

Polityka UE i Polski w odniesieniu
do odpadów wydobywczych

Mołoch europejski –
OUOW „Żelazny Most”

Zarządzanie eksploatacją
transformatorów

INNOWACJE • SUROWCE • ENERGETYKA • PRZEMYSŁ • BUDOWNICTWO • TRANSPORT • EKOLOGIA

KONSULTING

5/6 2015

I/II kwartał

ISSN 2353-5091

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY TOWARZYSTWA KONSULTANTÓW POLSKICH

POLSKI

**KONSULTING POLSKI
JEST PATRONEM MEDIALNYM**

**III Polskiego Kongresu Górniczego
WROCLAW 14–16.09.2015**

Wydanie specjalne:
**Odpady
czy cenny surowiec?**

w numerze:

Hydraty – niewyczerpalne zasoby metanu?

**Światowy i krajowy bilans odpadów
flotacyjnych górnictwa rud miedzi**

KOLEGIUM REDAKCYJNE:

Redaktor Naczelny:
Stanisław Downorowicz
Z-ca Redaktora Naczelnego:
Włodzimierz Koźmiński
Redaktor Techniczny:
Marcin Mysza
Redaktor ds. Graficznych:
Katarzyna Mysza
Sekretarz Redakcji:
Adam Maksymowicz
Kierownik Biura Redakcji:
Danuta Mudry

REDAKTORZY DZIAŁÓW:**INNOWACJE**

mgr inż. Włodzimierz Koźmiński

SUROWCE

dr Cezary Bachowski

ENERGETYKA

mgr inż. Waldemar Olech

PRZEMYSŁ

mgr inż. Seweryn Pluciński

BUDOWNICTWO

Prof. dr hab. inż. Maciej Werno

TRANSPORT

mgr inż. Tadeusz Chodorowski

EKOLOGIA

mgr Janusz Piątkowski

RADA PROGRAMOWA:**Przewodniczący:**

prof. dr hab. inż. Zdzisław Kowalczyk

Członkowie:

Mgr inż. Zbigniew Dąbrowski
Prof. dr hab. inż. Stanisław Downorowicz
Dipl. Ing. Richard Drapala (Niemcy)
Mgr inż. Wojciech Kazimierzak
Kand.n.t. Władimir Kibiriew (Rosja)
Prof. dr hab. inż. Zdzisław Kleczek
Dr Jan Krasoń (USA)
Prof. dr hab. inż. Jan Kudelko
Mgr Stanisław Petrykowski
Mgr inż. Andrzej Rączkiewicz
Kand.n.t. Georgij Sazonow (Rosja)
Prof. dr hab. inż. Jerzy Sobota
Prof. dr inż. Zbigniew Śmieszek
Prof. dr hab. inż. Maciej Werno

Adres redakcji:

KONSULTING POLSKI
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 98B
59-301 Lubin
tel. 76 846 26 51, faks 76 846 26 59
redakcja@konsultingpolski.eu

Wydawca:

Towarzystwo Konsultantów Polskich
Zarząd Główny w Warszawie

ISSN: 2353-5091

Nakład: 500 egz.

JAK ZAMÓWIĆ PRENUMERATĘ?

-faksem: 76 8462 659,
-telefonicznie: 76 8462 651
-pocztą elektroniczną:
redakcja@konsultingpolski.eu.

Redakcja przyjmuje prenumeratę roczną,
w kwocie 80 zł. Konto: BZ WBK S.A.
Nr: 42 10902082 0000 0005 1542



