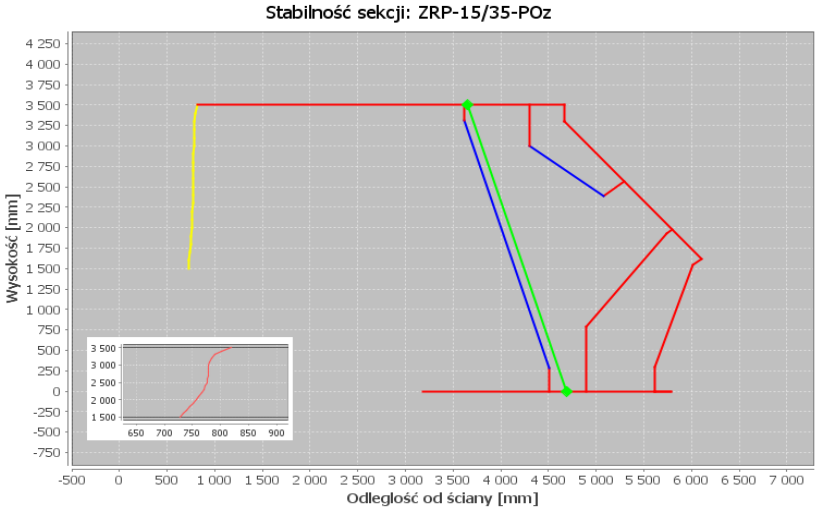
Podczas tworzenia nowych obudów Zakład Remontowo-Produkcyjny wykorzystuje takie narzędzia jak: AutodeskInventor oraz ANSYS. Ponadto zakład opracował własny program obliczeniowy o nazwie PrsLab (skrót od ang. – Powered RoofSupportLaboratory), który umożliwia analizę cech geometrycznych oraz sił wewnętrznych dla dowolnego modelu zmechanizowanej obudowy. Dane modelu należy podać w postaci wymiarów poszczególnych elementów konstrukcji tj. stropnicy, spągnicy, łączników przedniego i tylnego oraz osłony odzawałowej, których oznaczenie przedstawia *(rys.2)*. Projektując nową obudowę wymiary te należy oszacować (w przypadku modernizacji konstrukcji wstępne wymiary są znane), mając na uwadze zakres roboczy. Proces projektowy rozpoczyna się od sprawdzenia i obliczenia geometrii łańcucha kinematycznego obudowy (*rys.3)*, wyznaczonego w uproszczeniu jako model płaski o dwóch stopniach swobody, zbudowany z ośmiu członów sztywnych, połączonych dziewięcioma parami przesuwnymi. Model ten jest niezbędny do wyznaczenia podporności i sił działających w obudowie [2].

Program przedstawia pełny zakres podpory, pozwala uzyskać dane pełnej geometrii pracy układu wraz z minimalnymi i maksymalnymi kątami jakie będzie mogła osiągnąć stropnica podczas pracy w zdefiniowanym zakresie.



Rys.2. Widok programu PrsLab przedstawiający oznaczenia nadane poszczególnym wymiarom łańcucha kinematycznego obudowy
Figure 2. PrsLab view showing the designation given to the individual dimensions of the support kinematic chain

Wykonane obliczenia są podstawą do wyznaczenia kształtu ścieżki odsłonięcia stropu, która została zaznaczona na (*rys.3).*



Rys.3. Schemat łańcucha kinematycznego modelu wejściowego z zaznaczoną ścieżką otwarcia stropu w pełnym zakresie pracy
Figure 3. PrsLab view showing the designation given to the individual dimensions of the support kinematic chain

Po wyznaczeniu geometrii łańcucha kinematycznego i wprowadzeniu danych podpornościowych stojaka i podpory wyznaczone zostają parametry fizyczne obudowy: podporność, siły wewnętrzne działające w obudowie, kąt nachylenia stropnicy, kąt tarcia lub siły oddziaływujące na osłonę odzawałową.

Program PrsLab pozwala również wyznaczyć: naciski średnie metodą Jackson'a dla stropnicy i spągnicy oraz:

- momenty zginające i siły poprzeczne dla stropnicy, spągnicy i osłony odzawałowej;
- naprężenia w stropnicy, spągnicy, osłonie odzawałowej, łącznikach przednim i tylnym;
- stosunek podziału długości stropnicy;
- określa stabilność sekcji.

Etap kończy się uzyskaniem schematu sekcji wraz z charakterystyką jej pracy, który wstępnie określa wymiary elementów projektowanej obudowy. Należy zwrócić uwagę na to, że o ile stworzenie ręcznie modelu działającego w określonym zakresie jest wykonalne, to jednak znalezienie konstrukcji, która spełni przyjęte założenia może być bardzo czasochłonne lub wręcz niemożliwe. Z uwagi na czasowe ograniczenie procedur obejmujących cykl projektowania, pozyskanie materiałów, planowanie produkcji, oraz realizację badań, ważne jest aby etap ten przebiegał szybko i efektywnie.

Program PersLab wspomaga prace konstruktora doskonale sprawdzając się w opracowaniu prototypu obudowy. Pozwala na szybkie i łatwe otrzymywanie wyników oraz wspiera proces projektowania. Po wprowadzeniu danych w zaledwie kilkanaście sekund użytkownik otrzymuje zestaw danych wyjściowych, niezbędne do dalszej analizy. W przypadku, gdy otrzymane dla przyjętego modelu wyniki są niezadowalające, wystarczy wprowadzić zmiany w danych wejściowych i powtórzyć obliczenia. Dodatkowo zaimplementowany moduł optymalizacji układu pozwoli na automatyczne wyszukanie odpowiedniego rozwiązania konstrukcyjnego.

3. PROTOTYPOWANIE WIRTUALNE W DZIALE KONSTRUKCYJNYM ZRP

Model geometryczny tworzony jest w środowisku oprogramowania inżynierskiego CAD. Program AutodeskInventor umożliwia parametryzację cech konstrukcyjnych obudowy zmechanizowanej, jak i położenia zespołów względem siebie.

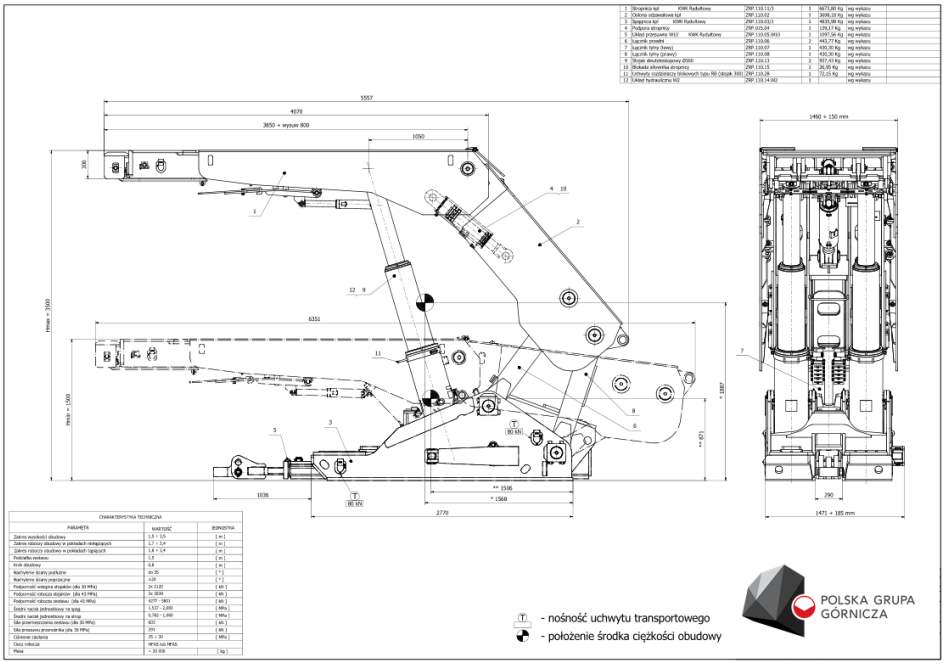
Oprogramowanie to daje możliwość wizualnego sprawdzenia pracy obudowy w jej pełnym zakresie wysokościowym. Pomaga również zweryfikować ewentualną kolizję elementów, jak i podzespołów obudowy z innymi maszynami kompleksu ścianowego. Na podstawie modelu 3D *(rys.4)* powstaje dokumentacja konstrukcyjna *(rys.5)* , będąca podstawą wykonania prototypu.

Przestrzenna wizualizacja ułatwia także szczegółowe uzgodnienie rozwiązania z przyszłym użytkownikiem. Ewentualne uwagi uwzględniane są w projekcie, a następnie powstaje dokumentacja konstrukcyjna, będąca podstawą wykonania prototypu. Nadzór nad wykonaniem prototypu, pozwala na korektę ewentualnych błędów oraz poprawę technologiczności konstrukcji.



Rys.4. Model 3D sekcji obudowy zmechanizowanej ZRP-15/35-POz wykonany w programie Autodesk Inventor

Figure 4. Model 3D of application of Autodesk Inventor software: geometrical model of ZRP- 15/35-POz powered roof supports



Rys.5. Dokumentacja konstrukcyjna obudowy zmechanizowanej ZRP-15/35-POz

Figure 5. Drawing documentation of ZRP-15/35-POz powered roof supports

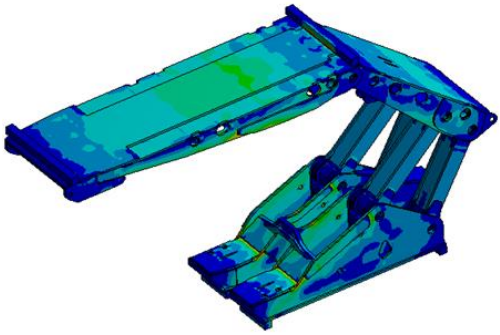
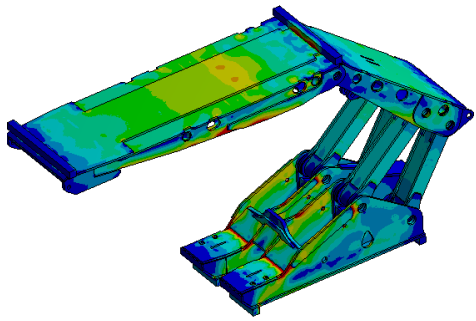
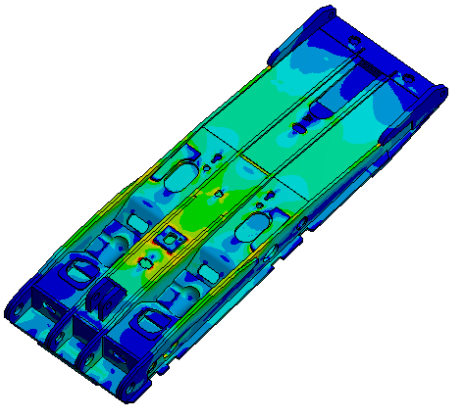
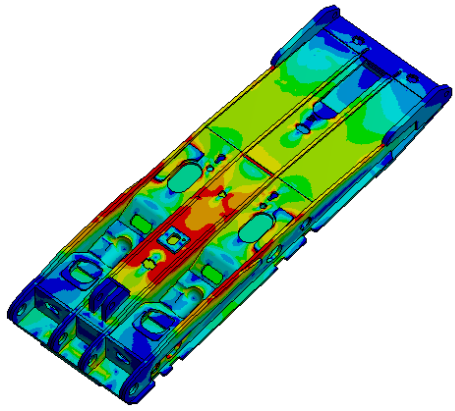
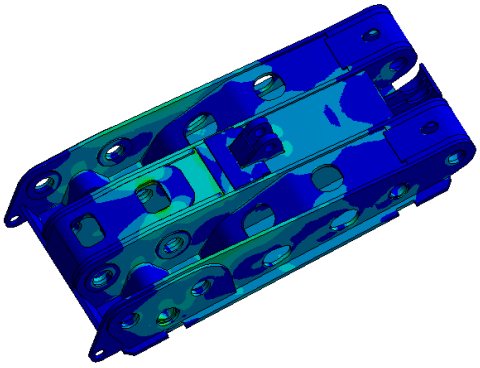
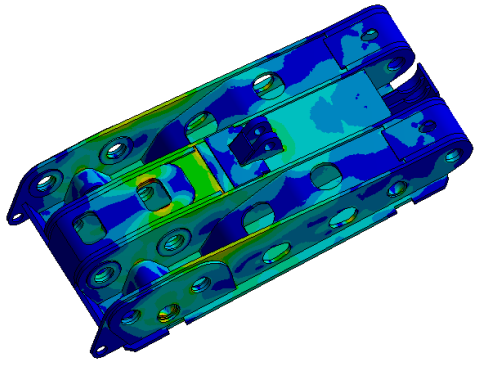
W kolejnym etapie model jest odpowiednio przygotowywany do analiz wytrzymałościowych. Usuwane zostają wszelkie elementy, nie mające istotnego znaczenia przy przenoszeniu obciążeń przez konstrukcję. Są to osłony, sfazowania, podcięcia, uchwyty do podwieszania przewodów hydraulicznych, itp. Do najbardziej rozpowszechnionych metod weryfikacji pod względem wytrzymałościowym, należy Metoda Elementów Skończonych (MES). Utworzony model obiczeniowy składa się z kilku do kilkuset tysięcy elementów i obejmuje jej podstawowe części (stropnica, łączniki lemniskatowe spągnica) połączne za pomocą przgubu. Przygotowny model zostaje wgrany do oprogramowania ANSYS. Po zaczytaniu wirualnego modelu 3D należy odpowiednio uzbroić symulację.

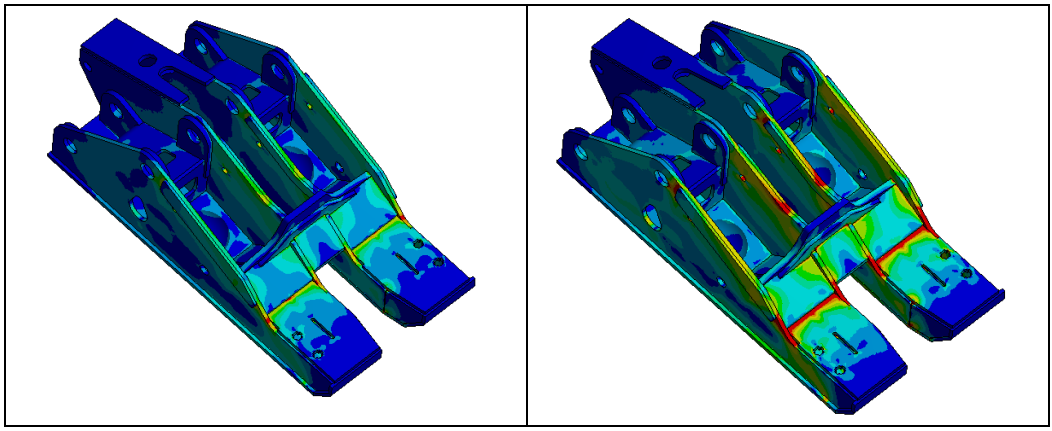
Zastosowane rozwiązania mają znaczący wpływ na czas i jakoś obliczeń. Najczęściej jest to stymulacja liniowa , tzn. zostają użyte liniowe kontakty oraz liniowy model materiałowy, gdzie każdy element zostaje potraktowany jako ciało jednolite, izotropowe. Aby uzyskać taki efekt poszczególne blachy, podzespoły badanych elementów zostały pozbawione wszystkich stopni swobody, po za osią obrotu. Następnie odpowiednie elmenty obudowy zostają umocowane w przestrzeni za pomocą węzłów do belki.

Bardzo ważnym krokiem jest stworzenie siatki. Źle dobrane parametry mogą mieć znaczący wpływ na poprawność otrzymanych wyników oraz czas obliczeń.

Ostatnim etapem jest nadanie odpowiednich sił o zadanej wartości oraz odpowiednim kącie. Wartości określane są one za pomocą oprogramowania PrsLab stworzonego przez ZRP. Po nadaniu odpowiednich współczynników można odczytać wyniki. Wyniki analizy wytrzymałościowej obudowy wykonany w programie ANSYS (rys.6) dla obudowy ZRP-15/35- mają postać barwnych map, naniesionych na siatkę elementów skończonych. Mapy te obrazują w których miejscach i po jakiej liczbie cykli nastąpi pęknięcie. Do porównania użyto przypadku normowego o 1,2 – krotności siły nominalnej oraz przypadku symulującego wstrząs/tąpnięcie o 2 – krotności siły nominalnej. Naprężenia krytyczne przekraczające 690 [MPa] oznaczono kolorem czerwonym. Przeprowadzone analizy z 2 – krotnością siły nominalnej znacznie pogorszyły wyniki wytrzymałościowe badanej obudowy. W zależności od zastosowanych podpór w newralgicznych obszarach pola naprężeń przekraczających 690 [MPa] rozszerzyły się. Porównując wyniki przeprowadzonych analiz określonych normowo, z wynikami symulującymi wstrząs, można wskazać obszary wymagające przeanalizowania pod względem konstrukcyjnym. Każdy obszar przekraczający próg naprężeń należy odpowiednio przeanalizować. W niektórych przypadkach odpowiednią zmianą będzie zwiększenie grubości blach, dodanie nowych lub zastosowanie blach o większej trwałości. Jeżeli modyfikacje blach nie dadzą oczekiwanego rezultatu w niektórych przypadkach konieczne będzie zastosowanie innego rozwiązania konstrukcyjnego. Każdą dokonaną zmianę należy ponownie podać analizie.

Pokazane przypadki mogą obrazować skutki wystąpienia wstrząsu górotworu. Należy pamiętać, że symulacje przeprowadzane z 2 – krotnością siły nominalnej mają charakter badawczy. Warunki te określa norma PN-EN 1804-1+A1:2011[4]. Należy podkreślić, że stworzona konstrukcja wg. aktualnych norm zapewnia bezpieczeństwo podczas pracy. Nawet przy 2-krotnej sile nominalnej obszar gniazd nie został naruszony. W połączeniu z pracą stojaków i zaworów spustowych konstrukcja w pełni spełnia swoją ochronną rolę. Dzięki przeprowadzonym analizom uzyskane informacje mogą zostać użyte do przygotowania konstrukcji zmechanizowanej obudowy zdolnej wytrzymać wstrząsy górotworu. Numeryczna analiza zmęczeniowa rozszerza zakres możliwości wirtualnego prototypowania nowych obudów zmechanizowanych w aspekcie niezawodności i trwałości. Otrzymane wyniki z analiz są czytelne i łatwe do interpretacji, co w znacznym stopniu przyczynia się do modyfikacji i optymalizacji zaprojektowanej sekcji.

Próba o obciążeniu 1,2-krotności siły nominalnej	Próba o obciążeniu 2-krotności siły nominalnej
	
	
	



Rys.6. Wynik analizy wytrzymałościowej obudowy wykonany w programie ANSYS
Figure 6. Result of strength analysis of the support structure in ANSYS

Integracja modelowania geometrycznego w programach CAD z obliczeniami wykonanymi w programach MES pozwala na analizy wytrzymałościowe całych maszyn. Przyśpiesza to w nacznym stopniu tworzenie nowych konstrukcji. Głównym celem obliczeń zmęczeniowych jest zapewnienie bezpiecznej pracy elementów maszyn i konstrukcji, przy zapewnieniu jak najniższych kosztów ich wytwarzania i eksploatacji. Mininmalizacja kosztów łączy się z doborem odpowiednich materiałów i kształtów projektowanych części.

4. TYPY OBUDÓW ZMECHANIZOWANYCH ZAPROJEKTOWANYCH DLA POTRZEB PGG S.A.

Wykonany przez Zakład Remontowo-Produkcyjny prototyp jest przedstawiany przyszłemu użytkownikowi, a jego uwagi uwzględniane są w dokumentacji konstrukcyjnej nowej sekcji obudowy zmechanizowanej. Następnie prototyp (rys.6.) podawany jest badaniom w akredytowanym laboratorium.

Badania prowadzone są zgodnie z wymaganiami dyrektywy [3] maszynowej oraz norm zharmonizowanych. Ewentualne zmiany po badaniach uwzględniane są w dokumentacji konstrukcyjnej, a jeżeli jest to konieczne do prototypu. Pozytywny wynik badań jest podstawą do wystąpienia do Jednostki Certyfikującej o wydanie Certyfikatu Badania Typu WE. Taki system działania pozwala potwierdzić, iż obudowa wykonana zgodnie z dokumentacją, jest w pełni sprawdzona pod względem bezpieczeństwa jej użytkowania.



Rys.7. Prototyp obudowy ZRP-15/35-POz na stanowisku badawczym TLO Opava
Figure 7. View of ZRP-15/35-POz support in the test stand in TLO Opava

W Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym są projektowane i wykonywane sekcje obudów zmechanizowanych, które zaspokoiły potrzeby PGG S.A.: ZRP-15/35-POz, ZRP-15/35-POz/BSN, ZRP-19/41-POz, ZRP-19/41-POz/BSN, ZRP-15/42-POz, ZRP-15/42-POz/BSN, ZRP-12/24-POz, ZRP 12/24-POz/BSN.

Nieodłącznym etapem cyklu życia produktu, jakim jest sekcja górniczej obudowy zmechanizowanej, są jej procesy remontowe. Po zakończonym biegu ściany wszystkie sekcje obudowy są poddane gruntownej kontroli, w celu wskazania uszkodzeń, a następnie wdrożenia odpowiednich procesów remontowych. Celem tych procesów jest przywrócenie sekcją ich pierwotnych parametrów technicznych, tak aby mogły one zostać ponownie wykorzystane w nowym wyrobisku górniczym. Programy CAD wspierają również procesy remontowe, wskazują miejsca w konstrukcji sekcji wymagające wzmocnienia czy w szczególnych wypadkach przekonstruowania. Są również wykorzystane celem ustalenia prawdopodobnych przyczyn powstałych uszkodzeń, np. w wyniku wstrząsu górotworu.

5. PODSUMOWANIE

Zakład Remontowo-Produkcyjny dokonał weryfikacji i standaryzacji obudów zmechanizowanych, poprzez zaprojektowanie czterech typów obudów ze względu na podział:

- dla ścian niskich ZRP-12/24-POz,
- dla ścian średnich ZRP-15/35-POz
- dla wysokich ZRP-15/42-POz, ZRP-19/41-POz.

Na dzień dzisiejszy w kopalniach Polskiej Grupy Górniczej S.A. pracuje 1105 szt. nowych sekcji obudów zmechanizowanych wykonanych wg dokumentacji ZRP. Do czerwca 2021 roku w Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym wyremontowano 7396 szt. oraz zmodernizowano 7085 szt. obudów zmechanizowanych zgodnie z dokumentacją techniczną, w pełni zabezpieczając potrzeby kopalń Polskiej Grupy Górniczej.

Dzięki wykorzystaniu nowoczesnych programów komputerowych procesy produkcji, modernizacji i remontów przebiegają sprawnie, a produkt spełnia wszystkie wymogi bezpieczeństwa.

Zakład Remontowo-Produkcyjny pełni podstawową rolę w gospodarce remontowej Polskiej Grupy Górniczej.

6. LITERATURA

[1]. Praca zbiorowa pod redakcją Kazimierza Stoińkiego: Zmechanizowane obudowy ścianowe dla warunków zagrożenia wstrząsami górotworu. GIG Katowice 2018.
[2]. P.Czarnota, T.Karczewski: Komputerowe wspomaganie projektowania zmechanizowanych obudów ścianowych według metody ZRP KW S.A.; CKI, Rybnik 2016r.
[3]. Dyrektywa maszynowa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniającą dyrektywę 95/16/WE
[4]. PN-EN 1804-1+A1:2011 Maszyny dla górnictwa podziemnego – Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej – Część 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne.

POLSKA GRUPA GÓRNICZA

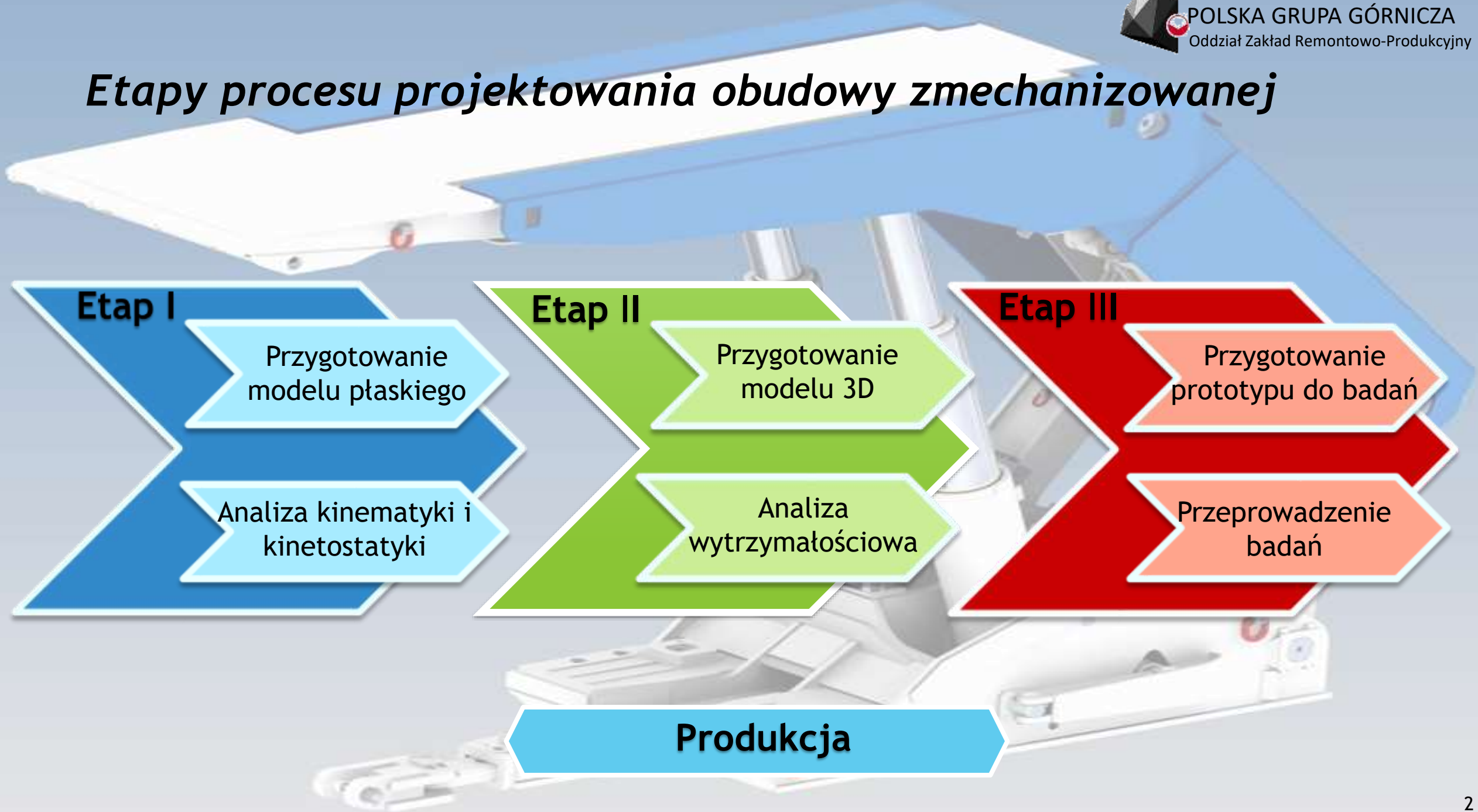
ODDZIAŁ ZAKŁAD REMONTOWO-PRODUKCYJNY

Komputerowe wspomaganie projektowe w procesie produkcji, modernizacji i remontów obudów zmechanizowanych w Polskiej Grupie Górniczej S.A. Oddział Zakład Remontowo-Produkcyjny

Dorota ZAJIC
Jan GIL

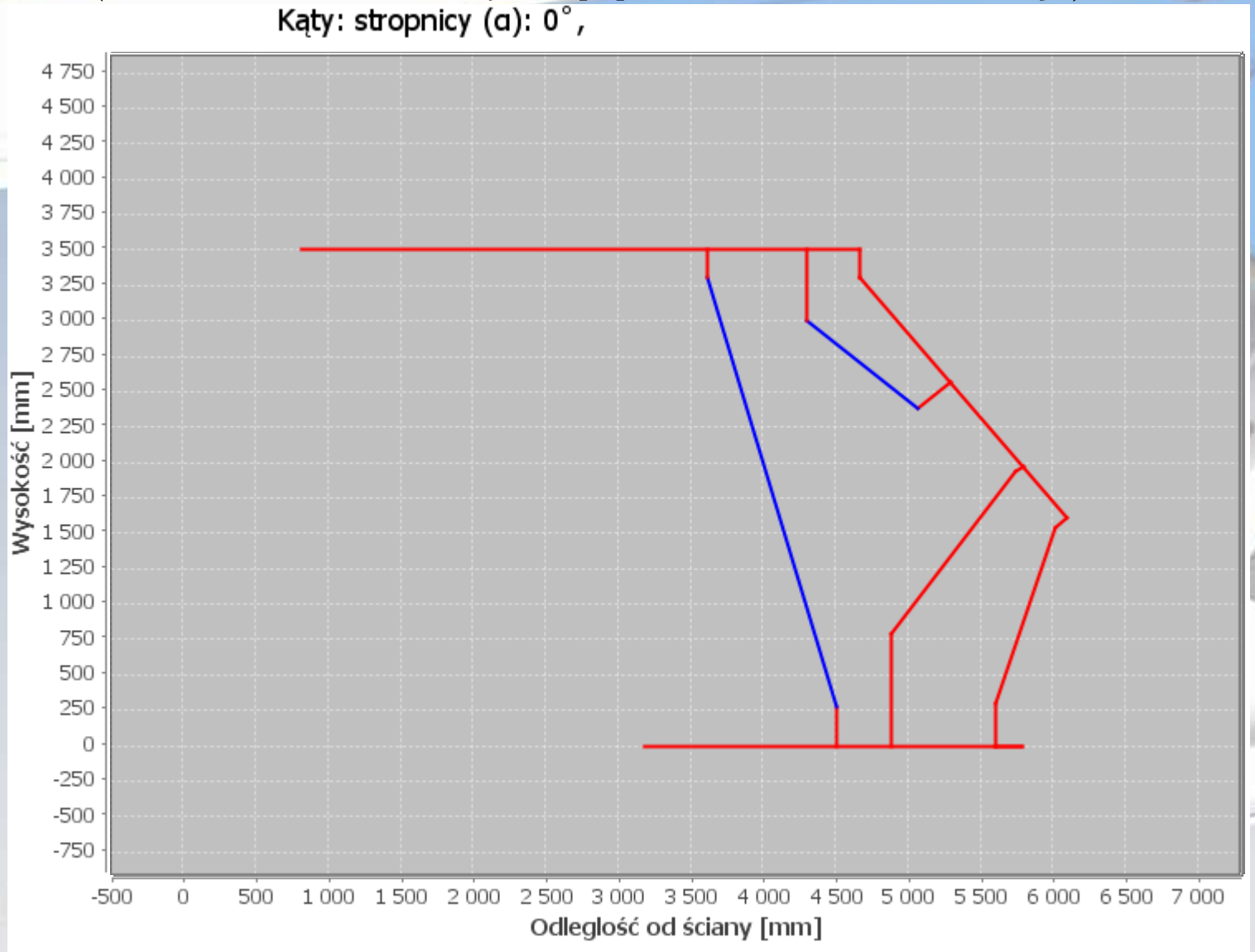
Kraków 2021

Etapy procesu projektowania obudowy zmechanizowanej



Etap I

Możliwości obliczeniowe programu PrsLab (Powered RoofSupportLaboratory)



Fab-podporność sekcji
P1-siła działająca na stropnicę (przód)
P2-siła działająca na stropnicę (tył)
F-siła w przegubie stropnicy
L1-siła działająca na lemniskat (przedni)
L2-siła działająca na lemniskat (tylny)
R1-siła działająca na spąg (przód)
R2-siła działająca na spąg (tył)

Prototypowanie wirtualne Autodesk Inventor

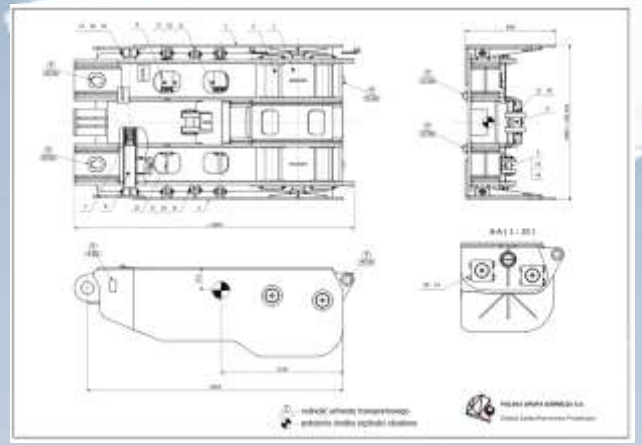
Etap II

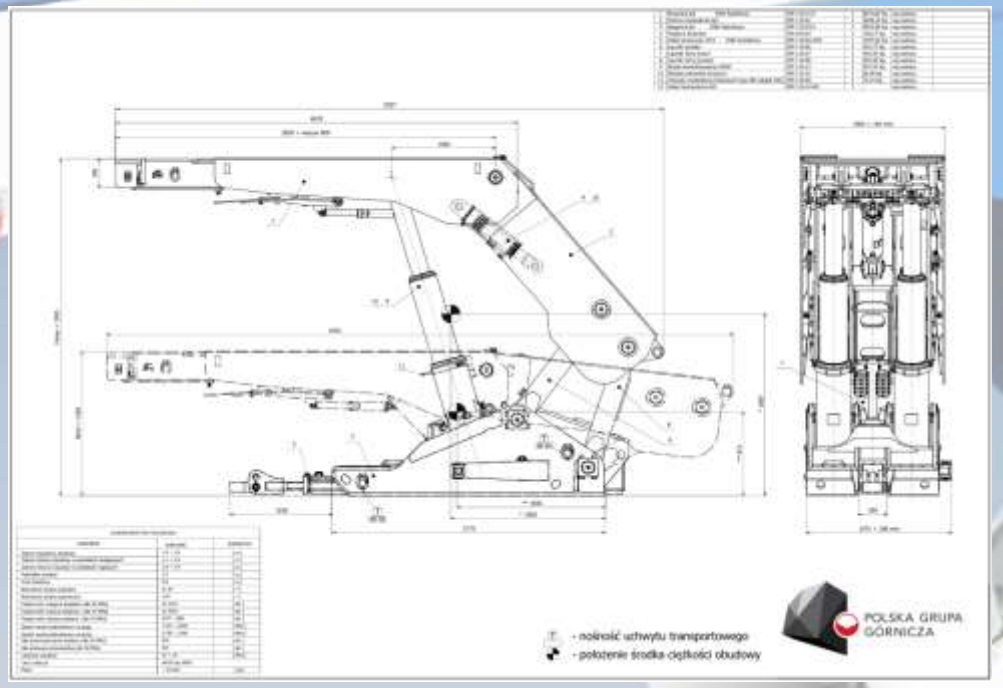
- ✓ Wykluczenie kolizji poszczególnych elementów sekcji
- ✓ Wykluczenie kolizji z innymi maszynami kompleksu ścianowego
- ✓ Sprawdzenie pracy obudowy w pełnym jej zakresie

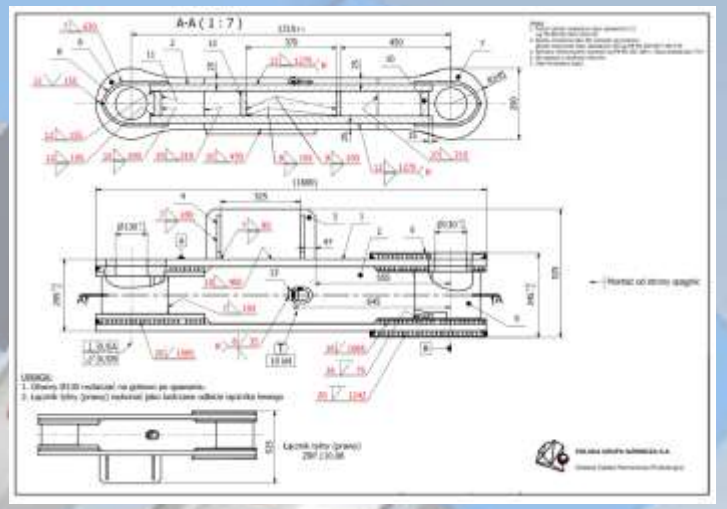


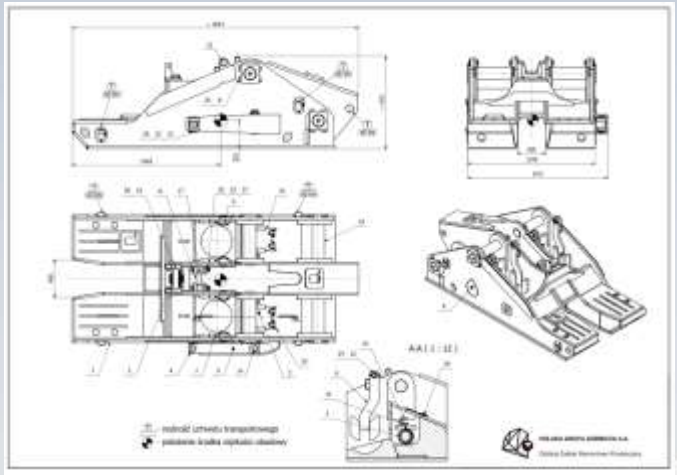
Etap II

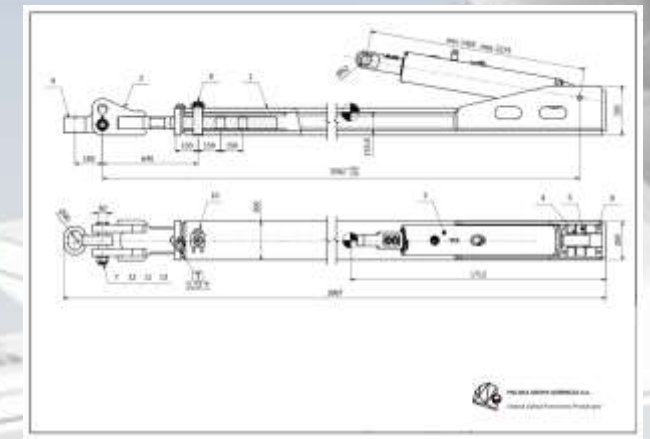
Dokumentacja konstrukcyjna

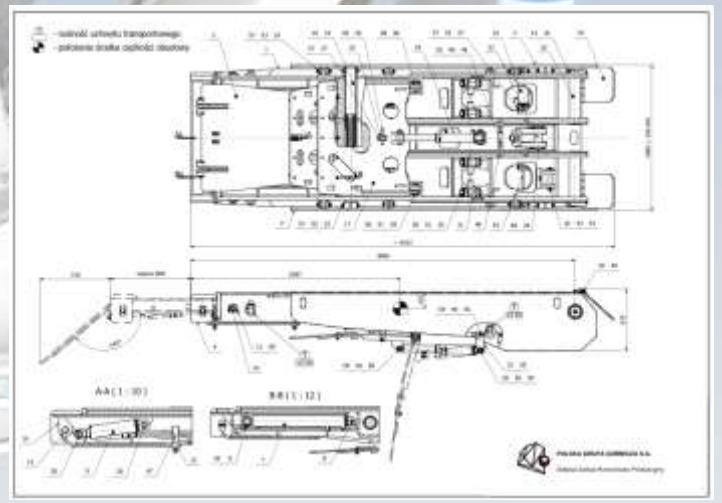












Etap II

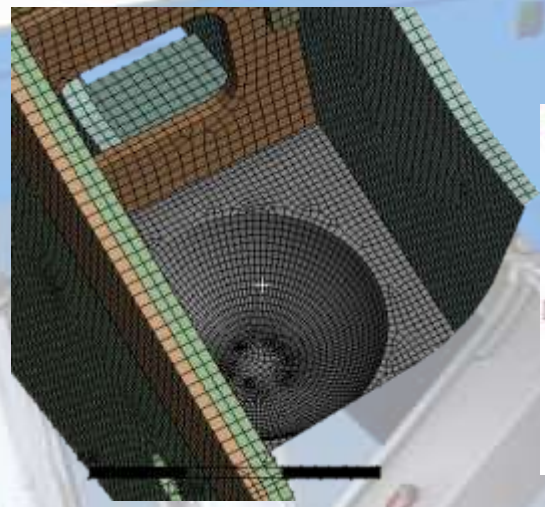
Analiza wytrzymałościowa w programie ANSYS

Przygotowanie modelu do analiz wytrzymałościowych: usunięcie osłon, fazowań, karbów, podcięć, uchwytów itp.

Zdefiniowanie właściwości materiałowych oraz warunków brzegowych: podparcie, obciążenie zewnętrzne, siły działające na konstrukcję

Rodzaj analizy : liniowa

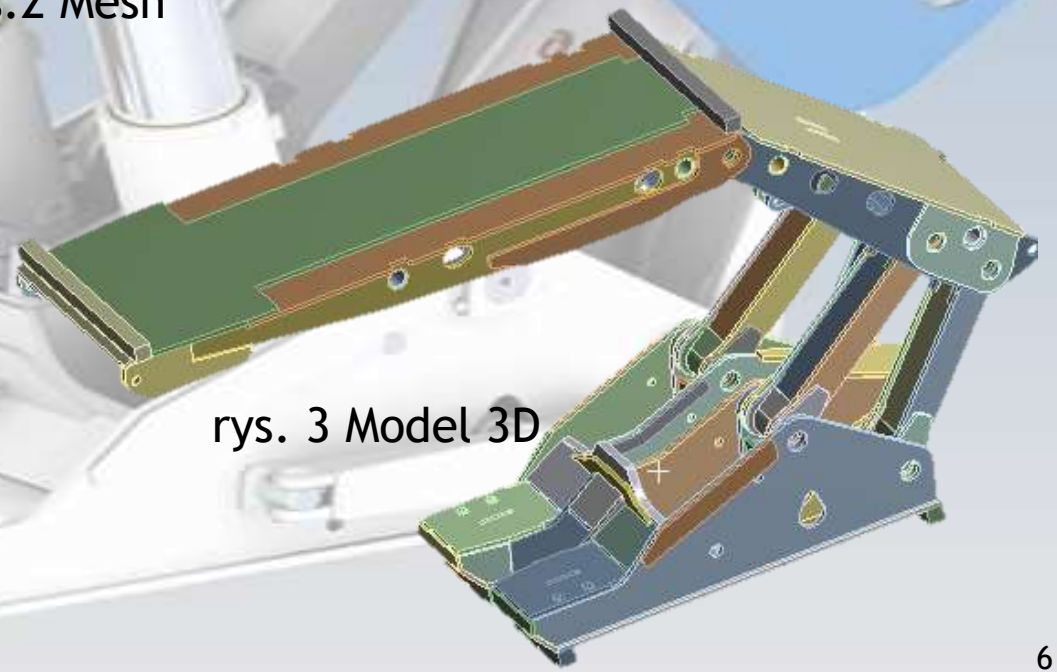
Tworzenie siatki w miejscach, gdzie możemy się spodziewać koncentracji naprężeń



rys.2 Mesh

rys.2 Warunki brzegowe



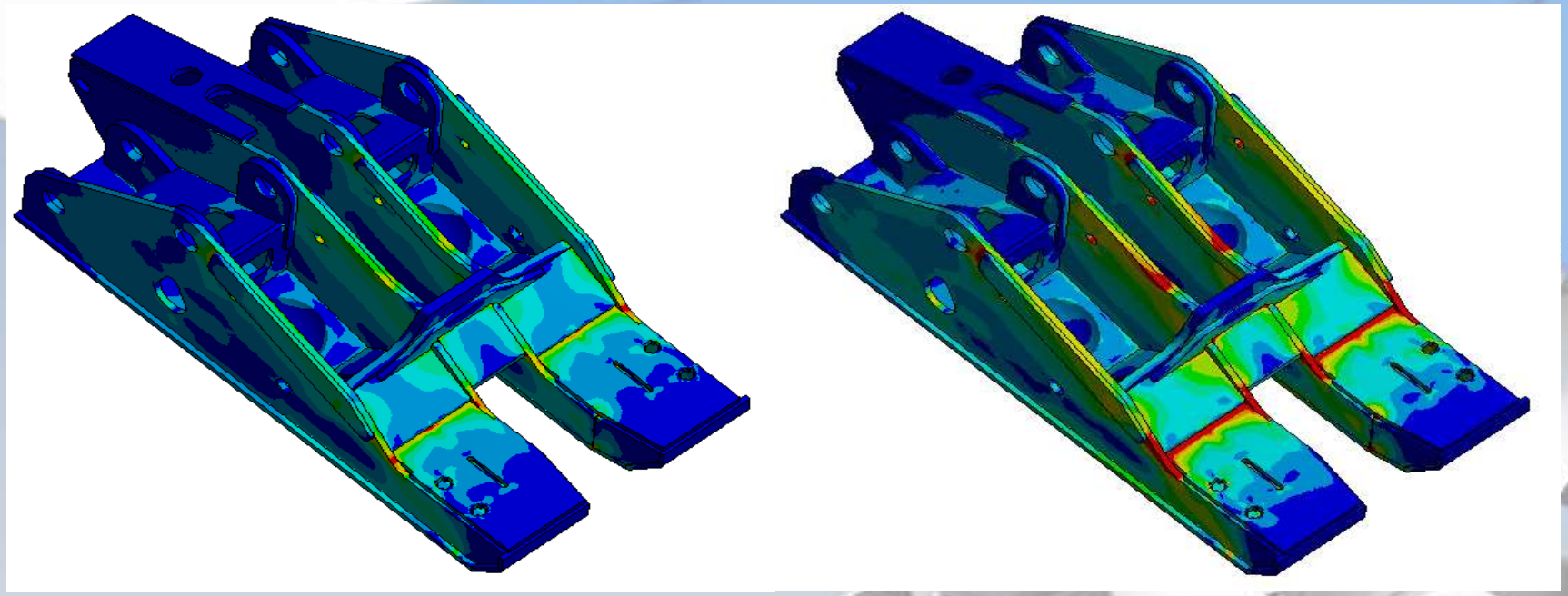


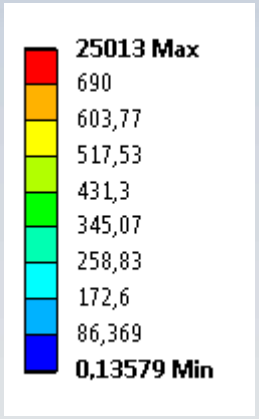
rys. 3 Model 3D

Etap II *Zestawienie wyników w programie ANSYS*

1,2 krotność siły nominalnej (normowy)

2 krotność siły nominalnej (symulacja wstrząsu)





Etap III

Powstanie prototypu



rys. Prototyp obudowy ZRP-15/35-POz na stanowisku badawczym TLO Opava



TECHNICKÉ LABORATOŘE OPAVA, spółka akcyjna
Laboratorium badań
Laboratorium badań nr 1322 akredytowane przez CAI według CSN EN ISO/IEC 17025
L 1322

PROTOKÓŁ BADAŃ
nr A-ZP-2973/18

Przedmiot badań :	ZRP-15/35-POz wersja I
Numer rysunku :	ZRP.110.00.I
Zamawiający :	Polska Grupa Górnicza Sp. z o.o. Oddział Zakład Remontowo-Produkcyjny Ul. Granitowa 132, 43-155 Bieruń, Polska
Producent :	Polska Grupa Górnicza Sp. z o.o. Oddział Zakład Remontowo-Produkcyjny Ul. Granitowa 132, 43-155 Bieruń, Polska
Data zamówienia (SOD) :	5117/0608: ZL-5444/18
Próbki do badań :	Sekcja zmechanizowanej obudowy ZRP-15/35-POz wersja I-1 szt
Data dostawy :	08.01.2018
Sposób dostawy :	Dostarczone przez producenta
Postępowanie :	ČSN EN 1804-1+A1 załącznik A
Miejsce przeprowadzenia badań:	Laboratorium badań obudowań górniczych firmy TECHNICKÉ LABORATOŘE OPAVA, spółka akcyjna
Data badań :	08.01.2018 do 17.01.2018
Protokół badań zawiera :	ilość stron : 35 Ilość stron załączników : 1 Ilustracje 42 CD disk 0

Wynik badań dotyczy tylko przedmiotu poddawanego badaniom. Bez zgody pisemnej wydanej przez Laboratorium badań nie wolno reprodukować protokołu w sposób inny niż w całości.
Protokół badań wydany jest w wersji czeskiej i polskiej. W razie wątpliwości decydujące znaczenie ma wersja czeska.



Jednostka Opiniująca, Atestująca i Certyfikująca Wyroby TEST Sp. z o.o.

CERTYFIKAT BADANIA TYPU WE
Nr TEST/7/MD/2018

(2) Niniejszy certyfikat potwierdza, że przedstawiony do oceny typ wyrobu został zaprojektowany i wykonany zgodnie z zasadniczymi wymaganiami w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa określonymi w Dyrektywie 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn.