Z uwagi na zaistnienie kilku nieprzewidywalnych okoliczności, komentarz redakcyjny do prezentowanej edycji „Konsultingu Polskiego” jest wyjątkowym zadaniem. Zapowiadane w numerze 3/4/2014 „K.P.” XII Forum Wschód-Zachód nt. zagospodarowania odpadów wydobywczych w górnictwie rud, organizowane przy współudziale Instytutu Mechanobr-Inżyniering w St. Petersburgu pod tradycyjną nazwą nie odbyło się z powodu napięć politycznych spowodowanych konfliktem zbrojnym na Ukrainie. Organizatorzy Forum z tego powodu wyrażają ubolewanie. Natomiast w to miejsce, zachowując termin i problematykę, w KGHM Polska Miedź S.A. w Lubinie w dniach 09-10 października 2014 r. zorganizowano konferencję z udziałem tylko specjalistów krajowych. Przypominamy, że organizatorami konferencji byli: Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, KGHM Polska Miedź S.A., ZO SITG i ZO TKP w Lubinie. Konferencję zorganizowano pod honorowym patronatem Prezesa KGHM Polska Miedź S.A. – Herberta Wirtha, a Przewodniczącym Komitetu Naukowego był – Dziekan Wydziału G.G.iG. Politechniki Wrocławskiej – prof. dr hab. inż. Wojciech Ciężkowski, natomiast współprzewodniczącymi Komitetu Organizacyjnego byli Prezesi wyżej wymienionych Stowarzyszeń.

Zgłoszone na konferencję materiały publikujemy w aktualnej edycji nasze-

go kwartalnika o charakterze specjalnym z uwagi na dominującą tematykę odpadów wydobywczych.

Problematykę odpadów wydobywczych poruszono na wszystkich 12-Forach Wschód-Zachód. Do grupy wyróżniającą się aktywnością autorów bądź też dyskutantów wymienionych konferencji należeli zmarli w styczniu b.r. dr Jan Krasoń oraz dr n.t. Georgij T. Sazonow, którzy od początku kwartalnika byli członkami Rady Programowej naszego czasopisma. Obaj wnieśli wiele nowych idei do swoich dyscyplin wiedzy, to jest geologii i hydrotechniki. Ich wieloletnia działalność zawodowa i naukowa była ukierunkowana przeważająco na rzecz górnictwa rud metali nieżelaznych, ale też na rzecz surowców energetycznych w przypadku J. Krasonia oraz hydroenergetyki i gospodarki wodnej w przypadku G.T. Sazonowa.

Z uwagi na wybitne pozycje zmarłych w swoich środowiskach zawodowych oraz w relacjach z Kolegium Redakcyjnym i Radą Programową, w części wstępnej „Konsultingu Polskiego” zamieszczamy nekrologi – wspomnienia o tych wspaniałych osobowościach, najwyższej klasy specjalistach, niezawodnych Współpracownikach i Kolegach.

Redaktor Naczelny

	SPIS TREŚCI	CONTENS	СОДЕРЖАНИЕ
2	Od Redakcji	Editorial	От редакции
5	Nasza okładka	Cover	Наша обложка
6	Wspomnienia pośmiertne	Obituaries	Некрологи
10	Rozpoznanie 21 basenów morskich wskazuje na szeroką obecność hydratów. <i>Jan Krasoń</i>	Study of 21 marine basins indicates wide prevalence of hydrates	Разведка 21 морских бассейнов указывает на широкое присутствие гидратов
12	Polityka państwa i przepisy prawa jako czynniki promujące i ograniczające gospodarcze wykorzystanie odpadów wydobywczych. <i>Izabela Kotarska</i>	State policy and legal framework as incentives and disincentives for mining waste management in Poland	Политика государства и правовое регулирование как факторы, стимулирующие и ограничивающие экономическое использование отходов добывающей промышленности
17	Zagospodarowanie odpadów wydobywczych w świetle obowiązujących wymagań prawnych Unii Europejskiej. <i>Wiktor Kowalczyk</i>	Utilization of the extracted mine waste according to the EU legal regulations	Освоение отходов в соответствии правовым требованиям Европейского Союза
21	Światowy bilans wytwarzania odpadów przeróbczych w górnictwie rud miedzi. <i>Stanisław Downorowicz</i>	World's balance of the flotation tailings generated in the copper mining industry	Мировой баланс создания флотационных хвостов в горном деле медных руд
25	Struktura produktów operacji geologiczno-górnicznych na przykładzie złoża LGOM. <i>Jerzy Malewski</i>	The structure of products of geological and mining activities based on LGOM deposit	Структура продуктов горно-геологических операций на примере легницко-глоговского месторождения
28	Produkty uboczne flotacji rud miedzi w KGHM Polska Miedź S.A. <i>Stanisław Downorowicz, Paweł Markowski</i>	By-products of the flotation of copper ores in KGHM Polska Miedź S.A.	Побочные продукты флотации медных руд в КГХМ Польша Медь С.А.
34	Obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych Żelazny Most – stan obecny i plan rozbudowy. <i>Paweł Stefanek, Krzysztof Wrzosek, Wiesław Świerczyński, Andrzej Serwicki</i>	Żelazny Most talings storage facility – today and in the future	Объект складирования отбросов, образовавшихся в процессе добычи медной руды, Железный Мост - современное состояние и планы расширения