(3) Nazwa i adres producenta:
Polska Grupa Górnicza S.A.
Oddział Zakład Remontowo - Produkcyjny
ul. Granitowa 132
43-155 Bieruń

(4) Nazwa wyrobu:
Zmechanizowana Obudowa Ścianowa
Typ:
ZRP-15/35-POz sekcja liniowa
wyk. w wersji I wg rys. nr ZRP.110.00.I oraz wersji II wg rys. nr ZRP.110.00.II
ZRP-15/35-POz/BSN sekcja skrajna
wyk. w wersji I wg rys. nr ZRP.110.00.BSN.I oraz
wersji II wg rys. nr ZRP.110.00.BSN.II

(5) Niniejszy certyfikat odnosi się tylko do oceny, badań i testów przedstawionego typu wyrobu zgodnie z Dyrektywą 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r.
Certyfikat nie obejmuje wymagań Dyrektywy dotyczących procesu produkcji i wprowadzania wyrobu do obrotu.

(6) Wyniki przeprowadzonych badań wyrobu zostały wyszczególnione w Protokołach z badań: Nr A-ZP-2973/18 z dnia 15.03.2018 r., Nr A-ZP-3002/18 z dnia 25.04.2018 r. i Nr A-ZP-2844/17 z dnia 11.09.2017 r.

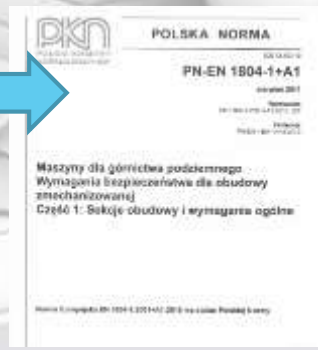
(7) Ocenę, wykaz dokumentów i sprawozdań z badań, stanowiących podstawę wydania niniejszego certyfikatu, zawarto w poufnym raporcie z oceny wyrobu Nr TEST/RW/18/18/ZM/2018 z dnia 27.04.2018 r.

(8) Niniejszy Certyfikat może być rozpowszechniany tylko w formie niezmienionej. Częściowe odtwarzanie i rozpowszechnianie niniejszego certyfikatu jest niedozwolone.

(9) Certyfikat zachowuje ważność w okresie od 30.04.2018 r. do 29.04.2023 r.

Strona 1 z 3

PARLAMENT EUROPEJSKI



POLSKA NORMA
PN-EN 1804-1+A1
Maszyny dla górnictwa podziemnego
Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej
Część 1: Sekcje obudowy i wymagania ogólne



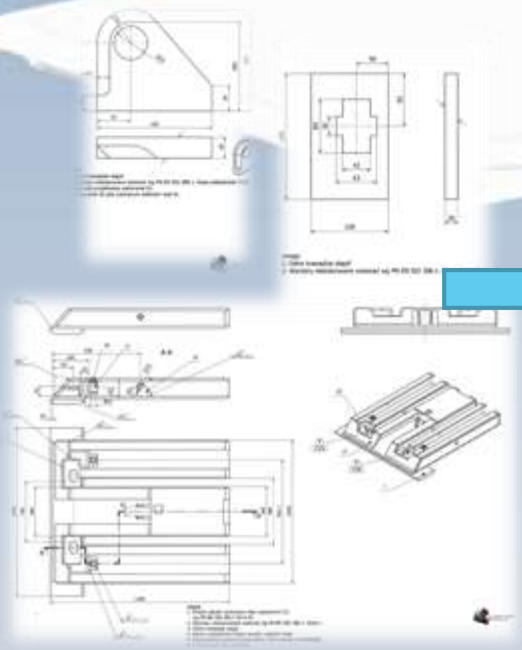
POLSKA NORMA
PN-EN 1804-2+A1
Maszyny dla górnictwa podziemnego
Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej
Część 2: Stojaki i pozostałe siłowniki



POLSKA NORMA
PN-G-32010
Górnicze napędy i sterowania hydrauliczne
Węże i przewody hydrauliczne z gumy wzmocnione drutem

PN-EN 1804-1+A1:2011 PN-EN 1804-2+A1:2012 PN-EN-G-32010

Procesy remontowe







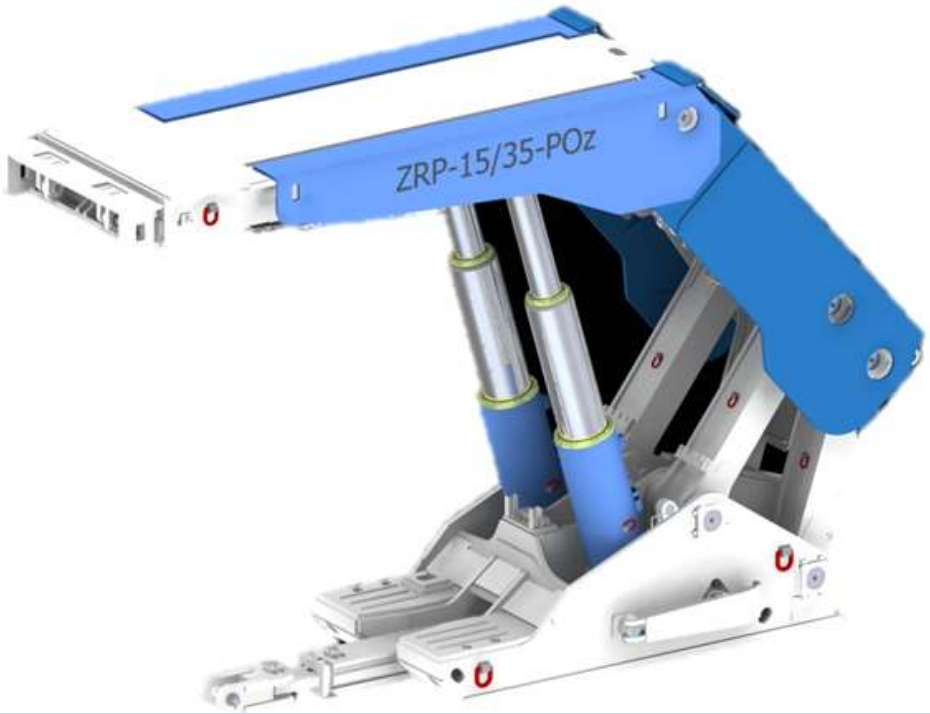




Programy typu CAD usprawniają również procesu remontowe, których celem jest przywrócenie sekcją ich pierwotnych parametrów technicznych.

Standaryzacja sekcji

ZRP-15/35-POz

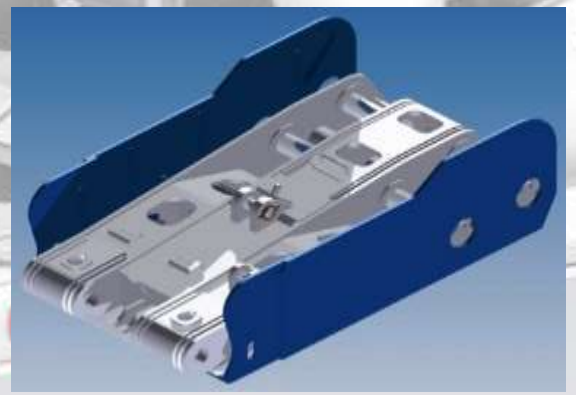




ZRP-15/35-POz



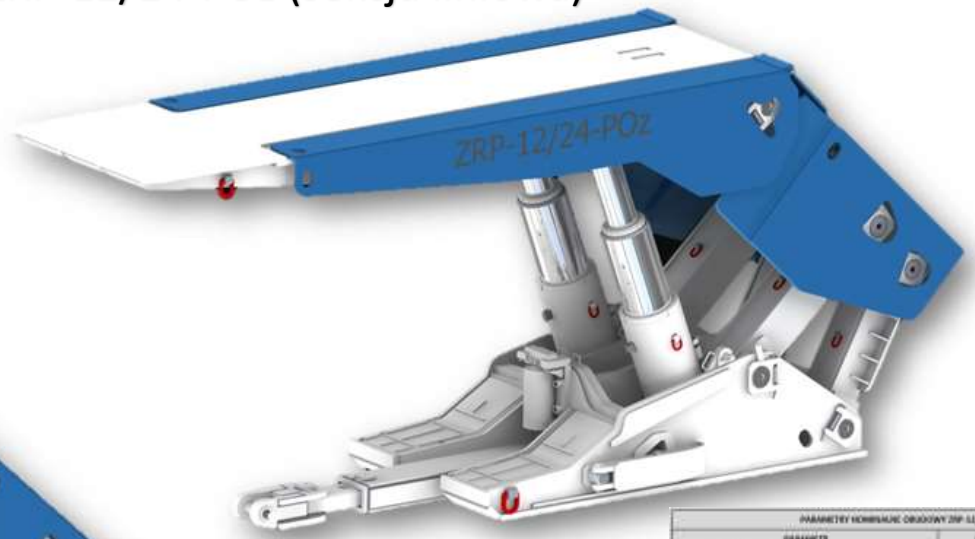




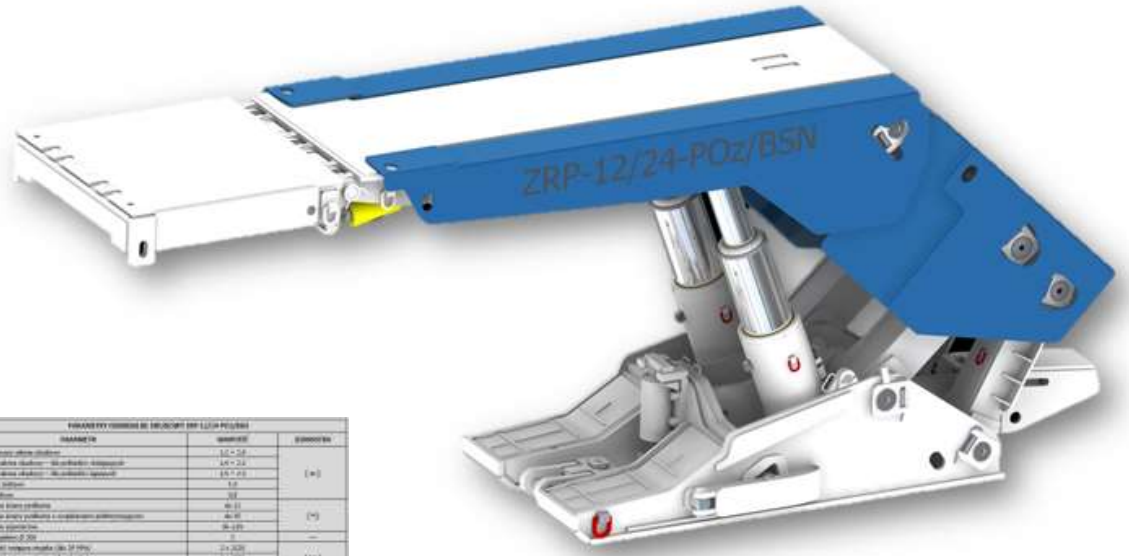
Typy obudów zmechanizowanych zaprojektowanych na potrzeby PGG S.A. w Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym

Ściany niskie

ZRP-12/24-POz (sekcja liniowa)



ZRP-12/24-POz/BSN (sekcja skrajna)

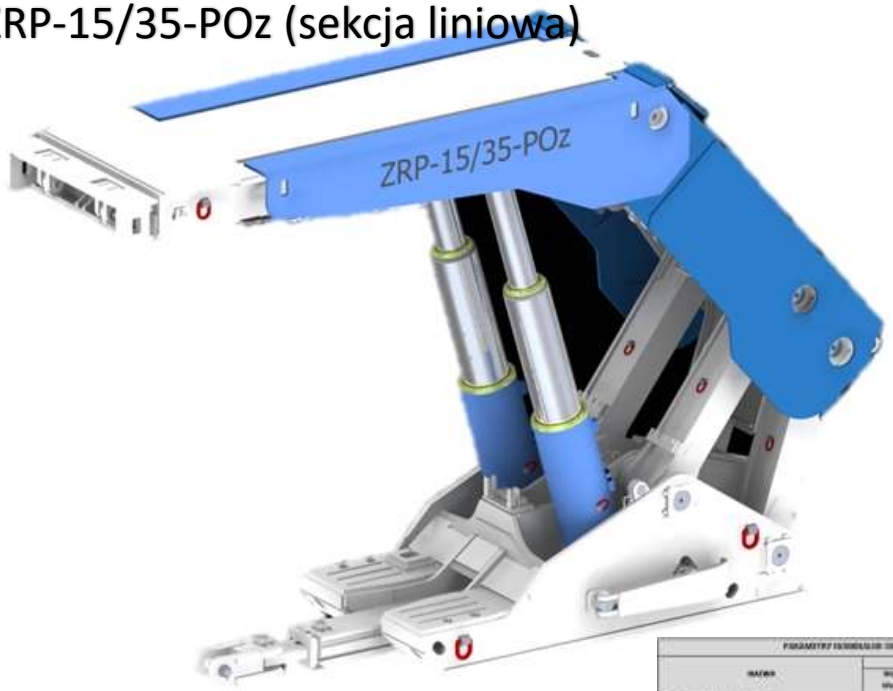




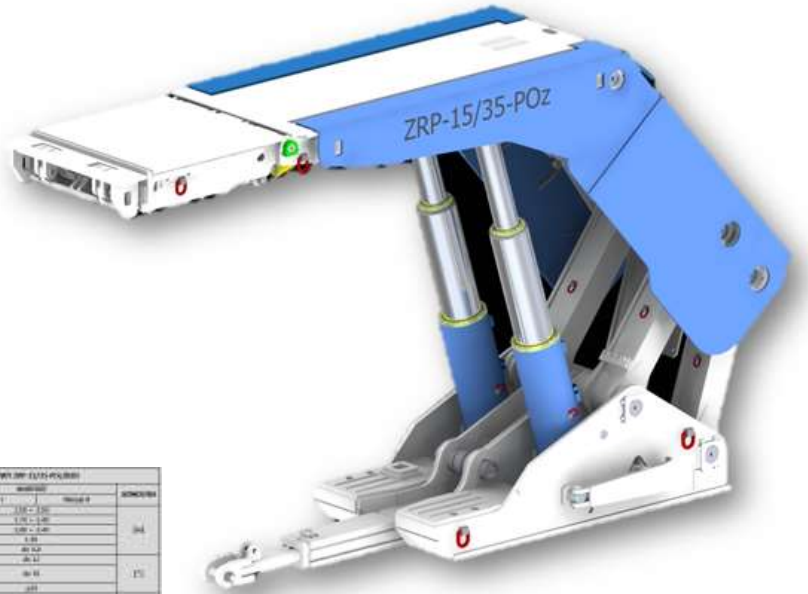
Typy obudów zmechanizowanych zaprojektowanych na potrzeby PGG S.A. w Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym

Ściany średnie

ZRP-15/35-POz (sekcja liniowa)



ZRP-15/35-POz/BSN (sekcja skrajna)







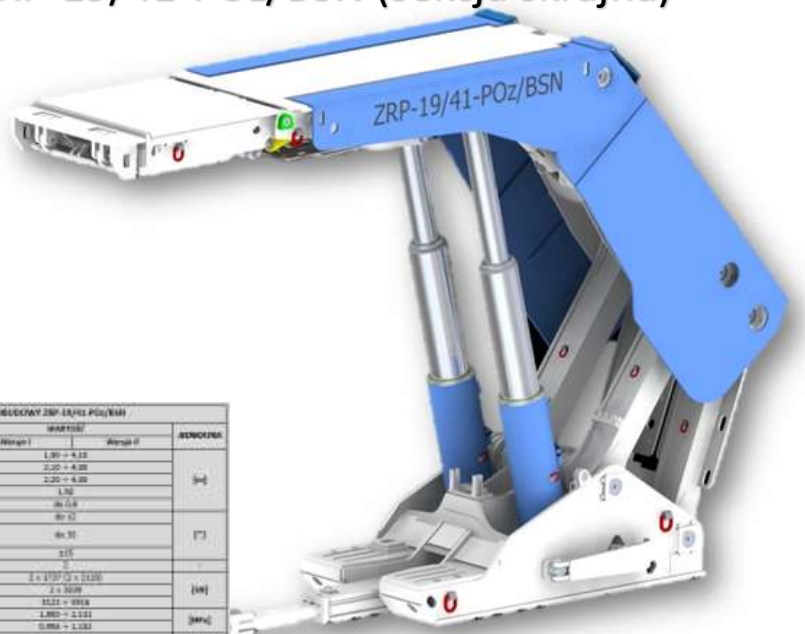
Typy obudów zmechanizowanych zaprojektowanych na potrzeby PGG S.A. w Zakładzie Remontowo-Produkcyjnym

Ściany wysokie

ZRP-19/41-POz (sekcja liniowa)



ZRP-19/41-POz/BSN (sekcja skrajna)





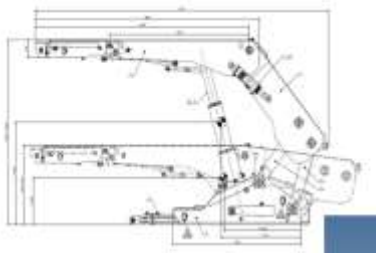
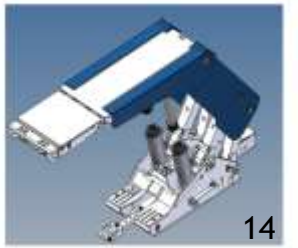
Podsumowanie

7396 szt. wyremontowanych sekcji

7085 szt. zmodernizowanych sekcji

1105 szt. nowych sekcji





Dziękuję za uwagę…

Zarządzanie podczas sytuacji awaryjnych na przykładzie podziemnej kopalni rudy miedzi

Emergency management on the example of an underground copper ore mine

Przemysław Zgrzebski
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Szkoła Doktorska
KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Polkowice-Sieroszowice
ORCID 0000-0001-9283-5950

Mirosław Laskowski
KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Polkowice-Sieroszowice

Marcin Danis
KGHM Polska Miedź S.A., O/ZG Polkowice-Sieroszowice

STRESZCZENIE: Górnictwo stanowi tę gałąź przemysłu, gdzie w trakcie normalnej działalności produkcyjnej mogą występować zdarzenia awaryjne o katastrofalnych skutkach. Podczas nagłych wypadków z udziałem ludzi, akcje ratownicze prowadzone są w ustawowo określonym trybie. Ale to nie jedyne sytuacje kryzysowe, które mogą wystąpić w kopalni. W większości z nich nie mamy narzuconych scenariuszy działań. W artykule opisano wykorzystanie podejścia PCDA z elementami Problem Solving podczas zarządzania sytuacją awaryjną w jednej z podziemnych kopalń rudy miedzi.

SŁOWA KLUCZOWE: Zagrożenia naturalne, górnictwo podziemne, zarządzanie podczas awarii, cykl PDCA

ABSTRACT: Mining is the branch of industry where catastrophic accident events may occur in the course of normal production activities. During emergencies involving people, rescue operations are carried out in a statutory manner. But these are not the only emergencies that may occur in the mine. In most of them we do not have any imposed action plans. The paper describes the use of the PCDA approach with Problem Solving elements when managing an emergency in one of the underground copper ore mines.

KEY WORDS: natural hazards, underground mining, emergency management, PDCA cycle

1. WPROWADZENIE

Działalność górnicza wiąże się z koniecznością prowadzenia prac w obszarze występowania zagrożeń naturalnych. Jednym z nich jest zagrożenie wodne [1], spowodowane obecnością wód podziemnych w otoczeniu wyrobisk podziemnych kopalń. [2, 3]

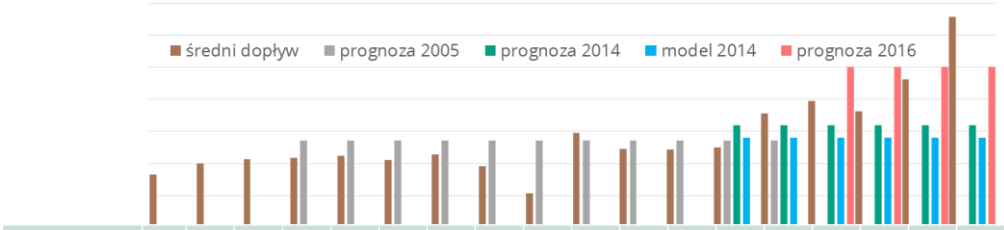
Klasyfikację stopni zagrożenia wodnego, sposób prowadzenia robót górniczych oraz stosowanie odpowiednich działań profilaktycznych określają w Polsce przepisy branżowe. [5, 6]
Kiedy jednak mimo prowadzenia działań rozpoznawczych wielkości potencjalnego zagrożenia oraz stosowania szeregu rozwiązań profilaktycznych dochodzi do wystąpienia awarii, konieczne jest przejście kopalni ze stanu pracy zwykłego - normalnego, w stan pracy awaryjnej, lub inaczej kryzysowej. Zmiany w podejmowanych działaniach dotyczą nie tylko obszarów dotkniętych bezpośrednio skutkami awarii, lub potencjalnie zagrożonych. Działania muszą obejmować całą kopalnię, a w niektórych przypadkach również kopalnie sąsiadujące. Bywa, że konieczna jest współpraca kierownictwa kopalni, ze względu na brak sił i środków własnych do likwidacji zagrożenia, z jednostkami i instytucjami zewnętrznymi. [7] Dotyczy to przede wszystkim niewielkich zakładów górniczych oraz wystąpienia katastrof przekraczających możliwości operacyjne kopalni.
Działania zarządcze podczas sytuacji kryzysowej obejmują swoim zakresem zarazem próby ograniczenia niekorzystanego zjawiska, jak również zabezpieczenia w przypadku nasilenia się, lub powtórzenia awarii. Są to zarówno akcje ratownicze, jak i profilaktyczne, podejmowane podczas awarii oraz w czasie usuwania jej negatywnych skutków. W tym rozumieniu działania te można określać jako zarządzanie w trybie awaryjnym, lub zarządzanie kryzysowe.
W zarządzaniu kryzysowym, a w szczególności podczas podejmowania decyzji mających na celu przeciwdziałanie niekorzystnym skutkom zagrożeń, warto wykorzystywać wiedzę z zakresu teorii organizacji i zarządzania. [8] Takie podejście umożliwia w sposób usystematyzowany: planowanie, realizację, ocenianie i dokonywanie zmian w ramach obranego kierunku postępowania oraz na przygotowywanie scenariuszy awaryjnych.
Zarządzanie kryzysowe, w tym podejmowanie koniecznych decyzji, kojarzy się najczęściej z prowadzonymi akcjami ratowniczymi po tąpnięciu, czy wyrzucie gazów i skał. Podejmowane są próby ratowania życia załóg górniczych. Jednak zakres tego pojęcia w górnictwie jest szerszy i obejmuje także działania zarządcze dotyczące usuwania negatywnych skutków awarii oraz przygotowania się na rozszerzenie jej skali, lub powtórzenie.
Opis działań, w tym zakres planowania i wdrażania niezbędnych, prowadzonych w czasie występowania awarii wodnej w jednej z podziemnych kopalń rudy miedzi, stanowi przykład kroków podejmowanych w oparciu o wiedzę z zakresu zarządzania oraz zwalczania zagrożeń naturalnych w górnictwie. Podstawowym celem było, żeby awaria wodna nie zmieniła się w katastrofę wodną. Opisywany przykład może być wykorzystywany przy tworzeniu scenariuszy zarządzania również w przypadku awarii, będących skutkiem innych zagrożeń naturalnych w kopalniach podziemnych. Daje także rekomendacje dla działań prewencyjnych do wdrożenia po zażegnaniu sytuacji kryzysowej.
W omawianym przykładzie zarządzanie podczas sytuacji awaryjnej wykorzystano metodologię opartą na cyklu PDCA z elementami Problem Solving. Dobre zaplanowanie działań, począwszy od właściwego doboru składu zespołów, wdrożenie, sprawdzenie i wprowadzenie korekt podczas sytuacji kryzysowej, zwiększa szansę na skuteczność podejmowanych w zakresie opanowanie awarii.

2. OPIS PROBLEMU

Rozpoznanie zagrożenia wodnego, przed wystąpieniem awarii, w Zakładach Górniczych Polkowice-Sieroszowice prowadzano w oparciu o obowiązujące przepisy oraz akty wewnętrzne KGHM Polska Miedź. S.A., które to regulowały szczegółowe zasady. Przykładem aktu wewnętrznego obowiązującego przed awarią jest: „Technologia bezpiecznego prowadzenia robót

górniczych w podziemnych zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A. w warunkach II i III stopnia zagrożenia wodnego" z 2 stycznia 2018 r.