39	Możliwości oceny stabilności oraz monitorowania rozwoju procesów destrukcji obwałowań i skarp zbiorników odpadów górniczych za pomocą systemów elektrooporowych. <i>Adam Mirek, Grażyna Dzik</i>	Opportunities to assess the stability and monitor the development of destruction processess of earth embankments and slopes of mining waste reservoirs with the use of resistivity systems	Возможность оценки стабильности и мониторинг развития процессов разрушения набережных и склонов резервуаров для отходов горной добычи с использованием электросварных систем
43	Wykorzystanie głębokich studni odciążających w procesie stabilizacji zapór OUOW „Żelazny Most”. <i>Paweł Stefanek, Daniel Romaniuk, Paweł Ryszko</i>	Usage of the deep relief wells in the stabilization of the Żelazny Most TSF dams	Использование разгружающих глубоких скважин в процессе стабилизации плотины объекта складирования отбросов, образовавшихся в процессе добычи медной руды, Железный Мост
52	Zastosowanie nowoczesnych systemów rurowych GRP firmy HOBAS System Polska Sp. z o.o. w celu poprawy bezpieczeństwa i efektywności kosztowej w kopalniach <i>Sylwester Sykulski</i>	The application of the modern HOBAS Polska Sp. z o.o. GRP pipe systems to improve safety and cost efficiency in mines	Применение современных трубных систем ГРП фирмы ХОБАС Систем Польша О.О.О. с целью повышения безопасности и стоимостной эффективности в шахтах
55	Osobliwości rozwiązań projektowych rozmieszczenia urządzeń i trudności przygotowania rudy w zakładach wzbogacania <i>Baranow W.F.</i>	Peculiarities of the design of the equipment layout systems and difficulties of preparation of the ore in beneficiation plants	Особенности проектно-компоновочных решений и трудности пуска циклов рудоподготовки современных обогатительных фабрик Баранов В.Ф.
56	Składowanie zagęszczonych odpadów z zakładów wzbogacania rud <i>Kibiriew W.I.</i>	Deposition of the thickened tailings from the ore beneficiation plants	Складирование сгущенных хвостов обогатительной фабрики <i>Кибирев В.И.</i>
57	Metale szlachetne i inne w odpadach flotacyjnych polskich złóż miedzi i srebra <i>Jan Krasoń</i>	Precious and other metals in the flotation tailings of polish copper and silver ores	Благородные и другие металлы в флотайонных хвостах польских месторождении меди и серебра
61	Ilości skał wydobytych z głębionych szybów KGHM Polska Miedź S.A. <i>Stanisław Downorowicz, Katarzyna Kaczorek</i>	The volume of the rock extracted from the mine shafts sinking in KGHM Polska Miedź S.A.	Количество горных пород с углубки стволов КГХМ Польша Медь С.А.

67	Sposób zagospodarowania soli kamiennej pozyskanej z przebudów szybu SW-4 na odcinku solnym. <i>Jan Kudelko, Sławomir Fabich, Dorota Nitek</i>	Utilization of the salt mined during the SW-4 shaft reconstruction from its salt stratum	Способ осваивания каменной соли приобретенной с перестройки ствола SW-4 в сольном отложении
72	Rola badań mineralogicznych, z wykorzystaniem techniki MLA, w analizie produktów procesu wzbogacania na przykładzie I ciągu technologicznego Rejonu ZWR Lubin. <i>Michał Garbacki, Katarzyna Raczyńska, Julia Włodek, Bartosz Bazan</i>	Application of automated mineralogy technics (MLA) in mineral processing, based on KGHM Division of Concentrators Lubin plant trial	Роль минералогических исследований с использованием техники МЛА в анализе продуктов процесса на примере Предприятий Обогащения Руды Региона Любин
78	Problemy niezawodności dużych transformatorów (uszkodzalność, przyczyny, diagnostyka) <i>Waldemar Olech, Halina Olejniczak, Daniel Pawłowski</i>	Problems of the operational reliability of high-power transformers (breakdowns, causes, diagnostics)	Проблемы надежности мощных трансформаторов (поврежденность, причины, диагностика)
87	Zarządzanie eksploatacją transformatorów energetycznych o długim stażu pracy – uzdatnianie izolacji w miejscu zainstalowania <i>Sławomir Filip, Adam Rzeczkowski, Paweł Warczyński</i>	Managing the operation of transformers of a long service life – conditioning of their isolation on site	Управление эксплуатацией трансформаторов длительного трудового стажа - кондиционирование изоляции на месте монтажа
95	Sporządzenie audytu energetycznego wymaga zrozumienia przebiegu procesu produkcyjnego <i>Piotr Kubski</i>	Making an energy audit requires a good understanding of the process technology	Подготовка энергоаудита требует понимания производственного процесса
98	Wiadomości gospodarcze	Business news	Хозяйственные известия
104	KRONIKA Towarzystwa Konsultantów Polskich	The Chronicle of the Society of Polish Consultants	Хроника Общества Консультантов Польских



Nasza okładka

Fragment składowiska „Żelazny Most”. KGHM Polska Miedź S.A. w składowisku tym deponuje w ciągu roku około 28 mln ton odpadów flotacyjnych z trzech zakładów wzbogacania rud miedzi. Odpady flotacyjne stanowią zmielone do

granulacji 0,1-0,002 mm skały złożowe, to jest dolomity, wapienie, łupki ilaste i piaskowce, z których w procesie wzbogacania rudy wydzielono siarczkowe minerały metalonośne w postaci koncentratu. Do nadbudowy zapór na obwodzie

składowiska o długości około 14 km używa się gruboziarnistego materiału odpadowego wydzielanego w procesie hydraulicznego namywu plaż.

(S.D.)

Fot. – KGHM Polska Miedź S.A. O/ZH

1931-2015

Dr Jan Krasoń

**– Członek Rady Programowej
kwartalnika „Konsulting Polski”**

Z wielkim żalem żegnamy zmarłego w dniu 21 stycznia 2015 r. Współpracownika, Kolegę oraz Autora artykułów zamieszczanych na łamach naszego kwartalnika. Jego liczne wizyty w Stolicy Polskiej Miedzi – w Lubinie z okazji organizowanych konferencji naukowo-technicznych czy też wielkich rocznic polskiego górnictwa rud miedzi, czy też w trakcie przyjacielskich spotkań, były bardzo twórcze, pełne pomysłów i nowych idei. Wizyty Dr Jana Krasonia w siedzibie Redakcji przeważnie kończyły się na niezwłocznym przekazywaniu nowego artykułu do druku z ciekawymi problemami, nawiązującymi do aktualnej sytuacji w kraju i na świecie. Dzielił się z nami swoimi sukcesami lub rozczarowaniami z powodów braku zrozumienia ze strony partnerów lub instytucji państwowych, np. przy formowaniu przepisów dotyczących poszukiwań gazu łupkowego w Polsce. Był inicjatorem takich badań. Wychodził również z inicjatywą podjęcia odzysku z odpadów przerobionych pozostałości metali w oparciu o własne wyniki kosztownych badań, napotykając jednak na nie do przewyższenia „opór bliżej nieokreślonej materii”. W czasie ostatniego, pożegnającego pobytu J. Krasonia w Polsce we wrześniu 2014 r. omawialiśmy wiele innych problemów. Otrzymałem wówczas od Janka autorską odbitkę artykułu z sierpnia 1994 r. na temat światowych zasobów hydratów i możliwości ich pozyskiwania. Zgodnie z Jego wyrażonym życzeniem dokonujemy tłumaczenia z j. angielskiego i przedruku tej pracy sygnalizującej możliwości pozyskiwania niewyobrażalnych zasobów metanu z hydratów.