Złoże rudy miedzi w polu gdzie wystąpiła awaria zostało zaliczone do I stopnia zagrożenia wodnego przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego w 2012 roku. Podstawą do podjęcia decyzji była „Dokumentacja Zaliczenia nr 2/2012 PS części złoża, wyrobisk oraz otaczającej je przestrzeni w granicach Obszaru Górniczego „Sieroszowice I" do I i II stopnia zagrożenia wodnego" sporządzona zgodnie z wymogami rozporządzenia w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych [4]. W uzasadnieniu zaliczenia stwierdzono m. in., że sumaryczny dopływ wód do wyrobisk drążonych w obrębie Obszaru Górniczego „Sieroszowice I" nie ulega większym zmianom na przestrzeni ostatnich lat mimo znaczącego zwiększenia powierzchni rozcięcia złoża i oscyluje w granicach 2-3 m3/min. Przedstawiony obraz świadczy o dominującej roli dopływów z zasobów statycznych serii wapienno-dolomitowej Ca1 oraz piaskowców czerwonego spągowca. Dopływ do wyrobisk pojawia się w momencie wykonania wyrobisk, a następnie stosunkowo szybko zanika w obrębie rozciętego już złoża. Ubytek dopływów jest rekompensowany pojawianiem się nowych, co utrzymuje bilans na zbliżonym poziomie. Wielkość średnich dopływów na przestrzeni lat wraz z wykonanymi przed awarią prognozami [9, 10, 11, 12] przedstawia rys. 1. Zaprojektowany system odwadniania kopalni zapewniał przed wystąpieniem awarii odbiór rzeczywistych i prognozowanych dopływów, wraz z wymagana rezerwą.



dopływ [m³/min]	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
rzeczywisty	1,65	2,00	2,13	2,18	2,25	2,11	2,28	1,92	1,08	2,95	2,45	2,44	2,50	3,56	3,96	3,63	4,63	6,58
prognoza 2005				2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71				
prognoza 2014													3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
model 2014													2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
prognoza 2016															5,0	5,0	5,0	5,0

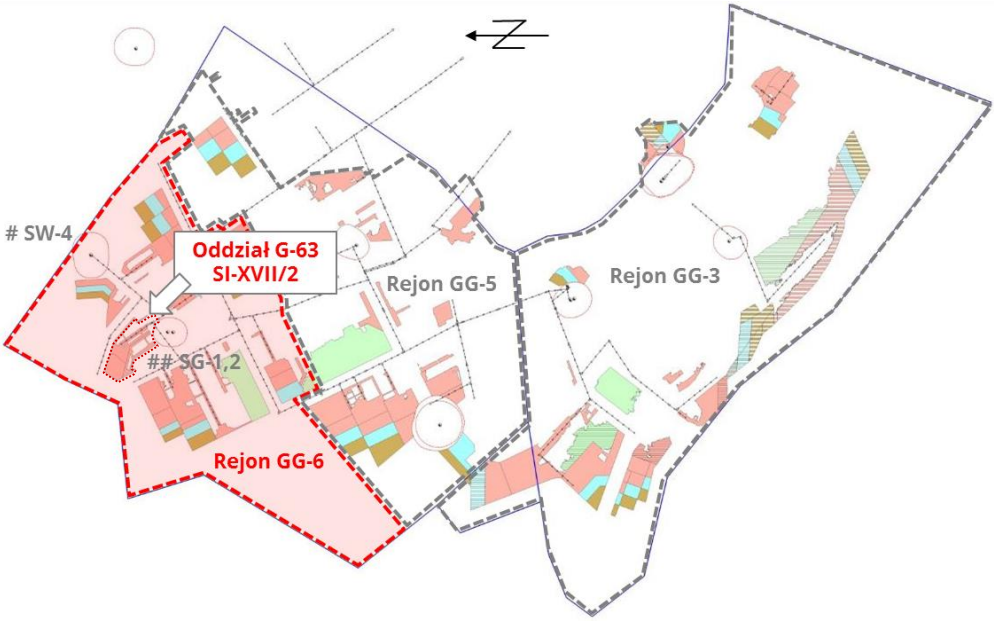
Rys. 1. Średni dopływ oraz prognozy dopływu dla złoża Sieroszowice
Figure 1. Average inflow and inflow forecasts for the Sieroszowice deposit

W 2016 roku sporządzono, w oparciu o model numeryczny oraz obliczenia analityczne, prognozę dopływu naturalnego wód z górotworu do kopani. Uzyskane wyniki wskazywały, że w perspektywie do 2019 r. należy oczekiwać dopływów zasadniczo zbliżonych do rejestrowanych w latach 2015-2016 lub nieznacznie je przekraczających, tj. w przedziale 4,0 – 5,0 m^3/min. Ponadto stwierdzono, że w przypadku złoża Sieroszowice zasilanie dopływu pochodzi

głównie z poziomu dolomitu głównego i w niektórych polach należy się spodziewać wód wysoko zasolonych. Ewentualny wzrost dopływu wiązałby się z udrożnieniem wyrobiskami nowych połączeń hydraulicznych, co w świetle dotychczasowych doświadczeń byłoby sytuacją wyjątkową. Wbrew prognozom pod koniec 2019 roku wystąpił awaryjny, znaczący wzrost dopływu wód kopalniach do wyrobisk górniczych dwóch pól eksploatacyjnych zlokalizowanych w Obszarze Górniczym Sieroszowice. Poglądową lokalizację przedstawiono na rys. 2.

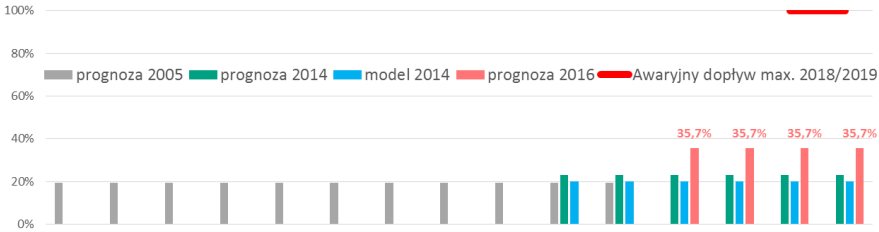
3. AWARIA WODNA

Wzmożony dopływ wód kopalniach do wyrobisk górniczych zaczął być obserwowany w ostatnich dniach października 2019 r., a na początku listopada nastąpiło już gwałtowne zwiększenie dopływu wód zasolonych do jednego z pól eksploatacyjnych złoża Sieroszowice.



Rys. 2. Lokalizacja miejsca zwiększonego dopływu wody
Figure 2. Location of the site of increased water discharge

Dopływ ten wynoszący początkowo 0,4 m^3/min. wzrósł trzydziestokrotnie (do ok. 12 m^3/min.) w ciągu zaledwie jednego miesiąca. Maksymalny zarejestrowany dopływ wynosił 14,0 m^3/min. (rozpoczął się 25.11.2019r. i trwał około miesiąca) i znacząco przekraczał nawet najwyższe prognozowane wartości. Udział procentowy prognoz w porównaniu do najwyższego zaobserwowanego dopływu przedstawia rys. 3. Sumaryczny ustabilizowany od dłuższego czasu dopływ do dwóch pól eksploatacyjnych, które zostały objęte zasięgiem wpływu zwiększonego dopływu, przed awarią wynosił 1,2 m^3/min., a zdolność odwodnieniowa istniejącego systemu lokalnego 1,5 m^3/min. (przy normalny użytkowaniu; awaryjnie można było zwiększyć wydatek systemu).



Prognozowany dopływ [%]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
prognoza 2005	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4				
prognoza 2014										22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9
model 2014										20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
prognoza 2016												35,7	35,7	35,7	35,7

Rys. 3. Prognozy dopływu dla złoża Sieroszowice oraz maksymalny dopływ podczas awarii wodnej
Figure 3. Inflow forecasts for the Sieroszowice deposit and the maximum inflow during a water accident

Dopływ wód kopalniach do objętych awarią wodną pól eksploatacyjnych złoża Sieroszowice posiadał dynamiczną, zmienną w czasie charakterystykę. Trudno było na początku ocenić dalszy rozwój zjawiska wyłącznie na podstawie rejestrowanych parametrów dopływu, bo obserwowany był wyłącznie gwałtowny, skokowy wzrost. Maksymalny, zarejestrowany dopływ ok. 14 m^3/min. to wartość, której zakład górniczy nie był w stanie odpompować. W trybie awaryjnym należało podjąć szereg natychmiastowych działań w celu opanowania skutków wzmożonego dopływu. Wynikająca z bilansu wodnego różnica w stosunku do lokalnych zdolności odwodnieniowych w tym rejonie (tj. ok. 9,0 m^3/min.) stanowiła nadmiar, który gromadził się w wyrobiskach górniczych, z wydatkiem ok. 4,0 – 5,0 m^3/min. Z czasem dopływ ulegał zmniejszeniu i od 23.01.2020 mieścił się w zakresie 9,1-9,8 m^3/min. Taki dopływ można już było w całości odprowadzać na powierzchnię poprzez istniejący system odwadniania kopalni. [10]
W Raporcie powstałym w pierwszym etapie awarii, dotyczącym zdiagnozowanych przyczyn awarii związanej ze zwiększonym dopływem wody do wyrobisk z O/ZG Polkowice-Sieroszowice" opracowanym przez Zespół powołany przez KGHM, wskazane zostały dwie prawdopodobne przyczyny powstania kontaktu hydraulicznego z dolomitem głównym (warstwą) wodonośną [13]: możliwość rozszczelnienia się zlikwidowanego ok. 50 lat temu otworu odwierconego z powierzchni, lub migracja poprzez spękania poeksploatacyjne w warstwach nadzłożowych, głównie w strefie fleksury Jakubowa.
Skala awarii i wyzwania z jakimi przyszło się zmierzyć zarządzającym, uświadamia wartość wzmożonego dopływu oszacowana w okresie od początku awarii do końca roku 2020. Na powierzchnię, tylko z obszaru objętego awarią, wypompowano w tym czasie prawie 3,7 mln m^3 wody. Pozostała cześć została zdeponowana w wyrobiskach górniczych przy ustabilizowanym lustrze wody. Powierzchnia rozlewiska ograniczona jest ustalonymi podczas akcji liniami oporu. Poziom lustra wody podniósł się w omawianym okresie o 73 m.

4. DECYZJE I DZIAŁANIA PODEJMOWANE W SYTUACJI KRYZYSOWEJ

Najważniejszym elementem zarządzania podczas awarii w kopalni Polkowice-Sieroszowice były decyzje i działania podejmowane w sytuacji kryzysowej. Mając świadomość powagi sytuacji zarządzający zdecydowali się na zastosowanie metodyki oparte na cyklu PCDA. Takie podejście wymaga zdecydowanie więcej pracy, częstszych spotkań, szczegółowego raportowania z dużą częstotliwością oraz zaangażowanie znacznych zasobów kadrowych. Jednak jest to cena, którą trzeba i należy zapłacić, za zwiększenie skuteczności podczas prowadzenia aktywności w sytuacji kryzysowej. Zarządzający zgodnie z pętlą PDCA skoncentrowali się na: ocenie zagrożenia, powołaniu zespołów kryzysowych, zbudowaniu strategicznego planu działania, stworzeniu planu operacyjnego, realizacji planu operacyjnego, kierowaniu i nadzorze nad wszystkimi działaniami, monitorowaniem i raportowaniem rozwoju sytuacji awaryjnej i realizacji zaplanowanych działań oraz dokonywaniu niezbędnych korekt.

4.1. *Ocena zagrożenia*

Najważniejszą kwestią podczas podejmowanie decyzji w sytuacji kryzysowej jest ocena stanu zagrożenia. Podczas awarii wodnej w kopalni Polkowice-Sieroszowice w pierwszej kolejności dokonano pomiarów wydatków z jakimi następuje wzmożony dopływ wód do wyrobisk górniczych. Ponieważ woda dostawała się do wyrobisk w wielu miejscach i to znajdujących się w znacznej od siebie odległości, wydatek był możliwy do oszacowania poprzez pomiar wysokości lustra wody i znajomość objętości zalewanych wyrobisk górniczych, którym kopalnia dysponowała z wcześniej wykonanych pomiarów przez własne służby miernicze. Wydatek z jakim zalewane były wyrobiska górnicze stanowił różnicę dopływu i rzeczywistego wydatku systemu odwadniającego w rejonie awarii. Na tej podstawie sporządzono tak zwane mapy zalewania. Mapy te zawierały kluczowe dla funkcjonowania kopalni informacje, to jest prognozowane daty docierania lustra wody do strategicznych z punktu widzenia ruchu zakładu górniczego miejsc. Mapy sporządzano w układzie wariantowym w zależności od przyjętego scenariusza rozwoju dopływu oraz możliwości systemu odwadniającego. Należy zaznaczyć, że konsekwencje wzmożonego dopływu wody wykraczają daleko poza zalany wodą obszar. Przykładem może być przewietrzanie wyrobisk. Jeśli niezbilansowany dopływ wody do wyrobisk górniczych utrzymałby się przez dłuższy czas na krytycznym poziomie, to nastąpić mogło zalewanie najniższej zlokalizowanej części wiązki wyrobisk doprowadzających powietrze do oddziałów wydobywczych położonych daleko poza strefą bezpośredniego zagrożenia.
Wyprowadzić stąd można szerszy wniosek. Choć opisywany przypadek związany jest z awarią wodną, to równie dobrze może on odnosić się do wielu innych zdarzeń, których efektem będzie utrata drożności głównych wyrobisk kopalni. Czy będzie to zalanie wyrobisk wodą, czy też zatamowanie przekroju wyrobisk. Może to nastąpić przez opadające do wyrobiska pod wpływem grawitacji skały stropowe, dynamiczne przemieszczenie się urobionego materiału skalnego pod wpływem tąpnięcia, wyrzutu, czy wreszcie zalanie wodą dopływającą z górotworu. W każdym takim przypadku, w efekcie końcowym następuje dysfunkcja wyrobiska. Jeśli głównym przeznaczeniem wyrobiska będzie przewietrzanie, negatywnym skutkiem będzie zaburzenie w działaniu sieci wentylacyjnej - zalanie głównych dróg wentylacyjnych, np. prowadzących prądy rejonowe. Dodatkowo pojawić się może wzrost zagrożeń aerologicznych, poprzez wzrost wilgotności, temperatury, zmiany składu chemicznego powietrza kopalnianego. Z tego punktu widzenia specyfika kopalni Polkowice-Sieroszowice, gdzie złoże soli kamiennej zalega nad złożem rudy miedzi oraz perspektywa budowy wyrobisk wentylacyjnych na poziomie solnym, stanowić może dobrą alternatywę przewietrzania w sytuacjach awaryjnych.

Końcowym efektem oceny stanu zagrożenia było powstanie listy ryzyk, z podziałem na lokalne i te dotyczące całej kopalni oraz sąsiednich zakładów górniczych. Na liście znalazło się między innymi: zalanie pola objętego awarią oraz wyrobisk przyległych, przekroczenie poziomu krytycznego, po którym rozpocznie się zalewanie innych wyrobisk kopalni, konieczność alokacji produkcji, zaburzenia sieci wentylacyjnej, zaangażowanie dodatkowych zasobów. Każde z wyszczególnionych na liście ryzyk było monitorowane osobno przez członków powstałych na potrzeby zwalczania zagrożenia zespoły oraz kierowników zadań.

4.2. *Strategiczny plan działania*

Kolejnym krokiem było przypisanie ról i odpowiedzialności w zakresie zwalczania i powstrzymania stwierdzonego zagrożenia ze strony wzmożonego dopływu wody do wyrobisk górniczych. Powołane zostały zespoły kryzysowe w Centrali KGHM oraz w kopalni Polkowice-Sieroszowice (Zespół ds. Zagrożenia Wodnego O/ZG Polkowice-Sieroszowice oraz Zespół ds. Monitorowania Zagrożenie Wodnego) ze ściśle określonym zakresem kompetencji i wskazanymi obszarami działania. Ze względu na dynamiczny charakter dopływu ustalono zwiększoną, do kilku razy na dobę, częstotliwość raportowania stanu związanego zarówno z monitorowaniem rozwoju zalewania, jak i wszystkich podejmowanych działań. Opracowano strategiczny plan w zakresie zwalczania i powstrzymania stwierdzonego zagrożenia od nadmiernego dopływu wody do wyrobisk górniczych. Głównymi filarami tego planu były: unikanie strat infrastruktury technicznej, zwiększenie wydatku systemu odwadniającego, zabezpieczenie wyrobisk przed zalaniem, ograniczenie dopływu wody z górotworu. Zadania podzielono na: krótkoterminowe (cel: zwiększenie wydatku systemu odwadniającego w rejonie awarii), średnioterminowe (cel: zwiększenie wydatku i uelastycznienie sytemu odwadniania odbierające wodę z rejonu awarii) oraz długoterminowe (cel: zwiększenie wydatku i uelastycznienie sytemu odwadniania kopalń Polkowice-Sieroszowice i Rudna).

4.3. *Realizacja planu*

W początkowym etapie kluczowe znaczenie miały szybkość i trafność decyzji. Oczywiście towarzyszyła temu bardzo duża presja i odpowiedzialność osób je podejmujących. Nie mniej ważne było stworzenie zespołów realizacyjnych, odpowiedzialnych za każdy element planu strategicznego i przekazanie zarządzania nimi pracownikom charakteryzujących się dużą wiedzą, doświadczeniem, odpornością na stres oraz sprawnością działania w warunkach kryzysowych. Zapisy planu strategicznego, rozwinięto i przeniesiono do planu operacyjnego. Choć zapisy tego planu bardzo precyzyjnie określały wszystkie niezbędne zadania do wykonania, to w celu poprawy skuteczności, kierownicy zespołów realizacyjnych (kierownicy liniowi) otrzymali pewną swobodę w działaniu. Sam plan zapisano w postaci wykresu Gantta i na bieżąco aktualizowano.

Ochrona mienia kopalni i ewakuacja zagrożonej zalaniem infrastruktury

Sporządzono zestawienie elementów infrastruktury, które znajdują się w strefie bezpośredniego zagrożenia zalaniem. Na podstawie wariantowej mapy zalewania określono dokładne daty (co do dnia) kiedy woda będzie zbliżać się do poszczególnych wyrobisk - maszyn i urządzeń wymienionych w zestawieniu. Lista miała układ priorytetowy, gdzie wszystkie jej elementy były podzielone na te, które można przenieść i uruchomić w innym miejscu w każdym momencie, kończąc na tych, które z punktu widzenia utrzymania płynności ruchu zakładu górni-

czego muszą pracować jak najdłużej to możliwe. W ten sposób powstał plan przenoszenia (ewakuacji) infrastruktury. Po czasie można powiedzieć, że był on bardzo skuteczny, bo jego realizacja nie doprowadziła do zaburzeń w pracy kopalni oraz nie doszło do uszkodzenia (zalania) żadnego kluczowego, wysokokosztowego urządzenia, pomimo faktu objęcia strefą zalania niektórych z wymienionych w nim maszyn i urządzeń.
Aby zwiększyć retencję powstającego poprzez niezbilansowany dopływ wody z górotworu zbiornika i wydłużyć czas na zrealizowanie zaplanowanych działań, należało maksymalnie wykorzystać dostępną przestrzeń wyrobisk górniczych. W związku z tym zaplanowano budowę pięciu tam wodnych na wiązce najniżej położonych wyrobisk łączących się z upadowymi prowadzącymi bezpośrednio do podszybia szybu SW-4. Zadaniem tego zabezpieczenia było powstrzymanie zagrożenia przylania się wody przez punkty krytyczne i rozprzestrzenienie się rozlewiska na dużej powierzchni, obejmującej kluczowe wyrobiska oraz zainstalowane w nich maszyny i urządzenia. Harmonogram zalewania ściśle określał ile czasu miały do dyspozycji służby kopalni na wszystkie zadania związane z projektowaniem, zatwierdzaniem i budową tam wodnych.

Usprawnienie istniejące, lokalnej i kopalnianej infrastruktury odwodnieniowej

Głównym celem tego zadania było jak najdłuższe zalewanie wyrobisk i maksymalne wykorzystanie dostępnej retencji, tak aby umożliwić prowadzenie działań zasadniczych. Skupiono się na usprawnieniu istniejącej infrastruktury odwodnieniowej w rejonie pól eksploatacyjnych objętych awarią oraz na optymalnym wykorzystaniu jej potencjału. Do niezbędnego minimum skracając czas postojów, ograniczając się w zasadzie do usuwania awarii. Aby maksymalnie wykorzystywać system odwodnieniowy wymianę zużytych i uszkodzonych elementów prowadzono niemal wyłącznie równolegle podczas prac naprawczych, przez dodatkowo do tego celu oddelegowanych pracowników z innych miejsc kopalni.

Budowa sieci nowych rurociągów oraz pompowni

Istniejąca sieć rurociągów kopalnianych nie była w stanie wypompować całej wody dopływającej z górotworu na poziomie maksymalnym, to jest 14 m^3/min. Dlatego zaprojektowano całkowicie nowy system, bilansujący zarówno dopływy ze wszystkich oddziałów eksploatacyjnych kopalni oraz tego objętego awarią, wraz z dodatkową rezerwą. Budowa nowej sieci rurociągów oraz pompowni i połączenie ich z siecią istniejącą miało w założeniu umożliwić wypompowanie całej wody dopływającej z górotwory i przetransportowanie jej do głównych komór pomp. Całość tego zadania podzielono na sześć etapów. Każdy z nich miał przypisany szczegółowy zakres, to jest rodzaj i średnice rurociągów, trasę, po której ma przebiegać, długość, elementy dodatkowej infrastruktury, pompownie, zbiorniki retencyjne itd. Najistotniejszy był zaplanowany czas zakończenia etapu. Szczególnie, że wiele zadań było ze sobą zsynchronizowanych, a zwiększanie wydatku systemu odbywało się stopniowo i wynikało z zakończenia prac kolejnych etapów. Dla budowy sieci nowych rurociągów i pompowni oraz połączenia ich z istniejącym systemem stworzono szczegółowy harmonogram i opracowano wykres Gantta. W trakcie realizacji tego zadnia na bieżąco odbywała się aktualizacja informacji o postępie prac oraz kontrola zgodności z harmonogramem. Sporządzano również listę ryzyk, które mogły wpłynąć na powstanie opóźnień. Generalnie z sześciu zadań, cztery odpowiadały za zwiększenie i zbilansowanie wydajności systemu odwadniania, a pozostałe dwa za zwiększenie niezawodności i redundancji. W tym miejscu należy podkreślić, że realizacja tego zadania była całkowicie bezprecedensowa. Skala prac z jaką przyszło się zmierzyć nigdy nie miała miejsca

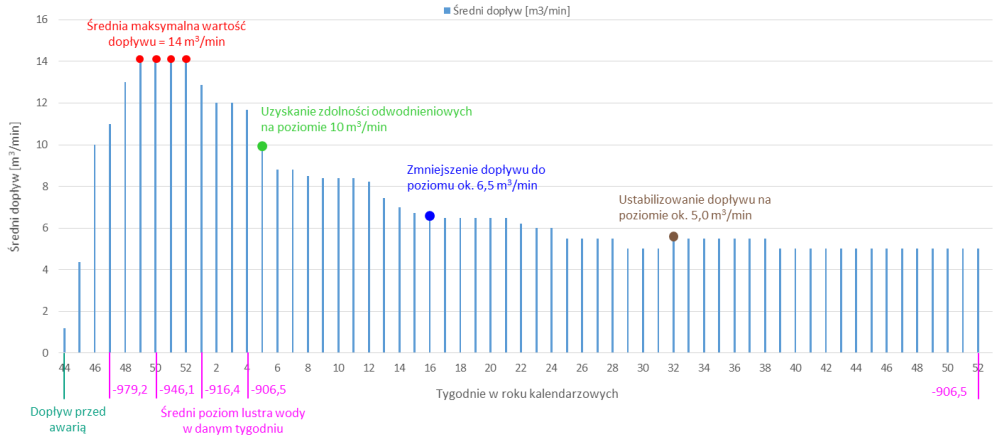
w całej, kilkudziesięcioletniej historii kopani. W sumie wybudowano w kopalni Polkowice-Sieroszowice 27,5 km rurociągów o średnicach od 315 mm do 600 mm, część w wykonaniu wysokociśnieniowym oraz 16 stanowisk pompowych. A wszystko to w czasie ok. 3 miesięcy. Wymagało to zaangażowania znacznych zasobów kadrowych oraz stanowiło olbrzymie wyzwanie logistyczne. Ponieważ system odwodnieniowy jest połączony z infrastrukturą sąsiedniej kopalni Rudna, to i tam konieczne były prace do wykonania. Wybudowano miedzy innymi rurociąg o średnicy 400 mm i 4,6 km długości.

Ograniczenie dopływu wody z górotworu

W celu powstrzymania, lub ograniczenia dopływu wody z górotworu zaplanowane zostały zadania realizowane zarówno z powierzchni, jak i z poziomu podziemnych wyrobisk górniczych. Opierając się na przesłankach co do charakteru i przyczyny powstania awarii zaplanowane zostało wiercenie i iniekcja otworów z powierzchni oraz z poziomu wyrobisk górniczych. Dodatkowo, zapobiegawczo, czasowo wstrzymano postęp robót eksploatacyjnych w znajdującym się najbliższej odległości od rejonu wzmożonego wypływu wody oddziale górniczym.

Monitorowanie i raportowanie stanu zagrożenia

Każdy z powstałych zespołów miał w obowiązku raportować realizację przypisanych zadań. Raportowanie miało układ hierarchiczny i podlegało agregacji informacji. Końcowym odbiorcą wszystkich raportów był Prezes Zarządu KGHM Polska Miedź. S.A.
Miedzy innymi w celu bieżącego monitorowania rozwoju awarii, postępu budowy infrastruktury oraz pracy systemu odwadniania powołano dział dyspozytorów maszynowych tak zwanych dyspozytorów „wodnych". Znalazł się on w strukturze działu odpowiedzialnego za transport poziomy oraz obsługę i eksploatację rurociągów.



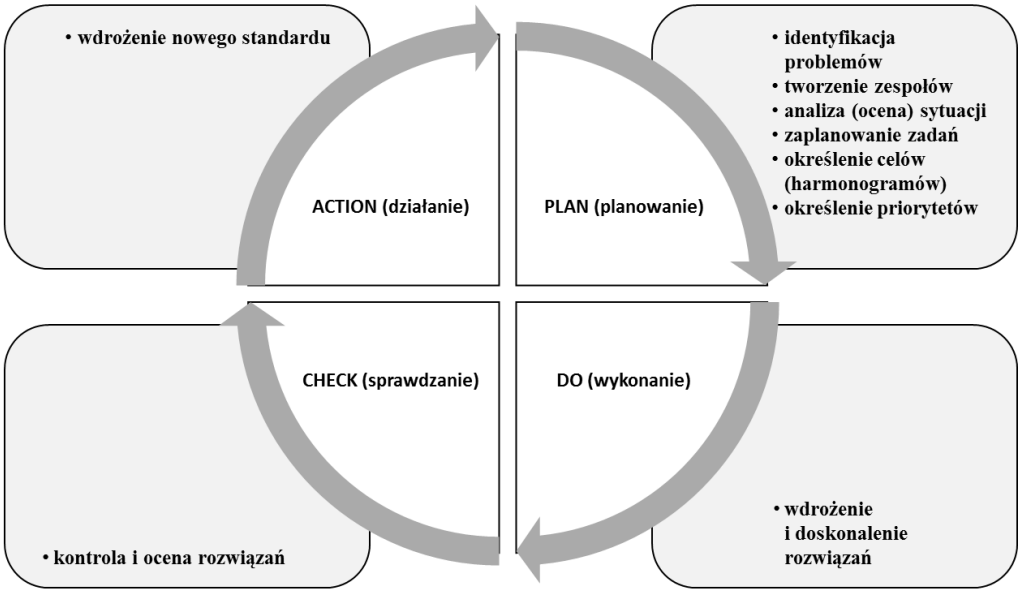
Rys. 4. Średni dopływ wody z górotworu do pól objętych awarią w tygodniach 2019 i 2020 roku
Figure 4. Average water inflow from rock mass to the fields affected by the accident in the weeks 2019 and 2020

Korekty: reakcje na pojawiające się problemy

Podstawowe filary planu strategicznego były niezmienne przez cały okres awarii. Ale elementy planu operacyjnego podlegały ciągłej ocenie w ramach cyklu PDCA i korektom. Przykładem może być podział zasadniczych etapów planu, na podetapy, w których wykorzystywano, w trybie doraźnym, istniejące elementy infrastruktury. Posłużenie się do celów odwodnieniowych nieczynnymi chwilowo rurociągami klimatyzacyjnymi pozwalało na budowanie nowych ciągów odwaniających bez strat na wydatku. Ważna, o czym jeszcze będzie mowa, była swoboda w podejmowaniu decyzji kierowników liniowych. Działania korygujące stanowią podstawę poprawności działania cyklu PDCA, więc nie można nawet w sytuacjach awaryjnych i centralizacji zarządzania w kryzysie z tego etapu zrezygnować. W ramach cyklów raportowania kierownicy liniowi zgłaszali rekomendację zmian i działań naprawczych. Skracanie procesu decyzyjnego poprawia szybkość działania, ale można powodować straty na innych odcinkach, a w efekcie końcowym w całej operacji.

5. WYKORZYSTYWNIE CYKLU PDCA W ZARZĄDZANIU PODCZAS SYTUACJI KRYZYSOWEJ

Przedsiębiorstwa zmuszone są do reagowanie na zmieniające się warunki. Często potrzebę wprowadzania zmian dostrzegają dopiero podczas wystąpienia sytuacji kryzysowej. Pożądanym stanem jest zarządzanie przedsiębiorstwem w sposób antykryzysowy tak, aby unikać takich sytuacji, a w momencie ich wystąpienia podejmować szybkie i skuteczne kroki. Taka praktyka nastawiona jest na poprawę zarówno działań, jak i procesów. [14] Zarządzanie podczas wystąpienia sytuacji kryzysowych nakierowane jest na ograniczenie jej rozmiarów i minimalizację negatywnych skutków. W przypadku awarii wodnej w kopalni Polkowice-Sieroszowice zastosowano metodykę cyklu PDCA z elementami Problem Solving. [15] Źródłem tej metodyki jest tak zwana pętla Deminga, czyli cykl PDCA - akronim angielskich słów: *plan* (planuj) → *do* (wykonaj) → *check* (sprawdź) → *action* (reaguj). [17, 18] W założeniach metodycznych istotą podejścia PDCA Problem Solving jest wykorzystywanie pętli Deminga w procesie ciągłego doskonalenia organizacji poprzez rozwiązywanie uświadamianych sobie przez pracowników coraz to nowych, kolejnych problemów. [16] Zastosowanie metodyki opartej na cyklu PDCA sprawia, że zarządzany proces podlega ciągłej systematycznej poprawie, a koncertuje się przede wszystkim na wskazywaniu najlepszych rozwiązań. [19] Schematycznie przedstawiono cykl PDCA na rys. 5.



Rys. 5. Wykorzystanie zmodyfikowanego podejścia PDCA Problem Solving podczas awarii wodnej. Opracowanie graficzne własne na podstawie [16]
Figure 5. Use of the modified PDCA Problem Solving approach during a water accident. Own graphic design based on [16]

W sytuacji kryzysowej etapy procesów rozwiązywania problemów należało zmodyfikować. Specyfiką działań w sytuacji kryzysowej jest konieczność podejmowania błyskawicznych decyzji. W tej sytuacji praca dużych zespołu nie zawsze bywa efektywna. Stąd też konieczność pozostawiania swobody decyzji kierownikom zespołów realizacyjnych. Działania związane z zatrzymaniem wzmożonego dopływu oraz mitygacją negatywnych skutków omawianej awarii wodnej w kopalni Polkowice-Sieroszowice zostały podzielone na szereg zadań. Problemy każdego z nich z osobna były rozwiązywane w oparciu o podejście PDCA Problem Solving. Zestaw działań łączył się w program zarządzania w sytuacji kryzysowej. Adresowanie poszczególnych etapów procesu rozwiązywania problemów i przypisanie im konkretnych odpowiedników przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zmodyfikowane na potrzeby zarządzania w sytuacji kryzysowej w kopalni Polkowice-Sieroszowice podejście PDCA Problem Solving
Table 1. The PDCA Problem Solving approach modified for the purposes of crisis management in the Polkowice-Sieroszowice mine

Faza cyklu PDCA	**Etapy procesu rozwiązywania problemów**	**Przykładowe odpowiedniki podczas sytuacji kryzysowej w kopalni Polkowice-Sieroszowice**
PLAN (planowanie)	identyfikacja problemów	Analiza sytuacji, potwierdzania głównych kierunków działań, identyfikacja problemów (na podstawie gromadzonych informacji), podejmowanie decyzji o wdrażaniu rekomendowanych działań
	tworzenie zespołów	Zespół KGHM ds. Zagrożenia Wodnego, Kopalniany Zespół ds. Monitorowania Zagrożenia wodnego
	analiza (ocena) sytuacji	izoliniowa mapa zalewania, priorytetowa lista ewakuacji infrastruktury technicznej,
	zaplanowanie zadań	Plan strategiczny, plan operacyjny, harmonogramy, wykresy Gantta
	określenie celów harmonogramów	poziomy wydatków systemu odwadniającego po realizacji każdego z etapów
	Określenie priorytetów	uszeregowanie zadań według przyjętych przez kierownictwo listy kryteriów
DO (wykonanie)	wdrożenie i doskonalenie rozwiązań	realizacja planów operacyjnych przez zespoły realizacyjne (kierownicy liniowi), raportowanie (komentarze i wnioski od kierowników liniowych)
CHECK (sprawdzanie)	kontrola i ocena rozwiązań	monitoring (montaż detektorów do automatycznego pomiaru poziomu lustra wody), system spotkań zespołów i ustalenie zakresu i częstotliwości raportowania, hierarchiczny układ adresatów (odbiorców)
ACTION (działanie)	wdrożenie nowego standardu	formułowanie rekomendacji poprawiających skuteczność działań, lub rozwiązań napotykanych problemów

6. WNIOSKI

W sytuacjach awaryjnych ważna jest szybkość reakcji. Nie należy jednak rezygnować ze sformalizowanych działań. Przykład kopalni Polkowice-Sieroszowice pokazuje jak ważne jest uwzględnienie wszystkich etapów cyklu PDCA. I choć mogło by się wydawać, że z niektórych elementów da się zrezygnować, oszczędzając czas lub zasoby kadrowe, to decyzja taka wiąże się z podjęciem zbyt dużego ryzyka. Kiedy gra toczy się o bezpieczeństwo ludzi i majątek firmy nie wolno wybierać drogi na skróty.

LITERATURA

[1].Trembecki A. 1995: Zagrożenia wodne w górnictwie. Wydawnictwo Śląsk, Katowice

[2] Kortas G. 2019: Szkodliwe oddziaływanie wód w podziemnych kopalniach soli. Przegląd Górniczy, Nr 07/2019, str. 37 – 45

[3] Kortas G. 2013: Long- and Short-Term Process Indicated by the Displacement of the Chamber Roof in the Monumental Wieliczka Salt Mine. Archives of the Mining Sciences, vol 58, issue 1, p. 119 – 130

[4] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2012 r., nr 94 poz. 841)

[5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2014 r., poz. 1129 z późn. zm.)

[6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U. z 2017 r., poz. 1247)

[7] Taraszkiewicz-Łyda M. 2016: Ocena ryzyka kryzysowego kopalni w ramach systemu zarządzania kryzysowego. Wiadomości Górnicze, R. 67, nr 6, str. 404 - 407

[8] Ściborek Z. 2015: Zarzadzanie kryzysowe a teoria organizacji i zarządzania. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. Nr 3, str. 23 – 30

[9] Gurwin J., Duda R., Wcisło M., Motyka J. (konsultant). 2016: Prognoza dopływu naturalnego wód z górotworu do kopalń rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. ze szczególnym uwzględnieniem dopływu do wyrobisk górniczych kopalni „Polkowice-Sieroszowice" w latach 2016-2025, praca niepublikowana

[10] Materiały własne KGHM (2020): Dokumentacja KGHM Polska Miedź S.A. realizacji zaleceń określonych w Decyzji Dyrektora OUG we Wrocławiu z dnia 27 listopada 2019 r., (styczeń 2020), materiały niepublikowane

[11] Praca zbiorowa pod kierunkiem Staśko S. (2014): Numeryczny model hydrogeologiczny 3D (regionalny), uwzględniającego strefę oddziaływania górnictwa rud miedzi LGOM, praca niepublikowana

[12] Praca zbiorowa (2014): Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z zamierzonym wykonywaniem odwodnień w celu wydobywania rud miedzi ze złoża „Sieroszowice", Zakład Studiów i Analiz Geologicznych (NAG) KGHM Cuprum Sp. z o.o. CBR we Wrocławiu, praca niepublikowana

[13] Praca zbiorowa (grudzień 2019): Raport dotyczący zdiagnozowanych przyczyn awarii związanej ze zwiększonym dopływem wody do wyrobisk w O/ZG Polkowice-Sieroszowice, Zespół powołany przez Prezesa KGHM, praca niepublikowana

[14] Starosta A. (2016): Cykl PDCA w zarządzaniu antykryzysowym na przykładzie polskich przedsiębiorstw, Nauki o Zarządzaniu, 1(26)/2016, str. 142 - 151

[15] Asaka, T., Ozeki, K., (1990): Handbook of Quality Tools: The Japanese Approach, Productivity Press, Cambridge [w]: Obora H. (2010): Podejście PDCA Problem Solving w rozwiązywaniu problemów organizacji, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica 234/2010, str. 323 – 333

[16] Obora H. (2010): Podejście PDCA Problem Solving w rozwiązywaniu problemów organizacji, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica 234/2010, str. 323 – 333

[17] Myszewski J. M. (2009): Po prostu jakość. Podręcznik zarządzania jakością, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Akademia Leona Koźmińskiego, Warszawa

[18] Hamrol A. (2017): Zarządzanie i inżynieria jakości, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa

[19] O'Shea M., Pawellek G., Schramm A. (2016): Problem solving with a method – A step-by-step guide for a journey from the problem to the solution, ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 111, Issue 12, December 2016, pages 839 - 842

Eksploatacja pokładu 505/1 ścianą N-4 partia „N” w KWK „Borynia-Zofiówka” w warunkach aktywności sejsmicznej

Marian Zmarzły
Artur Słomian
Michał Sądel
KWK „Borynia-Zofiówka” Ruch „Zofiówka’’

STRESZCZENIE: Na stan zagrożenia tąpaniami w rejonach prowadzonych robót górniczych wpływa wiele czynników min.: głębokość eksploatacji, warunki geologiczne jak i zaszłości eksploatacyjne. W artykule podjęto próbę przedstawienia zależności głębokości eksplantacji z warunkami geologicznymi na kształtowanie się aktywności sejsmicznej na przykładzie eksploatowanego pokładu 505/1 ścianą N-4 o charakterze otwierającym eksploatację w rejonie partii N w latach 2019-2021. W artykule opisano również dobór zastosowanej profilaktyki tąpaniowej, która pozwoliła na bezpieczne prowadzenie eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 oraz przedstawiono podjętą próbę korelacji podporności sekcji obudowy zmechanizowanej z aktywnością sejsmologiczną.

SŁOWA KLUCZOWE: aktywność, monitoring, profilaktyka, wstrząsy

I. WSTĘP

Podziemna eksploatacja górnicza powoduje naruszenie pierwotnej struktury górotworu, konsekwencją czego jest występowanie w nim obszarów niestabilnych będących źródłem generowania silnych zjawisk dynamicznych. Wysoki stopień zagrożenia tąpaniami jest spowodowany między innymi: wybraniem w trakcie wieloletniej działalności górniczej dużych obszarów złoża, prowadzeniem eksploatacji w otoczeniu zrobów w rejonach o skomplikowanej budowie tektonicznej oraz na dużych głębokościach [2, 7].

Zaprezentowana w artykule analiza sejsmiczności przy wysokim jej poziomie może stanowić miernik zmian zachodzących w rozkładzie naprężeń w rejonie prowadzonej eksploatacji. Informacje uzyskane z ciągłych obserwacji sejsmologicznych (np. lokalizacja ogniska i energia wstrząsu) wykorzystano do wykonania analizy statystycznych rozkładów aktywności sejsmicznej, której znajomość kształtowania się w dłuższym horyzoncie czasowym pomaga w ogólnej ocenie zachowania się górotworu w miarę postępu eksploatacji, oraz wpływie zmieniających się warunków jej prowadzenia. Pomocne przy tym są: ilość rejestrowanych wstrząsów, ilość wstrząsów wysokoenergetycznych, wielkość wyzwolonej energii sejsmicznej. Dla wartości wyżej wymienionych wskaźników można utworzyć rozkłady statystyczne w kolejnych interwałach czasowych, co pozwala na wychwycenie pojawiających się tendencji i na skorelowanie ich z czynnikami geologicznymi tj., występowaniem uskoków, krawędzi, resztek, zaburzeń w zaleganiu pokładu, występowaniem nad pokładem mocnych warstw mułowców i piaskowców. Zestawienie ilości i lokalizacji silnych zjawisk sejsmicznych

potwierdza fakt, że zjawiska sejsmiczne: silne ale rzadkie koncentrują się w rejonie krawędzi, w pobliżu stref uskokowych oraz mogą być efektem łamania się mocnych warstw skał stropowych. Wstrząsy niskoenergetyczne które są częste ale przeważnie związane są głównie z eksploatacją.

Proponowane w artykule podejście do oceny stanu zagrożenia tąpaniami i wstrząsami wynika z losowego charakteru tego zjawiska. Istnieje cały zespól czynników aby zaistniał wstrząs. Wykorzystanie metod sejsmicznych daje możliwość obserwacji w warunkach rzeczywistych, dużych obszarów masywu skalnego, natomiast metody statystyczne pozwalają zamienić duży zbiór nieuporządkowanych danych w zwartą i treściwą reprezentację możliwą do zrozumienia i łatwą do oceny.

II. WARUNKI GEOLOGICZNE W REJONIE ŚCIANY N-4 W POKŁADZIE 505/1.

Partia N położona jest w północnej części złoża O.G. ,,Bzie-Dębina 2-zachód'' a jej granicami są:
- od północy – granica O.G. ,,Bzie – Dębina 2 –Zachód''
- od wschodu – granica O.G. ,,Bzie – Dębina 2 –Zachód''
- od południa – uskok Bzie – Czechowice h~800m
- od zachodu – granica O.G. ,,Bzie – Dębina 2 –Zachód''.

Rozpatrywana ściana N-4 eksploatowana była w rozpoznanej partii złoża, na głębokości od 988,0 do 1095,0 m w węglu pokład 505/1 (3,45÷5,05 m – w tym 0,05÷0,2m przerost wykształcony jako iłowiec).

W stropie węgla pokładu 505/1 zalegają: mułowiec (0,0÷~8 m), piaskowiec (2,7÷12,1 m), mułowiec (3,0÷8,95 m), piaskowiec (0,0÷7,2 m), iłowiec zapiaszczony (0,0÷0,9 m) oraz węgiel pokład 504/2 (0,0÷0,5 m).

W spągu węgla pokładu 505/1 zalegają kolejno: mułowiec (~1÷2,3 m), iłowiec (0,8 m) miejscami z pojedynczymi laminami węgla, piaskowiec (1,8÷3,6 m), w którym miejscami zalega węgiel pokład 505/2 (0,0÷0,5 m). Dalej, iłowiec (1,7÷6,8 m), mułowiec (0,0÷3,7 m) i kompleks piaskowca (8,0÷12,7 m) lokalnie warstwowanego mułowcem.

Nachylenie warstw: 9÷19º/N-E (lokalnie do 26º/NE).

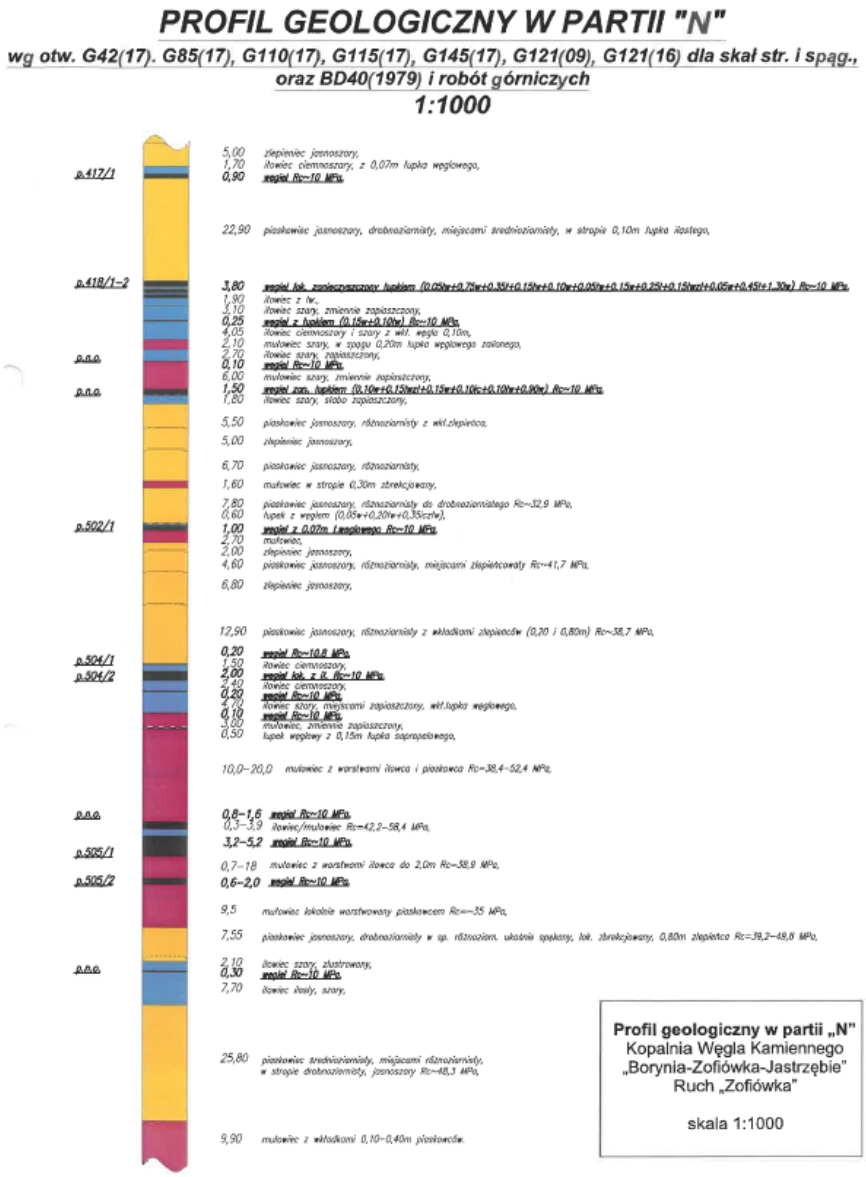
Nachylenia dla ściany: podłużne 11÷15º, poprzeczne: +4º÷+17º (lokalnie 0º).

Podzielność skał stropowych: iłowce – płytowa, mułowce oraz piaskowce – blokowa, masywna, węgiel – kostkowa, płytowa.

Tabela 1. Zestawienie wartości parametrów geotechnicznych [3]

Wyszczególnienie	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MPa]	Ciężar objętościowy ρ_o [g/cm³]	Rozmakalność r
Węgiel pokładu 504/2	10,0÷12,0	~1,20	-
Iłowiec zapiaszczony	42,8÷45,2	2,45÷2,70	1,0
Piaskowiec	41,9÷72,9	2,53÷2,68	1,0
Mułowiec	38,4÷47,5	2,53÷2,68	0,6÷1,0
Węgiel – pokład 505/1	10,0÷12,0	~1,20	-
Mułowiec	25,8÷45,4	2,59÷2,64	1,0
Iłowiec z pojedynczymi laminami węgla	34,2÷37,2	2,64÷2,65	0,8÷1,0
Piaskowiec	35,6÷49,8	2,48÷2,64	1,0
Węgiel – pokład 505/2	10,0÷12,0	~1,20	-

Z ogólnej charakterystyki własności geomechanicznych pokładu 505/1 w partii N i skał otaczających oraz dotychczasowych doświadczeń kopalni z eksploatacji złoża w partii N wynika, że wpływ na kształtowanie się naprężeń w górotworze, a zatem i zagrożenia tąpaniami w rejonie eksploatowanej ściany N-4 w pokł. 505/1 w partii N ma głównie występowanie w jego stropie grubych i zwięzłych warstw mułowców, iłowców i piaskowców o dużej wytrzymałości na ściskanie i zdolnych do akumulacji energii sprężystej [3].



Rys. 1. Profil geologiczny w partii „N'' pokład 505/1 [4].

III. EKSPLOATACJA POKŁADU 505/1 ŚCIANĄ N-4 W PARTII N W LATACH 2019-2021

Ścianę N-4 w pokł.505/1 w partii N prowadzono w obudowie zmechanizowanej typu TAGOR 23/54 POz, TAGOR 23/54 POz/S, FRS 25,5/54 POz/S, FRS 25,5/54 POz 129 sztuk, systemem z zawałem stropu, z furtą eksploatacyjną 3,45÷5,05m. Urabianie prowadzono kombajnem KSW-1500U1/3. Wybieg ściany wynosił 425m, długość ściany - 230 m. Ściana N-4 prowadzona była na głębokości od 988,0 do 1095,0 m. Pokład 505/1 w partii N zaliczono do I stopnia zagrożenia tąpaniami, IV kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i I stopnia zagrożenia wodnego oraz nie zagrożonego wyrzutami gazów i skał.

A. MONITORING ZAGROŻENIA TĄPANIAMI

1. Podczas eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 prowadzona była ocena stanu zagrożenia tąpaniami raz na dobę na podstawie kompleksowej analizy wyników z następujących metod:
- rozpoznania możliwości wystąpienia tąpnięcia ze względu na własności pokładów węgla i skał otaczających oraz sytuacji górniczej w rejonie prowadzonych robót- rozeznania górniczego,
- ciągłej obserwacji sejsmologicznej ,
- obserwacji oraz pomiarów przejawów ciśnienia górotworu- kontrolnych wierceń sondażowych,
- ciągłej obserwacji sejsmoakustycznej (dwie sondy zabudowane były w chodnikach przyścianowych w odległości 69-150m przed frontem ściany).