Choć brakowało już mu sił, pod namową postanowił zgłosić, jak się okazało, ostatni w swoim życiu referat pt. „Niekonwencjonalne metody badań geochemicznych podstawą do określenia śladowych zawartości metali kolorowych, szlachetnych, ziem rzadkich i in. w odpadach poflotacyjnych KGHM Polska Miedź S.A.” na organizowaną konferencję naukowo-techniczną w dniach 09-10 października 2014 r. w KGHM Polska Miedź S.A. w Lubinie na temat: „Zagospodarowanie odpadów wydobywczych w górnictwie rud”. Niestety w konferencji tej z uwagi na ciężki stan zdrowia już nie uczestniczył, choć telefonicznie interesował się jej przebiegiem. Referat ten drukujemy w bieżącym numerze „Konsultingu Polskiego”.

Po ukończeniu Uniwersytetu Wrocławskiego na Wydziale Geologii i doktoryzacji, w latach 60-tych wyjechał z kraju do Egiptu na staż, a następnie do Libii w charakterze doradcy rządu libijskiego, zajmując się problemami poszukiwań złóż surowców mineralnych. Od 1969 r. aż do śmierci, to jest przez 45 lat przebywał w Stanach Zjednoczonych na stałe zamieszkując w Denver. Pracował w Stanowym Departamencie Zasobów Wodnych Kolorado – Texas Gulf Inc. Następnie założył własną firmę GeoExplorers International Inc. Interesował się problemami złóż metali kolorowych na wszystkich kontynentach odnosząc sukcesy jako doradca i biznesmen. W wielu krajach wygłaszał odczyty i opublikował ponad sto prac naukowych. Pomimo niezwyklej energii i żywotności, ciągu sukcesów zawodowych, przegrał walkę z przewlekłą nowotworową chorobą, odchodząc na zawsze w wieku 83 lat. Będzie nam Jasia brakowało, szczególnie w środowisku geologów i starych przyjaciół z lat 60-tych, z początków Wielkiej Polskiej Miedzi.

REDAKTOR NACZELNY

1937-2015**Dr n.t. Georgij
Tichonowicz Sazonow****– Członek Rady Programowej
kwartalnika „Konsulting Polski”**

Z wielkim smutkiem i żalem Członkowie Kolegium Redakcyjnego i Rady Programowej żegnają swojego wieloletniego współpracownika i Kolegę Georgija Tichonowicza Sazonowa, zmarłego w dniu 29 stycznia 2015 r. w St. Petersburgu.

G.T. Sazonow urodził się 24.07.1937 roku, po ukończeniu Instytutu Inżynierii Transportu Wodnego jako inżynier hydrotechnik, podjął pracę w 1961 r. w Instytucie „MECHANOB” w Rosji. W roku 1968 stanął na czele Oddziału Hydrotechnicznego tego Instytutu. Był generalnym projektantem realizowanych po 1968 r. wszystkich systemów hydrotransportu i składowisk odpadów flotacji w górnictwie rud metali nieżelaznych b. Związku Radzieckiego. Opracował instrukcję eksploatacji zakładów wzbogacania rud, normy projektowania budowli hydrotechnicznych (GTS) dla rud metali nieżelaznych, zainicjował powołanie służby nadzoru eksploatacji GTS w zakładach górniczych i metalurgicznych.