Wiercenia małośrednicowe były wykonywane w następujący sposób:
- w chodniku badawczym podścianowym N-4 dwa otwory; pierwszy w odległości 10-20m przed frontem ściany oraz drugi otwór w odległości 30-50m z częstotliwością 1 raz w tygodniu,
- w „strefie szczególnego zagrożenia tąpaniami" w chodniku nadścianowym N-4 dwa otwory; pierwszy w odległości 10-20m przed frontem ściany oraz drugi otwór w odległości 30-50m z częstotliwością 2 razy w tygodniu.

Ze względu na wysoki, niestabilny ocios ścianowy oraz mając na uwadze bezpieczeństwo pracowników wykonujących wiercenia małośrednicowe, zrezygnowano z prowadzenia wierceń małośrednicowych w ociosie ścianowym.

2. Prowadzono ciągłą obserwację sejsmologiczną za pomocą zamkniętej zoptymalizowanej sieci stanowisk sejsmologicznych [8].

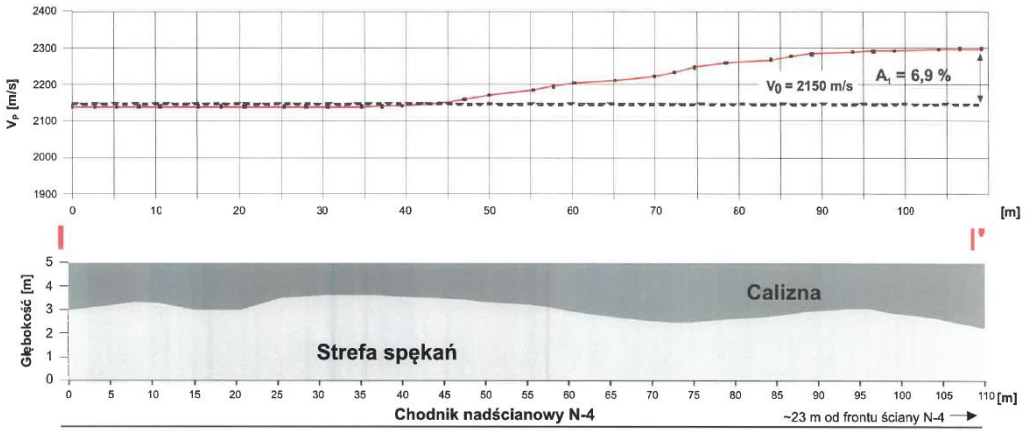
3. Na bieżąco analizowany był stan zagrożeń naturalnych w rejonie prowadzonej eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4, przez zespół ds. Tąpań i Zagrożenia Zawałowego.

4. Podczas eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 w chodnikach przyścianowych, wykonano pomiary geofizyczne, których celem było określenie wielkości zmian prędkości fali sejsmicznej typu P. (rys.2 i rys.3).

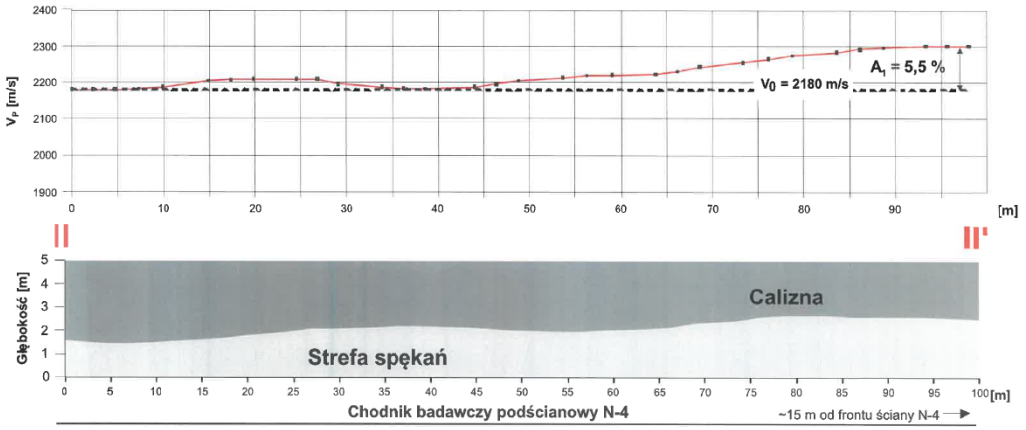
Wartość prędkości fali typu P w pokładzie węgla wzdłuż profilu sejsmicznego I – I' zlokalizowanego w chodniku nadścianowym N-4 wykazywała zmienność w granicach od 2140 do 2297 m/s. Największy wzrost wartości prędkości fali typu P zauważalny był na odcinku profilu od ok. 45 m do końca profilu 110 m z maksimum na ok. 105 metrze profilu. Obliczona anomalia sejsmiczna na tym odcinku wynosi A_1=6,9% i świadczyła o słabym na pograniczu bardzo słabym przyroście naprężenia w skali GIG poniżej 20%.

Wartość prędkości fali typu P w pokładzie węgla wzdłuż profilu sejsmicznego II – II' zlokalizowanego w chodniku badawczym nadścianowym N-4 wykazywała zmienność w granicach od 2180 do 2300 m/s. Największa wartość prędkości została pomierzona na ok. 95m profilu ok. 2300 m/s. Obliczona anomalia sejsmiczna na tym odcinku wynosi A_1=5,5% i świadczyła o słabym na pograniczu bardzo słabym przyroście naprężenia w skali GIG rzędu około 20%.

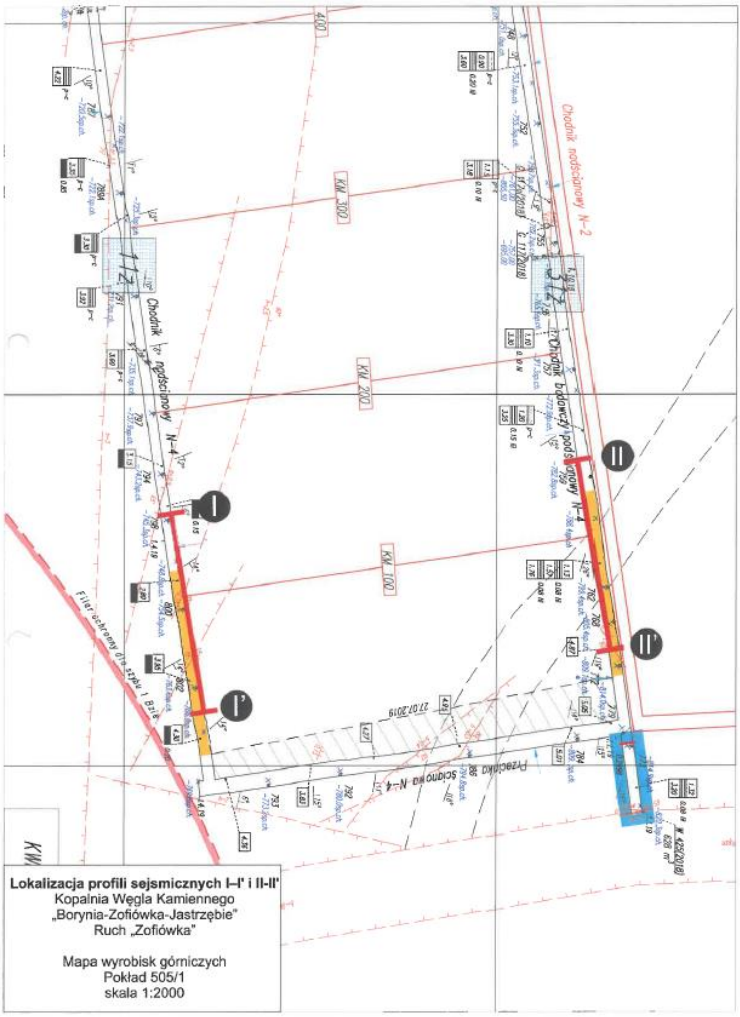
Prawdopodobną przyczyną anomalii zarówno na profilu I-I' jak i II-II' jest wpływ frontu eksploatacyjnego ściany N-4 oraz możliwe oddziaływanie uskoku jastrzębskiego [4].



Rys. 2. Wykres zmian prędkości refrakcyjnej fali P w pokładzie węgla wzdłuż profilu I-I' [4]



Rys. 3. Wykres zmian prędkości refrakcyjnej fali P w pokładzie węgla wzdłuż profilu II-II' [4]



Rys. 4. Rejon badań z zaznaczonym położeniem profili sejsmicznych I–I' i II – II'. [4]

IV. AKTYWNOŚĆ SEJSMICZNA REJESTROWANA PODCZAS EKSPLOATACJI POKŁADU 505/1 ŚCIANĄ N-4 W PARTII N

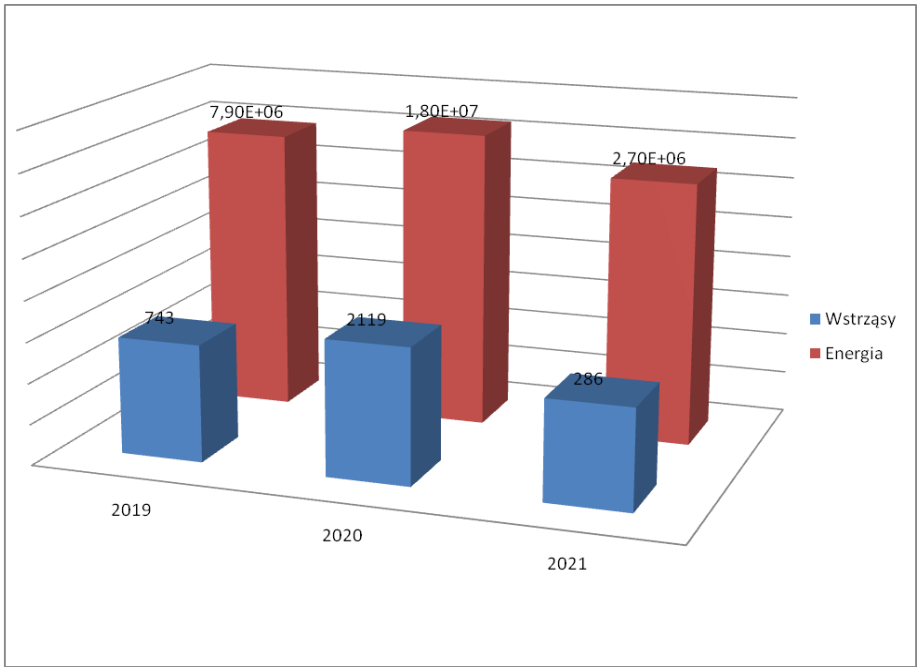
W ocenie zachowania się górotworu w miarę postępu eksploatacji oraz wpływie zmieniających się warunków jej prowadzenia pomaga znajomość kształtowania się aktywności sejsmicznej w dłuższym horyzoncie czasowym. Aktywność tą w kopalniach przyjęło się charakteryzować ilością rejestrowanych wstrząsów i wielkością sumarycznej energii.

Dane o poziomie ilościowym i energetycznym aktywności sejsmicznej w trakcie eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 w latach 2019-2021 zawiera tabela 2 i rysunek 5. Największą liczbą wstrząsów i najwyższym poziomem energetycznym aktywności sejsmicznej

charakteryzował się rok 2020 gdzie zarejestrowano 2119 wstrząsów (rys.5, tab. 2) w tym 189 wstrząsów o energii rzędu 10^4J oraz 20 wstrząsów o energii rzędu 10^5J, spowodowało to wzrost sumarycznej energii do wartości $1{,}80\times10^7$J.

Tabela 2. Zestawienie aktywności sejsmicznej w trakcie prowadzenia eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 w latach 2019-2021.

ROK	ILOŚĆ WSTRZĄSÓW W KLASACH ENERGII [J]					SUMA KOŃCOWA	SUMARYCZNA ENERGIA [J]
	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6		
2019	266	801	82	7	0	743	7,90E+06
2020	391	1519	189	20	0	2119	1,80E+07
2021	28	224	32	2	0	286	2,70E+06
SUMA	**685**	**2544**	**303**	**29**	**0**	**3561**	**2,80E+07**



Rys. 5. Ilość i sumaryczna energia wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych w rejonie ściany N-4 w latach 2019-2021.

W rejonie ściany N-4 pokład 505/1 w 2019r. zarejestrowano 1156 wstrząsów, w tym 89 wstrząsów o energii $\geq 10^4$J. Wartość sumarycznej energii kształtowała się na poziomie 7,9× $\times 10^6$J. Zestawienie aktywności sejsmicznej zarejestrowanej w poszczególnych miesiącach eksploatacji zawiera tabela 3. Rysunek 6 przedstawia poziom ilości i sumarycznej energii w poszczególnych miesiącach eksploatacji. Najbardziej aktywnym sejsmicznie pod względem ilości rejestrowanych wstrząsów górotworu był miesiąc październik, kiedy to zarejestrowano 408 wstrząsów, całkowita energia wyemitowana w tym czasie wynosiła $3{,}0\times 10^6$J oraz miesięczny postęp ściany wyniósł 30,5m.

Tabela 3. Zestawienie aktywności sejsmicznej zarejestrowanej podczas eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 w 2019 roku.

MIESIĄCE EKSPLOATACJI	ILOŚĆ WSTRZĄSÓW W KLASACH ENERGII [J]					POSTĘP ŚCIANY [m]	SUMA KOŃCOWA	SUMARYCZNA ENERGIA [J]
	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6			
Lipiec	28	175	17	3	-	24,25	223	2,0E+06
Sierpień	9	65	7	0	-	13,25	81	6,4E+05
Wrzesień	39	110	13	0	-	28	162	9,4E+05
Październik	84	293	27	4	-	30,5	408	3,0E+06
Listopad	95	79	13	0	-	8,75	187	8,1E+05
Grudzień	11	79	5	0	-	7,25	95	4,9E+05
SUMA	266	801	82	7	-	112	1156	7,9E+06

W 2020 roku zarejestrowano 2119 wstrząsów tabela 4, w tym 209 wstrząsów o energii $\geq 10^4$J. Wartość sumarycznej energii kształtowała się na poziomie $1{,}8\text{E}\times 10^7$J. Analiza aktywności sejsmicznej wykazała wzrost sumarycznej energii w porównaniu do roku 2019 oraz ilościowo zanotowano o 963 wstrząsów górotworu więcej w porównaniu do roku poprzedniego. Parametry aktywności sejsmicznej zarejestrowanej w poszczególnych miesiącach eksploatacji pokł. 505/1 ścianą N-4 w roku 2020 zawarto w tabeli 4 i graficznie przedstawiono na rysunku 6 i 7.

Największą liczbę wstrząsów zarejestrowano w:

- lutym – 222 wstrząsów,
- czerwiec - 240 wstrząsów,
- wrzesień - 229 wstrząsy,
- październik - 282 wstrząsów.

Najwyższą energię zanotowano natomiast w :

- wrzesień - $2{,}60\times 10^6$J,
- październik - $3{,}20\times 10^6$J,
- listopad – $2{,}2\text{x}10^6$J.

Tabela 4. Zestawienie aktywności sejsmicznej zarejestrowanej podczas eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 w 2020 roku.

MIESIĄCE EKSPLOATACJI	ILOŚĆ WSTRZĄSÓW W KLASACH ENERGII [J]					POSTĘP ŚCIANY [m]	SUMA KOŃCOWA	SUMARYCZNA ENERGIA [J]
	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6			
Styczeń	33	84	4	1	-	15,5	122	6,1E+05
Luty	68	142	12	0	-	21,5	222	7,6E+05
Marzec	35	113	17	0	-	17,5	165	8,9E+05
Kwiecień	32	113	21	0	-	13,75	166	1,1E+06
Maj	43	95	15	2	-	7,25	155	1,3E+06
Czerwiec	89	136	13	2	-	10,5	240	1,3E+06
Lipiec	16	71	7	1	-	11,5	95	1,1E+06
Sierpień	19	139	27	1	-	21,5	186	1,8E+06
Wrzesień	20	179	27	3	-	31	229	2,6E+06
Październik	25	222	30	5	-	36,25	282	3,2E+06
Listopad	7	172	11	3	-	25,75	193	2,2E+06
Grudzień	4	53	5	2	-	6,5	64	8,5E+05
SUMA	391	1519	189	20	-	218,5	2119	1,8E+07

W 2021 roku zarejestrowano 286 wstrząsów tabela 5, w tym 34 wstrząsy o energii $\geq 10^4$J. Wartość sumarycznej energii kształtowała się na poziomie $2{,}7E\times10^6$J. Analiza aktywności sejsmicznej wykazała spadek sumarycznej energii jak i w ilości wstrząsów w porównaniu do roku 2020. Parametry aktywności sejsmicznej zarejestrowanej w poszczególnych miesiącach eksploatacji pokł. 505/1 ścianą N-4 w roku 2021 zawarto w tabeli 5 i graficznie przedstawiono na rysunku 6 i 7.

Największą liczbę wstrząsów zarejestrowano w:

- styczeń – 116 wstrząsów,
- luty - 113 wstrząsów.

Najwyższą energię zanotowano natomiast w :

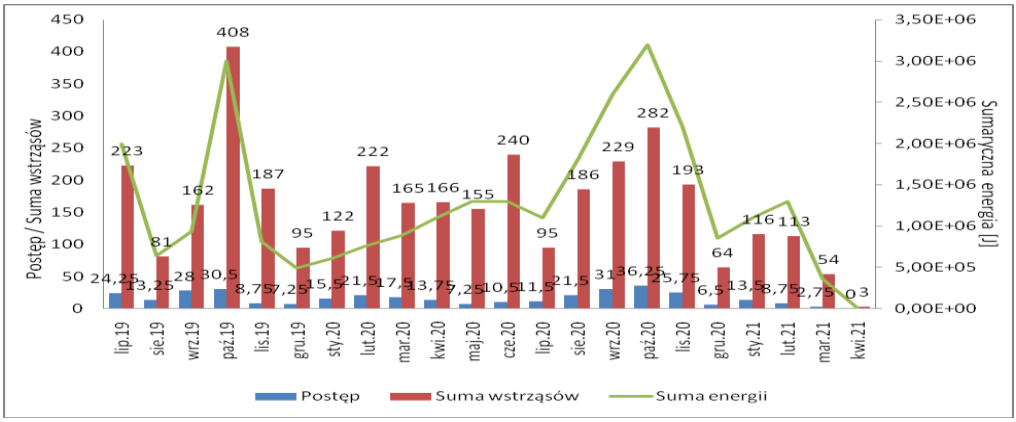
- styczeń – 1,1E+06J,
- luty – 1,3E+06J.

Tabela 5. Zestawienie aktywności sejsmicznej zarejestrowanej podczas eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 w 2021 roku.

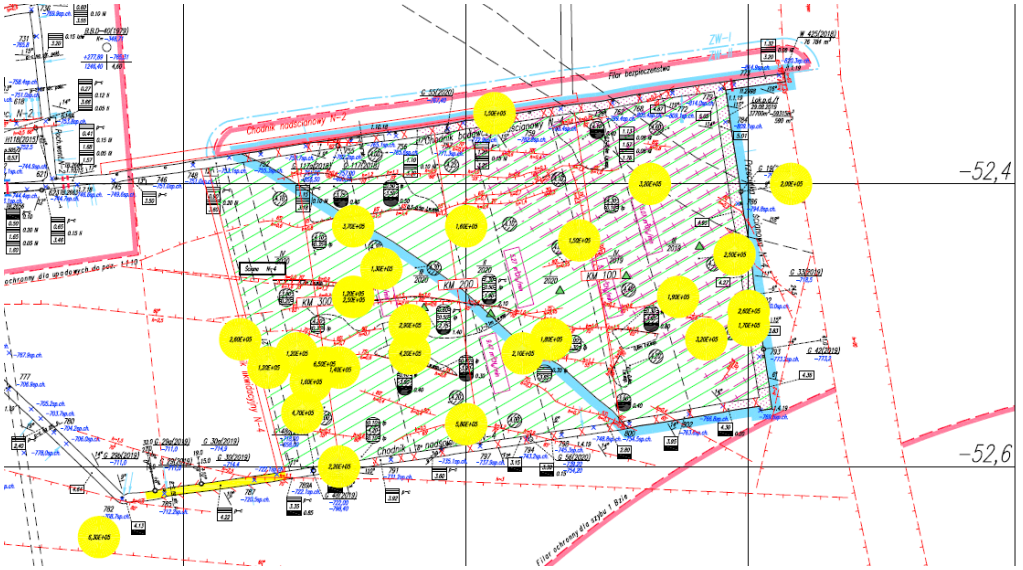
MIESIĄC	ILOŚĆ WSTRZĄSÓW W KLASACH ENERGII [J]					POSTĘP ŚCIANY [m]	SUMA WSTRZĄSÓW	SUMARYCZNA ENERGIA [J]
	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6			
Styczeń	7	98	10	1	0	13,5	116	1,1E+06
Luty	10	87	15	1	0	8,75	113	1,3E+06
Marzec	9	38	7	0	0	2,75	54	3,6E+05
Kwiecień	2	1	0	0	0	0	3	5,8E+03
SUMA	28	224	32	2	0	25	286	2,7E+06

Porównując aktywność sejsmiczną jaka wystąpiła w kolejnych etapach eksploatacji z miesięcznym postępem ściany N-4 (tabela 3,4,5) można wnioskować, że w znacznym stopniu zależy od wielkości postępu i występujących zaburzeń geologicznych. Największe postępy miesięcznie ściana N-4 (powyżej 30m) uzyskała w; październiku 2019r. kiedy zarejestrowano 408 wstrząsów, wrześniu 2020r. kiedy zarejestrowano 229 wstrząsów, październiku 2020r. kiedy zarejestrowano 282 wstrząsy oraz w czerwcu 2020r. kiedy zarejestrowano 240 wstrząsów. Analogicznie zachowywała się sumaryczna energia wstrząsów, która wraz z zwiększonym postępem ściany rosła wraz z ich ilością i energią pojedynczych wstrząsów. W październiku 2020r. zarejestrowano 282 wstrząsy w tym 5 wstrząsów o energii 10^5 J o sumarycznej energii $3{,}20\times10^6$J, podczas całego okresu eksploatacji był to miesiąc o największej ilości wstrząsów wysokoenergetycznych oraz sumarycznej wydzielonej energii.

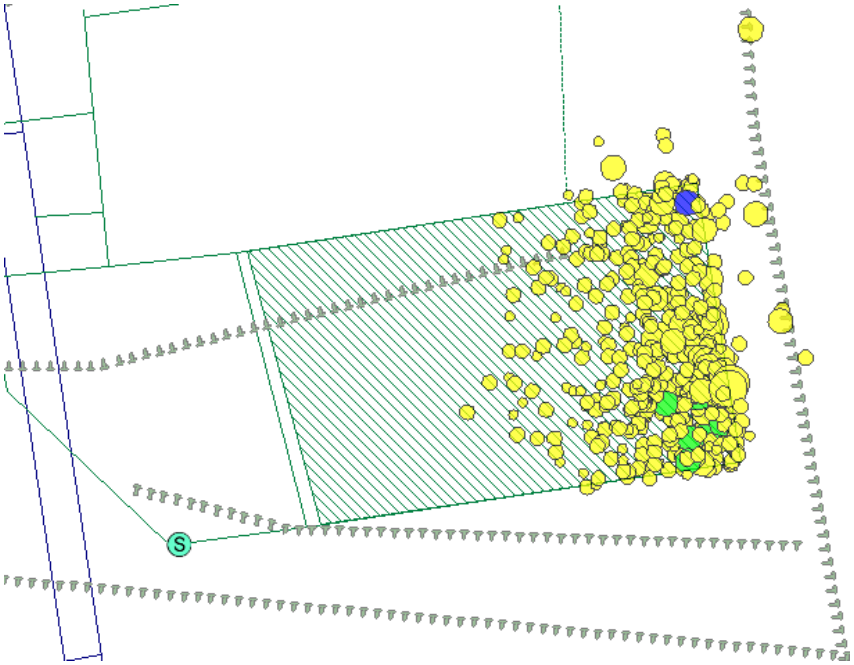
Wysokoenergetyczna sejsmiczność górotworu była spowodowana głównie skutkiem uaktywniania się potencjalnie wstrząsogennych piaskowców mułowców i iłowców zalegających nad pokładem 505/1 oraz licznych zaburzeń geologicznych skutkujących incydentalnymi wstrząsami o energii rzędu 10^5.



Rys. 6. Wielkość wydzielonej energii i sumaryczna liczba wstrząsów w odniesieniu do postępu ściany N-4 pokł.505/1 w poszczególnych miesiącach eksploatacji.



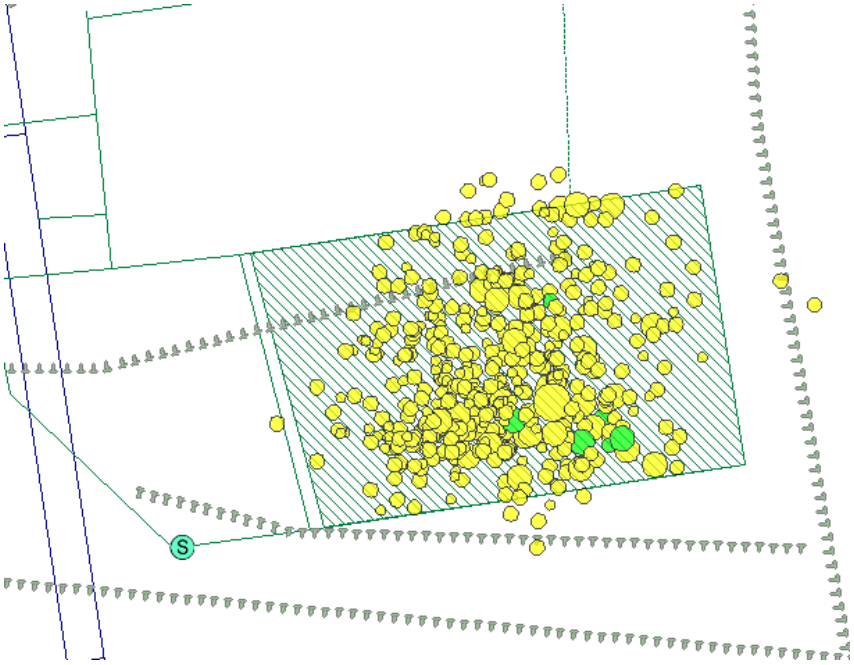
Rys.7. Lokalizacja ognisk wstrząsów wysokoenergetycznych na ścianie N-4 w pokładzie 505/1 w latach 2019-2021



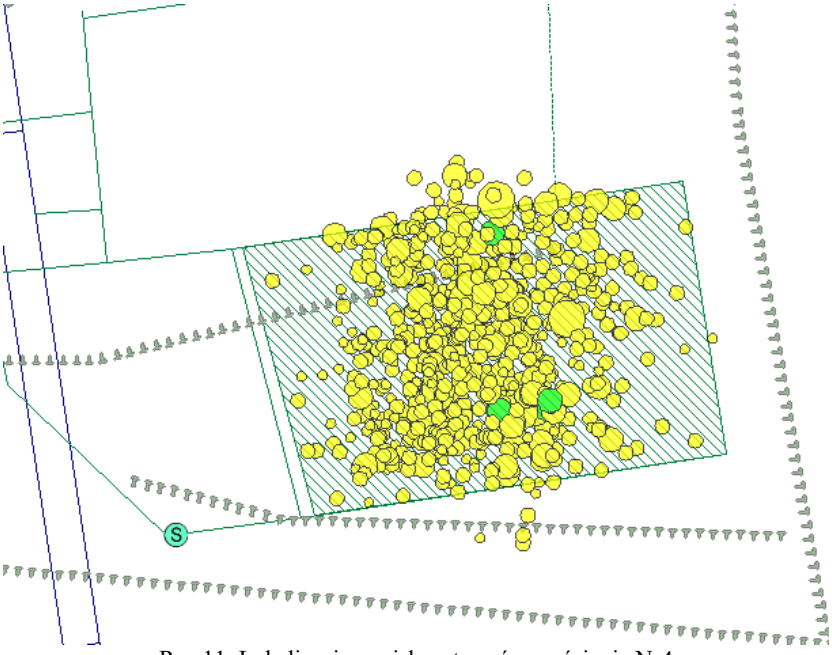
Rys.8. Lokalizacja ognisk wstrząsów na ścianie N-4
w pokładzie 505/1 w III kwartale 2019r.



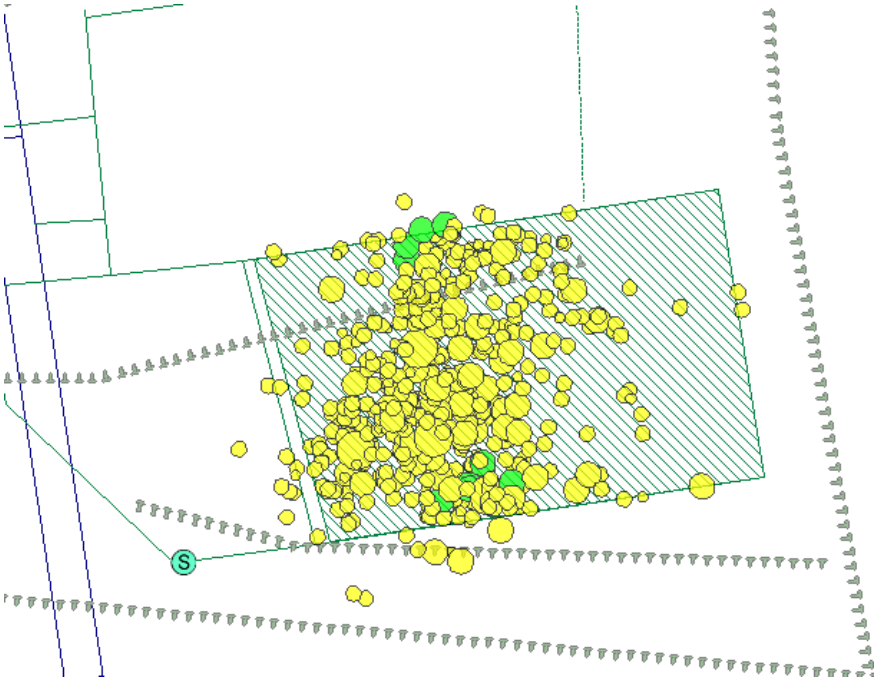
Rys.9. Lokalizacja ognisk wstrząsów na ścianie N-4
w pokładzie 505/1 w IV kwartale 2019r.



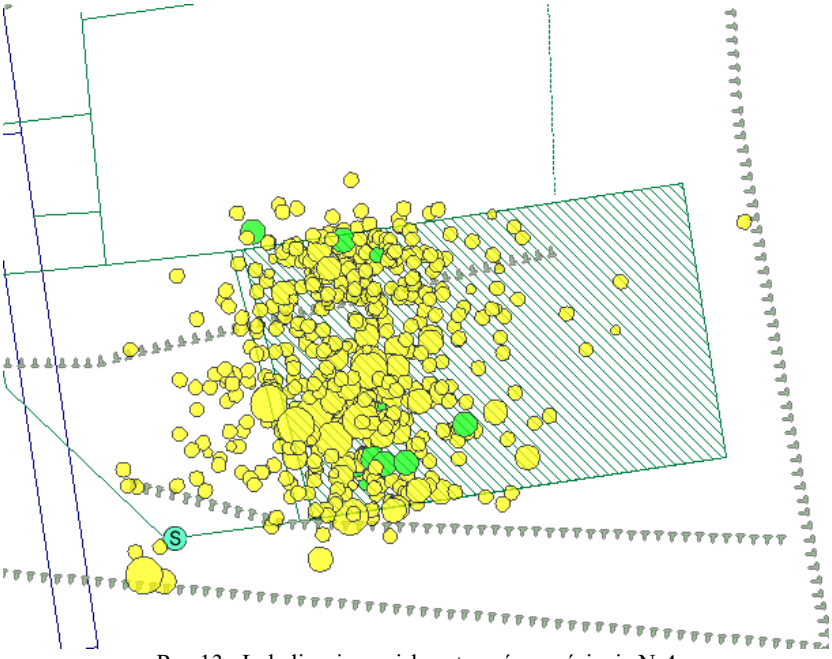
Rys.10. Lokalizacja ognisk wstrząsów na ścianie N-4 w pokł. 505/1
w I kwartale 2020r.



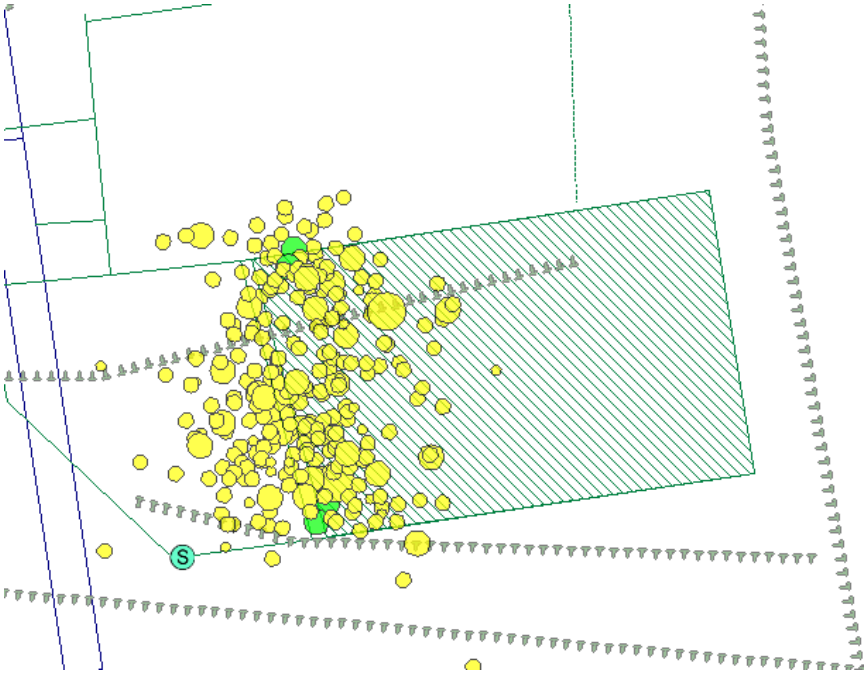
Rys.11. Lokalizacja ognisk wstrząsów na ścianie N-4
w pokładzie 505/1 w II kwartale 2021r.



Rys.12. Lokalizacja ognisk wstrząsów na ścianie N-4
w pokładzie 505/1 w III kwartale 2020r.



Rys.13. Lokalizacja ognisk wstrząsów na ścianie N-4
w pokładzie 505/1 w IV kwartale 2020r.



Rys.14. Lokalizacja ognisk wstrząsów na ścianie N-4
w pokładzie 505/1 w I kwartale 2021r.

Lokalizacja ognisk wstrząsów wysokenergetycznh przedstawiona na rysunku 7 pozwala stwierdzić, że wstrząsy zarejestrowane podczas eksploatacji ściany N-4 były skutkiem wyzwolenia zakumulowanej energii sprężystej w kompleksie warstw piaskowca, mułowca i iłowca nad pokładem 505/1. Wstrząsy niskoenergetyczne lokalizowane były generalnie za frontem ściany i były bezpośrednio związane z procesami zniszczenia zachodzącymi w pokładzie lub w warstwach stropu bezpośredniego, a ich nasilenie wiązało się z postępem frontu ściany oraz z wystepującymi zaburzeniami geologicznymi w postaci uskoków.

Na wysoki poziom sejsmiczności podczas eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 miały wpływ:
- projekcja ściany N-4 p.505/1 w wschodniej części partii N gdzie nie prowadzono dotychczas żadnych robót górniczych związanych z eksploatacją pokładów,
- duża miąższość wybieranego pokładu,
- obecność ław piaskowców, mułowców i iłowców w stropie pokładu o dużej wytrzymałości,
- duże ciśnienia pierwotne spowodowane dużą głębokością zalegania pokładu oraz brakiem wcześniejszego odprężenia,
- duża ilość zburzeń geologicznych w postaci uskoków normalnych.

V. PROFILAKTYKA TĄPANIOWA

W związku z dużą rejestrowaną aktywnością sejsmiczną, w rejonie ściany N-4 w pokładzie 505/1, podjęto następujące kroki:

1. Stosowano aktywną profilaktykę tąpaniaową:

Podczas eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 zaobserwowano wzmożone ciśnienia na ociosie ścianowym, którym towarzyszy opad skał stropowych oraz „wyjeżdżanie" ociosu. Podwyższone naprężenia na ociosie mogły być wynikiem braku zawału wysokiego. W celu poprawy zawału skał stropowych oraz zmniejszenia naprężeń na ociosie ścianowym, wykonywane były:
- strzelania torpedujące strop pokładu 505/1,
- ukierunkowane hydroszczelinowania skał stropowych.

Tabela 6. Dane dotyczące strzelań torpedujących w rejonie ściany N-4 w pokładzie 505/1

LP	Data	KM ściany	Lokalizacja otworu	KM otworu	Kąt pionowy	Kąt poziomy (od osi)	Dł. otw. (m)	Ilość MW (kg)	Energia wstrz.[J]
1.	27.07.19r	14	chod.nadśc. N-4	40	+25	20 od osi chodnika w zroby	33	33	4,9 E4
2.	04.08.19r	22	chod.nadśc. N-4	47	+25	30 od osi chodnika w zroby	35	36	3,2 E4
3.	08.09.19r	28	chod.nadśc. N-4	52	+12	49 od osi chodnika w zroby	37	39	4,1 E4
4.	15.09.19r	34	chod.nadśc. N-4	59	+25	20 od osi chodnika w zroby	33	40	3,5 E4
5.	22.09.19r	44	chod.nadśc. N-4	74	+16	51 od osi chodnika w zroby	43	51	2,1 E4
6.	29.09.19r	48	kanał sciany	s.90	+50	90 od linii frontu	8	12	3,0 E4
		48	chod.nadśc. N-4	77	+16	51 od osi chodnika w zroby	43	36	
7.	06.10,19r	60	chod.nadśc. N-4	s.96	+60	90 od linii frontu	8	12	4,5 E3
8.	13.10.19r	60	chod.nadśc. N-4	93,7	+16	51 od osi chodnika w zroby	30	45	1,6 E4
9.	20.10.19r	78	chod.nadśc. N-4	98	+17	52 od osi chodnika w zroby	43	54	2,6 E4
10.	28.10.19r	80	chod.nadśc. N-4	106	+20	w kierunku sekcji 110	43	30	3,5 E5
		102	chod.bad.podśc.N-4	136	+22	w kierunku sekcji 10	40	30	
11.	27.10.19r	113	chod.bad.podśc.N-4	148	+16	w kierunku sekcji 10	38	36	4,8 E4

12.	03.11.19r	113	chod.nadśc. N-4	117	+15	w kierunku sekcji 110	40	75	9,6 E4
		112	chod.bad.podśc.N-4	142	+20	w kierunku sekcji 10	40		
13.	10.11.19r	119	chod.nadśc. N-4	144	+13	52 od osi chodnika w zroby	40	75	5,3 E4
		115	chod.bad.podśc.N-4	145	+16	w kierunku sekcji 10	44		
14.	26.11.19r							30	6,9 E3
15.	04.12.19r	113	chod.bad.podśc.N-4	155	+16	w kierunku sekcji 10	40	36	2,4 E4
16.	11.12.19r	113,5	kanał sciany	s.60	+60	pomiędzy s. 61 a s. 62	10	12	4,8 E3
17.	29.12.19r							9	2,6 E3
18.	05.01.20r	118	chod.nadśc. N-4	127	+13	30 od osi chodnika w zroby	39	42	1,2 E4
19.	12.01.20r	119	chod.nadśc. N-4	138	+15	45 od osi chodnika w zroby	45	42	8,9 E3
20.	02.02.20r	120	kanał sciany	s61	+60	pomiędzy s. 61 a s. 62	10	12	2,1 E3
21.	16.02.20r	120,5	chod.nadśc. N-4	150	+20	45 od osi chodnika w zroby	40	39	1,0 E4
22.	23.02.20r	125	chod.nadśc. N-4	155	+20	45 od osi chodnika w zroby	41	39	1,7 E4
23.	01.03.20r	132	kanał sciany	s. 115	+25	pomiędzy s. 115 a s. 116	25	15	1,2 E4
24.	21.03.20r	153	chod.nadśc. N-4	183,5	+12	48 od osi chodnika w zroby	40	42	1,2 E4
25.	10.04.20r	160	chod.nadśc. N-4	190	+20	30 od osi chodnika w zroby	41	36	2,1 E4
26.	24.04.20r	160,2	chod.nadśc. N-4	192	+20	45 od osi chodnika w zroby	41	36	7,8 E4
27.	09.05.20r		chod.bad.podśc.N-4	194,5	+20	35 od osi chodnika w zroby		39	5,3 E4
28.	13.06.20r	210	chod.nadśc. N-4	266,9	+16	35 od osi chodnika w zroby	42	39	1,4 E4

29.	31.07.20r	210	chod.nadśc. N-4	256,9	+16	35 od osi chodnika w zroby	42	39	1,4 E4
30.	06.08.20r	246	chod.bad.po dśc.N-4	265	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	1,1 E4
31.	17.08.20r		chod.nadśc. N-4		+19	20 od osi chodnika w zroby	32	36	1,0 E4
32.	27.08.20r		chod.bad.po dśc.N-4	265	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	2,7 E4
33.	29.08.20r	218	chod.nadśc. N-4	238	+19	25 od osi chodnika w zroby	32	36	1,7 E4
34.	04.09.20r	244	chod.bad.po dśc.N-4	271	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	2,1 E4
35.	11.09.20r	228	chod.nadśc. N-4	248	+19	25 od osi chodnika w zroby	32	36	1,5 E4
36.	16.09.20r	251	chod.bad.po dśc.N-4	280	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	2,2 E4
37.	24.09.20r				+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	1,0 E4
38.	03.10.20r	278	chod.bad.po dśc.N-4	294	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	7,0 E3
39.	08.10.20r	261	chod.nadśc. N-4	285	+19	25 od osi chodnika w zroby	32	36	1,8 E4
40.	11.10.20r	263,5	chod.nadśc. N-4	285	+40	8 od osi chodnika w zroby	35	36	2,4 E4
41.	15.1020r	290	chod.bad.po dśc.N-4	315	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	2,4 E4
42.	24.10.20r	280	chod.nadśc. N-4	300	+19	25 od osi chodnika w zroby	32	36	1,1 E4
43.	05.11.20r	290	chod.nadśc. N-4	310	+19	35 od osi chodnika w zroby	32	36	1,1 E4
44.	13.11.20r	295	chod.nadśc. N-4	326	+19	25 od osi chodnika w	32	36	7,0 E3

						zroby			
45.	20.11.20r	305	chod.nadśc. N-4	332	+19	25 od osi chodnika w zroby	32	36	5,8 E3
46.	17.12.20r	316,5	chod.nadśc. N-4	345	+19	25 od osi chodnika w zroby	32	42	1,3 E4
47.	18.12.20r	316,5	chod.bad.podśc.N-4	367	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	36	1,6 E4
48.	12.01.21r	320	chod.bad.podśc.N-4	375	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	39	1,9 E4
49.	02.02.21r	356	chod.bad.podśc.N-4	385	+24	25 od osi chodnika w zroby	32	39	2,3 E4
50.	28.02.21r	340	chod.nadśc. N-4	430,5	+19	25 od osi chodnika w zroby	35	36	1,5 E4

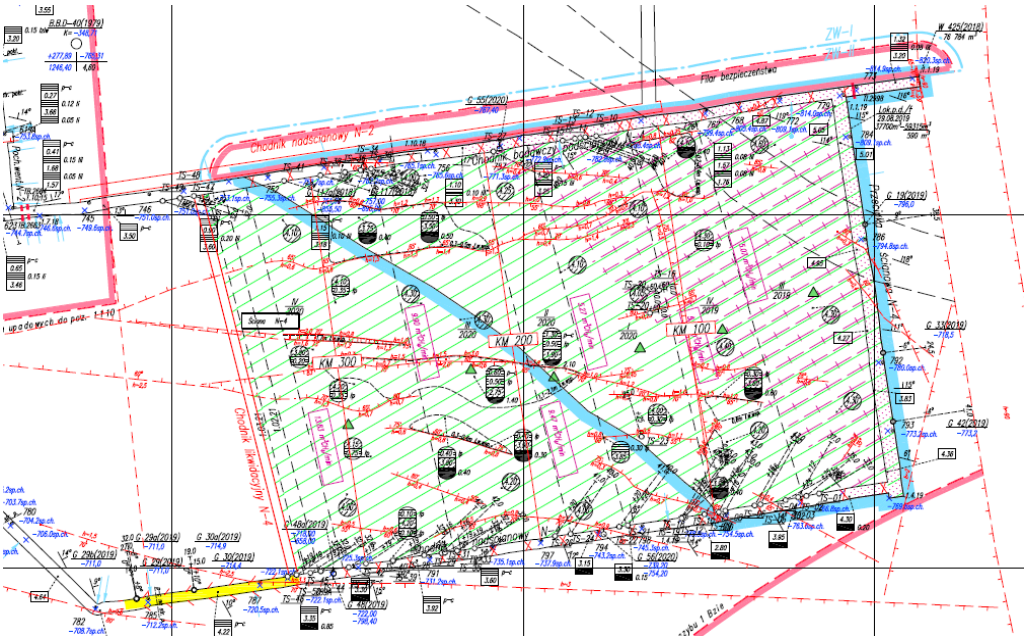
Tabela 7. Dane dotyczące ukierunkowanego hydroszczelinowania skał stropowych w rejonie ściany N-4 w pokł. 505/1

Data	Lokalizacja otworu	Czas wtłaczania [min]	Ciśnienie cieczy [MPa]	Zjawiska towarzyszące szczelinowaniu	Uwagi
05.07.20r	s. 55	-	28	stuki, trzaski w górotworze	Brak szczelności górotworu
05.07.20r	s. 45	3	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 20MPa. Wycieki cieczy z górotworu. Zaprzestano dalszego wtłaczania
26.07.20r	s. 88	5	10	stuki, trzaski w górotworze	Nie uzyskano zadanego ciśnienia cieczy.
26.07.20r	s. 105	5	10	stuki, trzaski w górotworze	Nie uzyskano zadanego ciśnienia cieczy.
26.07.20r	12m przed frontem w chodniku nadścianowym N-4	-	10	-	Brak szczelności górotworu
02.08.20r	s. 45	5	15	stuki, trzaski w górotworze	Nie uzyskano zadanego ciśnienia cieczy.
02.08.20r	s. 92	3	28	stuki, trzaski w	Spadek ciśnienia cieczy do

				górotworze	22MPa po ok. 1min. Po 3min spadek ciśnienia do 15MPa brak wycieków wody.
02.08.20r	37m przed frontem w chodniku nadścianowym N-4	1	15	stuki, trzaski w górotworze	Wycieki z górotworu.
09.08.20r	s. 55	3	30-15	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 22MPa po ok. 1min. Po 3min spadek ciśnienia do 15MPa brak wycieków wody.
09.08.20r	s. 81	5	30-15	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 25MPa po ok. 1min. Po 5min spadek ciśnienia do 15MPa brak wycieków wody.
14.08.20r	s. 52	3	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 22MPa po ok. 10s. Po 15s spadek ciśnienia do 15MPa brak wycieków wody.
14.08.20r	s. 75	3	15	stuki, trzaski w górotworze	Wycieki z górotworu.
23.08.20r	s. 110	3	14	stuki, trzaski w górotworze	Wycieki z górotworu.
30.08.20r	s. 90	4	24	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 14MPa po ok. 35s. Po 3,5min wypływ cieczy z górotworu.
30.08.20r	s. 110	4	14	stuki, trzaski w górotworze	Wycieki z górotworu.
06.09.20r	s. 82	4min 20s	25	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 16MPa po ok. 20s. Po 4min wypływ cieczy z górotworu.
06.09.20r	s. 95	4min 40s	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 24MPa po ok. 10s. Po 4,5min wypływ cieczy z górotworu.
20.09.20r	s. 113	5min 10s	25	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 16MPa po ok. 12s, następnie wzrost do 19MPa, wypływ cieczy z górotworu.
20.09.20r	s. 93	4 min 40s	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy po ok. 7s, wypływ cieczy z górotworu.
27.09.20r	s. 104	4min 55s	24	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 20MPa po ok. 3s. , następnie wzrost do 18MPa, wypływ cieczy z górotworu.
27.09.20r	s. 113	5min 15s.	23	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 15MPa po 5s., następnie wzrost do 20MPa po 44s. spadek do 10MPa, następny wzrost do 19MPa, tłoczenie 4min 31s wypływ cieczy z górotworu.
04.10.20r	s. 100	4	28	stuki, trzaski w	Natychmiastowy spadek do

				górotworze	10MPa, następnie wzrost do 19MPa i po 1min 15s. spadek do 10MPa i następny wzrost do 19MPa, zatłaczanie 5min 15s.
04.10.20r	s. 110	4min 37s	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia cieczy do 10MPa po ok. 7s, następnie wzrost do 18MPa, tłoczenie 4min 44s.
11.10.20	s. 90	4 min	14	stuki, trzaski w górotworze	Wycieki z górotworu.
11.10.20	s. 100	5min	22	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia po 4s. do 14MPa, nawadnianie przez 5min
18.10.20	s.25	4min 30s	27	brak efektów dźwiękowych	Wycieki z górotworu.
18.10.20	s. 45	4min 7s	26	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 12Mpa po 15s, następnie wzrost do 18, tłoczenie 4min, wycieki z górotworu
25.10.20r	s. 35	4min 30s	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 11MPa po 10s. następnie wzrost do 18MPa, tłoczenie 4min 30s
25.10.20r	s. 45	5min	28	brak efektów dźwiękowych	Nie uzyskano zadanego ciśnienia cieczy.
01.11.20r	s. 86	5 min	26	stuki, trzaski w górotworze	Wycieki z górotworu.
01.11.20r	s. 95	5min	26	stuki, trzaski w górotworze	Brak spadku ciśnienia, wycieki z górotworu.
08.11.20r	s. 100	5 min	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 12MPa po 5s., tłoczenie przez 5min
08.11.20r	s. 110	5min	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 14MPa po 10s., następnie wzrost ciśnienia do 16MPa, tłoczenie przez 5min
15.11.20r	s. 92	5 min	26	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 21MPa po 5s. tłoczenie przez 5min, wycieki z górotworu
15.11.20r	s. 104	5 min	10	brak efektów dźwiękowych	Nie uzyskano ciśnienia nominalnego. Wycieki z górotworu.
22.11.20r	s. 92	5min 30s	16	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 10MPa po 16s., tłoczenie przez 5min 30s, wycieki z górotworu.
05.12.20r	s. 60	3 min	22MPa	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 14MPa po 12s. tłoczenie wody 3min.
05.12.20r	s. 52	3 min	22MPa	brak efektów dźwiękowych	Wycieki z górotworu.
16.12.20r	s. 26	4 min	28MPa	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 24MPa po 20s. czas tłoczenia wody 5min.
16.12.20r	s. 38	4 min	28MPa	stuki, trzaski w górotworze	Wycieki z górotworu.
31.01.21r	s. 95	4 min	30MPa	brak efektów	Wycieki z górotworu.

				dźwiękowych	
31.01.21	s. 105	5 min	30	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 10MPa po 5s., następnie wzrost do 20MPa., tłoczenie wody przez 5min.
14.02.21r	s. 95	5 min	28	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 24MPa po 6s, czas tłoczenia wody 5min
14.02.21r	s. 110	5min	28MPa	stuki, trzaski w górotworze	Spadek ciśnienia do 20MPa po 2 s., czas tłoczenia wody 5min.