Jako projektant swoje doświadczenie zawarł w publikacji: „Projektowanie i eksploatacja urządzeń hydrotechnicznych w zakładach wzbogacania rud”. Był jednym z założycieli szkoły hydrotechniki przemysłowej w kombinatach górniczo-przeróbczych b. Związku Radzieckiego i Rosji.

W 1972 r. zostaje mianowany zastępcą głównego inżyniera Instytutu „Mechanobr”, a w 1985 r. – obejmuje stanowisko głównego inżyniera. W 1991 r. zostaje wybrany na Przewodniczącego Zarządu oraz Prezesa Spółki „Mechanobr Inżyniring”.



Był członkiem korespondentem Rosyjskiej Akademii Nauk i członkiem Akademii Inżynierijnej w Sankt Petersburgu.

Za ogromny dorobek zawodowy został odznaczony orderem „Znak Honoru”, medalem RAEN (Rosyjskiej Akademii Nauk Przyrodniczych) im. P.L. Kapicy, honorowym odznaczeniem „Lider rosyjskiej ekonomiki”.

Od 2001 r. corocznie był współorganizatorem Forum Wschód-Zachód na temat nowych technologii w przemyśle górniczym. Forum było organizowane dwunastokrotnie przez PK „Hydrogeometal” i Towarzystwo Konsultantów Polskich ze strony polskiej oraz Instytut Mechanobr Inżyniring ze strony rosyjskiej, na przemian w Polsce i w Sankt Petersburgu.

G.T. Sazonow wielokrotnie przebywał w naszym kraju. Jego pierwsza wizyta miała miejsce w roku 1971 na zaproszenie Kombinatu Górniczo-Hutniczego Miedzi w Lubinie – był konsultantem w zagadnieniach budowy i stateczności zapory ziemnej składowiska odpadów flotacyjnych „Gilów”, a także innych zagadnień badawczo-projektowych realizowanych dla K.G.H.M. w zakresie hydrotechniki przez b. ZBiPM „CUPRUM” we Wrocławiu, IBW-PAN w Gdańsku i „Hydroprojekt” w Warszawie. Utrzymywał liczne kontakty ze specjalistami KGHM i towarzyszył ich wyjazdom służbowym na obiekty hydrotechniczne zakładów górniczych w b. Związku Radzieckim. Był wielkim przyjacielem Polski, Polaków i kultury polskiej. Dziękuję Ci Żorż za wieloletnią życzliwą współpracę!

REDAKTOR NACZELNY



Politechnika Wrocławska

Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii



**III POLSKI
KONGRES
GÓRNICZY**

WROCŁAW, 14-16.09.2015

Górnictwo wczoraj-dziś-jutro

Organizator:

Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

Współorganizatorzy:

Komitet Górnictwa PAN

Komitet Zrównoważonej Gospodarki Surowcami Mineralnymi PAN

Komisja Nauk Górniczych Oddziału PAN we Wrocławiu

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa –Oddział Wrocław

Miejsce kongresu:

Centrum Kongresowe Politechniki Wrocławskiej
ul. Janiszewskiego 8, Wrocław

Zgłoszenie referatu do 20.06.2015

Zgłoszenie uczestnictwa do 14.08.2015

www.pkg2015.pwr.wroc.pl



Politechnika Wrocławska

WYDZIAŁ TECHNICZNO-PRZYRODNICZY **INŻYNIERIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII**

ul. Batorego 9, 59-220 Legnica

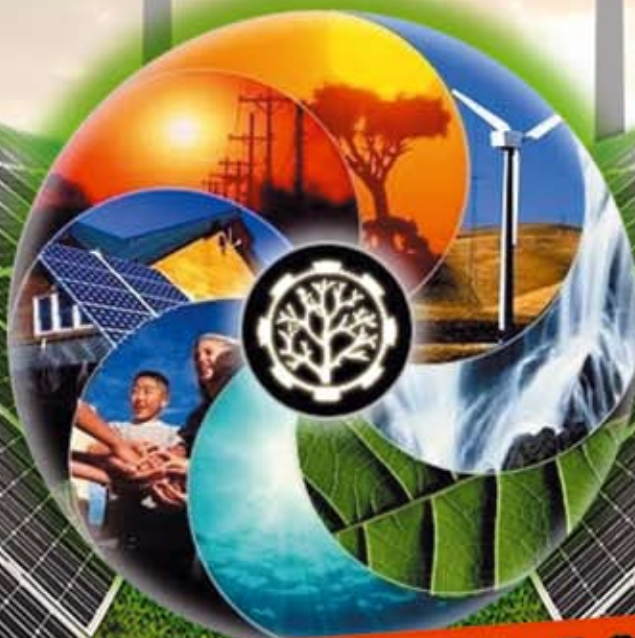
www.legnica.pwr.edu.pl

wtp@pwr.edu.pl

(76) 850-29-65 / 66

www.legnica.pwr.edu.pl

www.legnica.pwr.edu.pl



NOWY KIERUNEK W LEGNICY

rekrutacja.pwr.edu.pl

Skarby w głębinach

Rozpoznanie 21 basenów morskich wskazuje na szeroką obecność hydratów

Tłumaczenie publikacji z „Offshore Magazine”, sierpień 1994 r.

Ocenia się zasoby hydratów na około 100 tysięcy trylionów stóp sześciennych; ponadto dodatkowo 4 tysiące trylionów stóp sześciennych gazu znajduje się pod hydratami

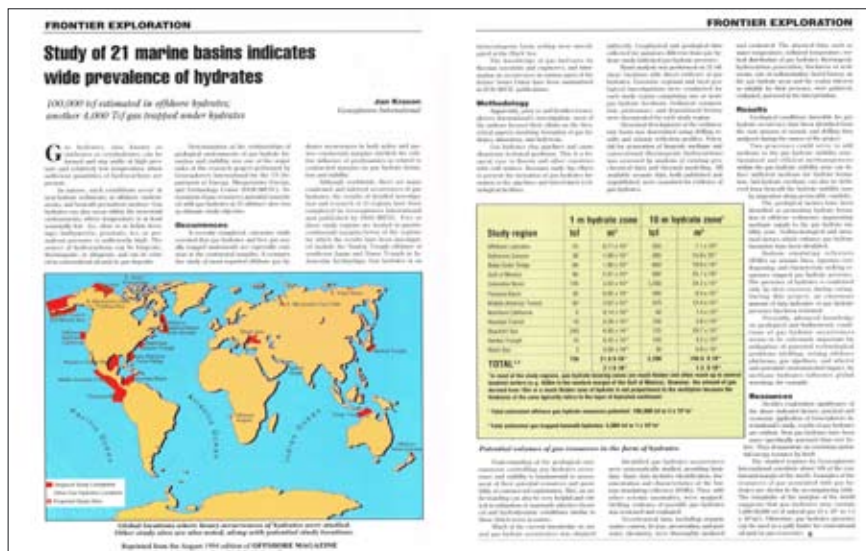
Hydraty gazowe, znane także jako clathraty lub kriohydraty mogą się tworzyć oraz pozostawać w stanie stabilnym w warunkach wysokiego ciśnienia oraz względnie niskiej temperatury, w obecności dostatecznej ilości węglowodorów.

W przyrodzie warunki takie występują w pobliżu osadów na dnie morza, poza ich brzegami, oraz na lądzie pod wieczną zmarzliną. Hydraty te mogą występować także na lądzie w warunkach sezonowo niskiej temperatury (tzn. bliskiej lub niższej od temperatury krzepnięcia), lub gdy ciśnienie batymetryczne, geostatyczne, lodu lub wiecznej zmarzliny, jest dostatecznie wysokie. Źródło węglowodorów może być biogeniczne, termogeniczne lub abiogeniczne i może być związane z konwencjonalnymi złożami ropy i/lub gazu.

Określenie zależności między warunkami geologicznymi tworzenia się gazowych hydratów oraz ich stabilności było jednym z podstawowych celów projektu badawczego realizowanego przez Geoexplorers International dla US Department of Energy, Morgentown Energy oraz Technology Center (DOE-METC). Ostatecznym celem badań było dokonanie oceny potencjału zasobowego gazowych hydratów w 21 lokalizacjach morskich.