Rys.8. Schemat wykonywanych strzelań torpedujących strop
w rejonie ściany N-4 w pokładzie 505/1

2. Wyznaczono ruchomą „strefę szczególnego zagrożenia tąpaniami" w chodniku nadścianowym N-4 w pokładzie 505/1 na odcinku od 70 do100m, licząc od frontu ściany N-4 do linii wygrodzenia chodnika wraz z górnym odcinkiem ściany w obudowie indywidualnej.

Tak wyznaczona „strefa szczególnego zagrożenia tąpaniami" przemieszczała się wraz z postępem ściany N-4 z następującymi rygorami:

- Dopuszczalna liczba zatrudnionych:
  - zmiana wydobywcza - 6 osób,
  - zmiana niewydobywcza -10 osób.

- Za zmianę nie wydobywczą uznawano okres po upływie 60 minut od zakończenia cyklu urabiania na całej długości ściany N-4 i zakończeniu wyjazdu sekcji obudowy zmechanizowanej na całej długości ściany N-4.

- W **„strefie szczególnego zagrożenia tąpaniami”** ograniczono ruch załogi i przebywanie pracowników do niezbędnego minimum zarówno pod względem ilościowym jak i czasowym, z uwzględnieniem następujących rygorów:

➢ W czasie urabiania kombajnem na odcinku 30 (trzydziestu) sekcji (licząc od chodnika nadścianowego N-4) i wyjazdu sekcji na tym odcinku:

- zabronione było przebywania pracowników w „strefie szczególnego zagrożenia tąpaniami”.

➢ Po zatrzymaniu urabiania na odcinku 30 (trzydziestu) sekcji (licząc od chodnika nadścianowego N-4) i wyjazdu sekcji na tym odcinku ściany:

- zezwolone było na wejście maksymalnie 4 pracowników do „strefy…” w celu wykonania czynności technologicznych w górnym odcinku ściany (zabudowa skrzyżowania) lub w sytuacjach awaryjnych oraz w celu wykonania niezbędnych pomiarów i kontroli,

➢ W czasie urabiania kombajnem na odcinku poniżej 30 (trzydziestej) sekcji licząc od chodnika nadścianowego N-4 i wyjazdu sekcji na tym odcinku ściany:

- zezwolone było na przebywanie maksymalnie 6 osób w „strefie szczególnego zagrożenia tąpaniami”.

➢ Po upływie 60 minut od zakończenia urabiania kombajnu w dowolnym odcinku ściany i wyjazdu sekcji obudowy zmechanizowanej, zezwolone było na wejście do „strefy…” maksymalnie 12 pracowników (zmiana niewydobywcza).

- Stanowisko sterowania przenośnika zgrzebłowego podścianowego zlokalizowane było w odległości minimum 10m przed napędem przenośnika (w stronę wlotu).
- W czasie urabiania kombajnem na odcinku 30 (trzydziestu) sekcji licząc od chodnika badawczego podścianowego N-4 i wyjazdu sekcji na tym odcinku wycofywano załogę zatrudnioną w chodniku badawczym podścianowym N-4 na całej długości przenośnika PZP poza stanowisko sterowania PZP lub do ściany N-4.
- W celu ograniczenia stanowisk pracy w chodniku badawczym podścianowym N-4, zastosowany był monitoring urządzeń odstawy urobku ze ściany i zmieniona lokalizacja stanowisk sterowania poprzez zabudowę:

- kamery rejestrującej obraz przesypu urobku z przenośnika zgrzebłowego ścianowego na przenośnik zgrzebłowy podścianowy,
- kamery rejestrującej obraz przenośnika zgrzebłowego podścianowego, w miejscu zabudowania kruszarki kęsów,
- monitora do obserwacji obrazu z ww. kamer, usytuowanego powyżej 5 sekcji obudowy zmechanizowanej w ścianie N-4,
- stanowiska sterowania przenośnika zgrzebłowego ścianowego powyżej 5 sekcji obudowy zmechanizowanej, w bezpośrednim sąsiedztwie ww. monitora.

- Dodatkowe wzmocnienie obudowy na długości „strefy szczególnego zagrożenia tąpaniami” stanowił rząd podciągów stalowych budowanych na łukach stropnicowych obudowy chodnika.
- W wyznaczonej „strefie szczególnego zagrożenia tąpaniami” dopuszczało się lokalizację maszyn, urządzeń zasilających, stacji transformatorowej, pomp odwadniających, kolejki podwieszanej, wiertnic, wierteł, rurociągów, kabli, czujników itp. oraz składowania niezbędnych materiałów z zapasem 1 doby pod warunkiem utrzymania przejścia dla załogi, pomiędzy składowanymi materiałami, a ociosem chodników. Materiały te były zabezpieczone przed przypadkowym przemieszczaniem się.

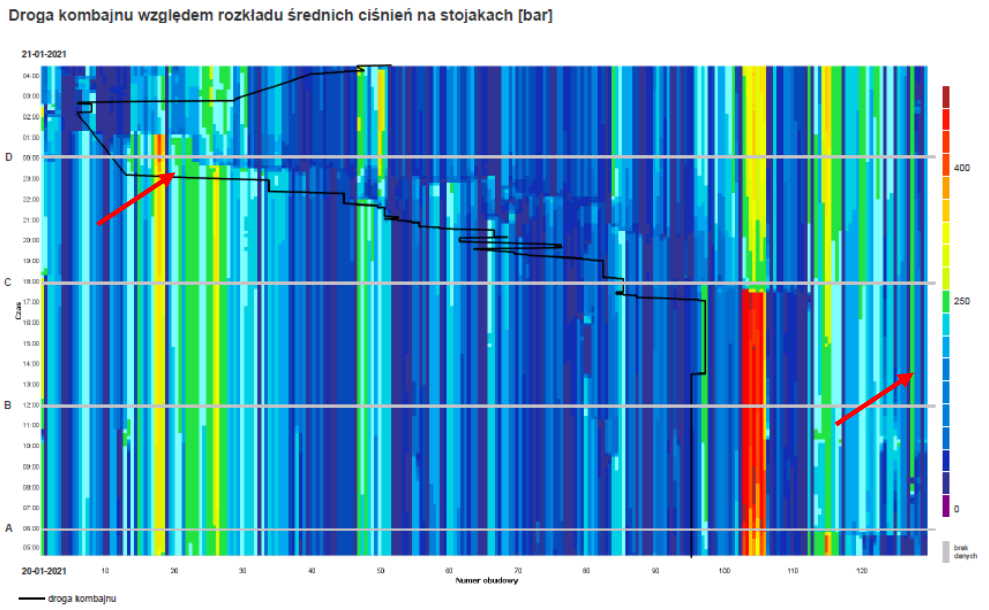
5. Obudowa chodników przyścianowych wzmocniona była poprzez zabudowę na odcinku 10m przed frontem ściany stojaków stalowych pod każdymi odrzwiami obudowy chodnikowej.

VI. KORELACJA PODPORNOŚCI SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ Z AKTYWNOŚCIĄ SEJSMOLOGICZNĄ

Obudowa zmechanizowana zastosowana w ścianie N-4 p.505/1 była wyposażona w system monitorowania ciśnienia RSPC II (ang. Roof Support Pressure Control), który odpowiadał za monitorowanie wartości ciśnień w stojakach obudowy ściany. Zastosowaniem systemu jest kontrola parametrów podporności sekcji obudów, co pozwala na prawidłowe kierowanie stropem eksploatowanej ściany.

KWK ,,Borynia – Zofiówka'' Ruch ,,Zofiówka'' wykorzystując dane z systemu RSPC II, analizuje możliwość wykorzystania raportów dobowych parametrów podporności sekcji obudów do predykcji zjawisk sejsmicznych oraz do oceny skuteczności stosowanej aktywnej profilaktyki tąpaniowej w postaci hydrodszczelinowania i strzelań torpedujących.

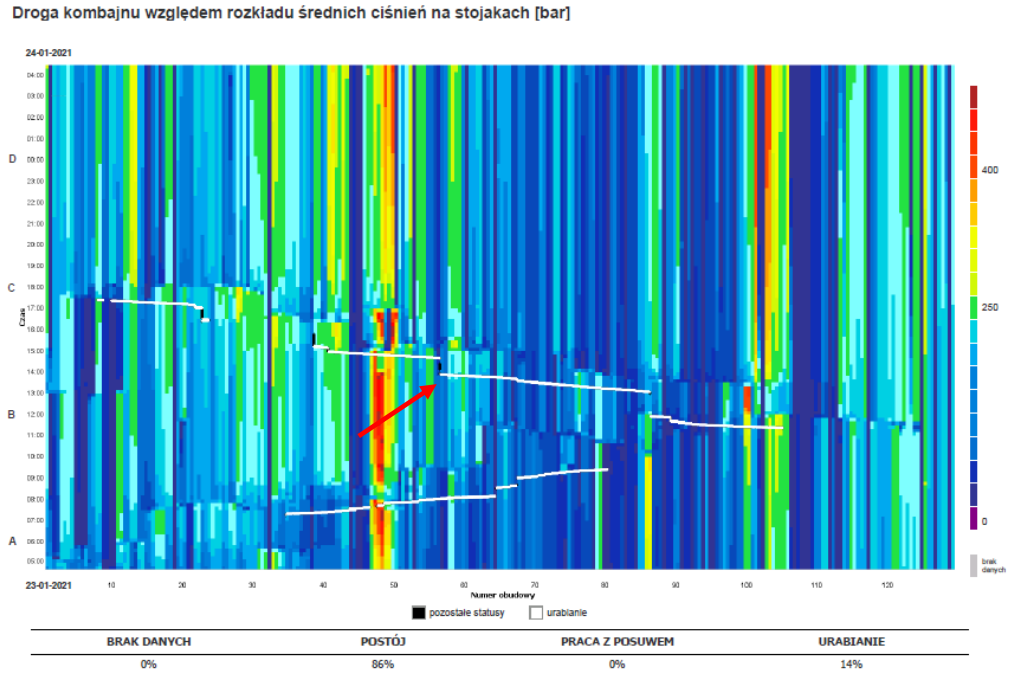
Na poniższych rysunkach od 9 do 12 przedstawiono raporty dobowe z rozkładem ciśnień z zaznaczonymi anomaliami wywołanymi zarejestrowanymi wstrząsami oraz w tabelach od 8 do 10 przedstawiono parametry wstrząsów powiązanych z zarejestrowanymi anomaliami.



Rys.9. Raport podporności sekcji obudów za dzień roboczy 20.01.2021r.

Tabela 8. Dane wstrząsów dotyczące zarejestrowanych anomalii w dniach 20.01.2021r. – 21.01.2021r.

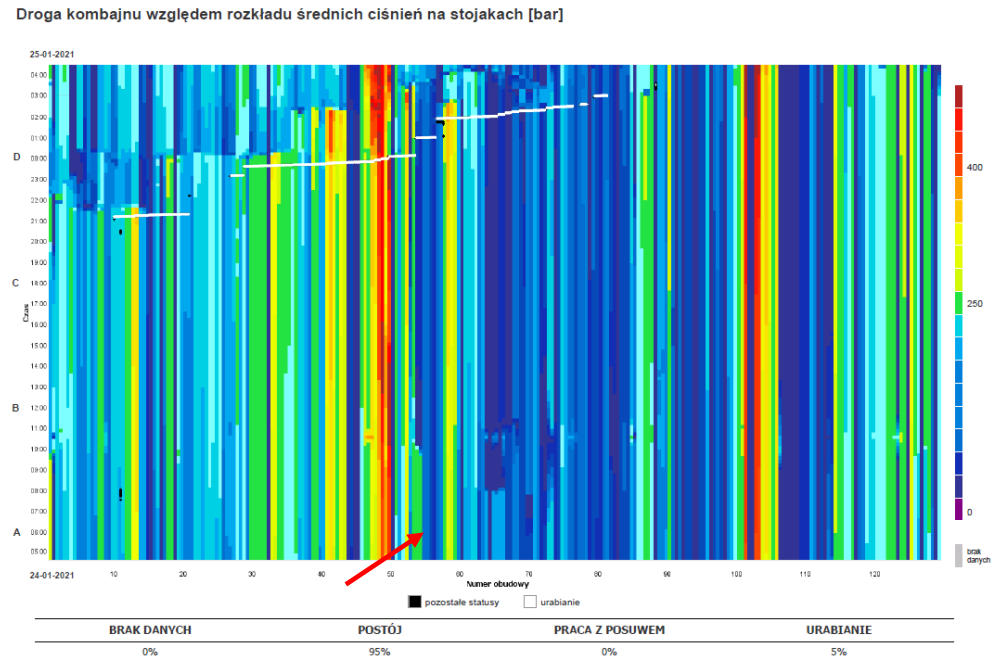
Lp.	Data	Godzina	Energia [J]	Lokalizacja
1.	20.01.2021r.	18:11:56	1,7E+04	-50m za frontem ściany -10m na S od chodnika nadścianowego N-4
2.	21.01.2021r.	01:29:33	5,2E+03	-10m przed frontem ściany -40m na S od chodnika badawczego podścianowego N-4



Rys.10. Raport podporności sekcji obudów za dzień roboczy 23.01.2021r

Tabela 9. Dane wstrząsu dotyczące zarejestrowanej anomalii w dniu 23.01.2021r.

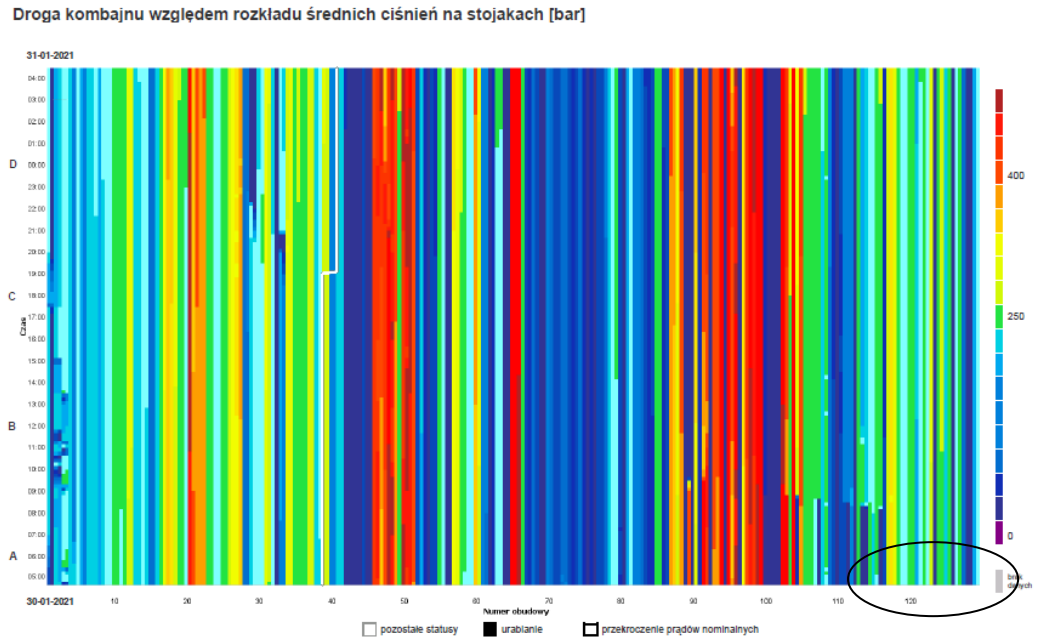
Lp.	Data	Godzina	Energia [J]	Lokalizacja
1.	23.01.2021r.	17:12:52	9,2E+03	-50m na S od chodnika badawczego podścianowego N-4 -50m za frontem ściany



Rys.11. Raport podporności sekcji obudów za dzień roboczy 24.01.2021r

Tabela 9. Dane wstrząsu dotyczące zarejestrowanej anomalii w dniu 24.01.2021r.

Lp.	Data	Godzina	Energia [J]	Lokalizacja
1.	24.01.2021	10:44:51	1,0E+04	-114m na N od chodnika nadścianowego -Na linii frontu ściany



Rys.12. Raport podporności sekcji obudów za dzień roboczy 30.01.2021r.
po wykonanym na sekcji 105 hydroszczelinowaniu.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wstrząsy górotworu indukowane działalnością górniczą są zaliczane do górniczych zagrożeń naturalnych, które wynikają bezpośrednio z naturalnych właściwości środowiska geologicznego, a ich występowanie jest warunkowane sposobem prowadzonych robót górniczych. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabiera obecność w budowie geologicznej złoża grubych zwartych kompleksów skał, cechujących się dużą miąższością oraz zdolnością do akumulacji energii sprężystej. Warunki takie spełniają w pierwszym rzędzie występujące w stropie pokładu mułowce, iłowce i piaskowce. Istotną sprawą jest także odległość dzieląca warstwy od wybranego pokładu, a także wzajemne usytuowanie warstw względem siebie [6, 7].

Zasadniczymi czynnikami kształtującymi rozkład naprężeń w rejonie ściany N-4 w pokładzie 505/1 partia N były:
- duża głębokość (od 988 do 1095 m),
- duża miąższość wybieranego pokładu,
- obecność ław mułowców, iłowców i piaskowców w stropie pokładu o dużej wytrzymałości,
- brak odprężenia pokładu,
- duża ilość zburzeń geologicznych w postaci uskoków normalnych.

Systematyczne powiększanie się wyeksploatowanej powierzchni prowadziło do przekroczenia granicznych parametrów wytrzymałościowych warstw nadległych indukując wstrząsy.

Ocenę zachodzących w czasie zmian kształtowania się zagrożenia dokonano metodami analizy statystycznej bazującej na zbiorach danych o rejestrowanych wstrząsach. Na ich podstawie stwierdzono że:

- w rejonie ściany N-4 w latach 2019-2021 zarejestrowano 3561 wstrząsów górotworu o sumarycznej energii $2{,}8\times10^{7}$J,
- największą aktywnością sejsmiczną w zakresie ilości wstrząsów górotworu charakteryzował się miesiąc październik 2019r. wystąpiło wtedy 408 wstrząsów ,
- najbardziej aktywnym miesiącem pod względem wielkości emisji energii sejsmicznej był: październik 2020r. Sumaryczna energia wynosiła wtedy: $3{,}20\times10^{6}$J. W tym okresie zarejestrowano także największą liczbę wstrząsów o energiach $\geq10^{5}$J (5 o energii 10^{5}J).

Analiza uzyskanych wyników doprowadziła do następujących wniosków:

- w wyniku oddziaływania eksploatacji na potencjalnie wstrząsogenne (zalegające nad pokładami: 505/1) warstwy mułowca, iłowca i piaskowca dochodziło do okresowego uaktywniania się utworów skalnych, skutkujących indukowaniem wstrząsów o energii rzędu 10^{5}J,
- nie nastąpiło uaktywnienie się uskoków o dużych zrzutach w tym Uskoku Jastrzębskiego o zrzucie h ~ od 25 do 90m (zbyt mała powierzchnia otwartego stropu), co nie skutkowało indukowaniem wstrząsów o energii sejsmicznej $\geq10^{6}$J.

Opisany przykład prowadzenia ściany N-4 w pokładzie 505/1 w partia N w warunkach zagrożenia tąpaniami pokazuje ze zastosowanie odpowiednio dobranych metod analitycznych, górniczych, geofizycznych oraz szerokiego zakresu środków profilaktycznych pozwala na zmniejszenie zagrożenia i bezpieczne prowadzenie eksploatacji.

Przedstawiony system RSPC II, który odpowiada za monitorowanie wartości ciśnień w stojakach obudowy ściany, pozwala na ciągły pomiar in situ na całej długości ściany. Zastosowaniem systemu jest kontrola parametrów podporności sekcji obudów, co pozwala na prawidłowe kierowanie stropem eksploatowanej ściany.

Porównując dane z systemu RSPC II z zarejestrowanymi zjawiskami sejsmologicznymi, można zaobserwować korelację rejestrowanego ciśnienia w stojakach obudowy ściany z lokalnymi wzrostami naprężeń w górotworze. Uwidacznia się to anomalią w postaci nagłego spadku wartości ciśnienia przed wystąpieniem wstrząsu, a następnie po zarejestrowanym wstrząsie następuje stopniowy wzrost ciśnienia w stojakach obudowy ściany. Również wyniki z Systemu RSPC II wykorzystywane były do wyznaczenia miejsc o podwyższonych naprężeniach w celu obniżenia stanu zagrożenia tąpaniami poprzez zastosowanie aktywnej profilaktyki tąpaniowej w postaci strzelań torpedujących jak i hydroszczelinowania.

Opisane przykłady wykorzystania systemu RSPC II dają duże nadzieje na wykorzystanie systemu w ocenie stanu zagrożenia tąpaniami oraz doborze i ocenie profilaktyki tąpaniowej. Podczas eksploatacji następnych ścian wyposażonych w system RSPC II planowane jest uzyskanie ciągłego podglądu na rozkład ciśnień w czasie rzeczywistym w celu korelacji podwyższonych naprężeń z aktywnością sejsmologiczną.

LITERATURA

1. Aneks nr.8 do kompleksowego projektu eksploatacji pokładów zagrożonych tąpaniami w KWK ” BORYNIA-ZOFIÓWKA-JASTRZĘBIE” Ruch ”Zofiówka” na lata 2019-2021. Opracowanie Ruch ”Zofiówka” 2019.
2. Bukowska M. (2005): Prognozowanie skłonności do tąpań górotworu metodą wskaźnikowej oceny geologiczno-geomechaniczne w warunkach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa. Nr 866.
3. Ocena i prognoza zagrożenia tąpaniami dla eksploatacji pokładu 505/1 ścianą N-4 wraz z kwalifikacją części pokładu 505/1 w partii złoża „N’’ do odpowiedniego stopnia zagrożenia tąpaniami.
Opracowanie biuro naukowo techniczne Geotech II 2019.
4. Pilecki Z., Krawiec K., Kokowski J., Harba P. (2019). Raport 4/2019 Wyniki profilowania sejsmicznego
w chodnikach przyścianowych ściany N-4 w KWK „Borynia – Zofiówka – Jastrzębie’’ Ruch „Zofiówka’’, Instytut Gospodarki surowcami mineralnymi i energią PAN.
5. Praca zbiorowa pod kierunkiem B. Firanka (1983). Zagrożenia naturalne w kopalniach. Sposoby prognozowania, zapobiegania i kontroli.. Wydawnictwo „Śląsk” .
6. Prace naukowe GIG. VI Konferencja naukowo-techniczna tapania’99 na temat: intensywność eksploatacji a zagrożenie tąpaniami.
7. Prace naukowe GIG. VIII Konferencja naukowo-techniczna tąpania 2001 na temat: miary oceny stanu zagrożenia tąpaniami i skuteczności profilaktyki.
8. Zasady i zakres stosowania metody kompleksowej i metod szczegółowych oceny stanu zagrożenia tąpaniami kopalniach węgla kamiennego. - Instrukcja No 20, Główny Instytut Górnictwa - Katowice 2007.