Występowanie

Zakończone ostatnio szerokie badania wykazały, że gazowe hydraty oraz wolny gaz, uwieczony zazwyczaj pod nimi, występują często na obrzeżach kontynentów. Studium porównawcze najczęściej opisywanych złóż hydratów, zarówno w aktywnych jak i pa-



Oryginalna publikacja w „Offshore Magazine”, sierpień 1994 r.

sywnych obrzeżach kontynentów, wyjaśniło względny wpływ geodynamiki w stosunku do obrzeży kontynentów na tworzenie się i stabilność złóż hydratów gazowych.

Chociaż w świecie znajdują się potwierdzone oraz domniemane zasoby hydratów gazowych firma Geoexplorers International przeprowadziła szczegółowe badania 13 regionów, a wyniki tych badań zostały opublikowane przez DOE-METC. Pięć spośród tych badanych regionów zlokalizowanych jest w pasywnych obrzeżach kontynentów. Siedem takich regionów obejmuje Nankai Trough, na morzu na południowy wschód od Japonii oraz Timor Trough na Archipelagu Indonezyjskim. Hydraty gazowe w intrakratogenicznych basenach badano na Morzu Czarnym. W publikacjach DOE-METC podsumowano wiedzę rosyjskich naukowców i inżynierów na temat hydratów gazowych, wraz z informacją na temat ich występowania w różnych częściach dawnego Związku Radzieckiego.

Metodologia

Oczywiście, że przed badaniami przeprowadzonymi przez Geoexplorers In-

ternational oraz niezależnie od tych badań większość autorów koncentrowała się na teoretycznych aspektach tworzenia się hydratów gazowych oraz badaniach laboratoryjnych oraz terenowych.

Hydraty gazowe zatykają rurociągi oraz powodują bardzo poważne problemy techniczne. Zdarza się to często w Rosji oraz innych krajach o bardzo niskich temperaturach w zimie. Rosjanie dokonali wiele wysiłków w rozwiązywaniu problemów związanych z tworzeniem się hydratów gazowych zarówno w rurociągach, jak i instalacjach technologicznych.

Potencjalne ilości zasobów gazu w postaci hydratów

Zrozumienie warunków geologicznych sprzyjających występowaniu i stabilności hydratów gazowych jest sprawą kluczową dla dokonania oceny ich potencjalnych zasobów oraz możliwości ich przemysłowej eksploatacji. To zrozumienie może być także bardzo pomocne oraz krytyczne w rozwiązywaniu problemów związanych z tworzonymi przez człowieka warunkami fizyko-chemicznymi i hydrodynamicznymi, podobnymi do tych, które występują w przyrodzie.

Bardzo wiele z obecnej wiedzy na



Jan Krasoń
Geoexplorers
International,
Inc. Colorado
Corporation, USA

Rozpoznanie 21 basenów morskich wskazuje na szeroką obecność hydratów [1]

Region badań	I m strefa hydratów		10 m strefa hydratów ¹	
	tryliony stóp ³	m ³	tryliony stóp ³	m ³
Offshore Labrador	25	0,71*10 ¹²	250	7,1*10 ¹²
Baltimore Canyon	38	1,08*10 ¹²	380	10,8*10 ¹²
Blake Outer Ridge	66	1,88*10 ¹²	660	18,8*10 ¹²
Gulf of Mexico	90	2,57*10 ¹²	900	25,7*10 ¹²
Colombia Basin	120	3,42*10 ¹²	1200	34,2*10 ¹²
Panama Basin	30	0,85*10 ¹²	300	8,5*10 ¹²
Middle America Trench	92	2,62*10 ¹²	470	13,4*10 ¹²
Northern California	5	0,14*10 ¹²	50	1,4*10 ¹²
Aleutian Trench	10	0,28*10 ¹²	100	2,8*10 ¹²
Beaufort Sea	240	6,85*10 ¹²	725	20,7*10 ¹²
Nankai Trough	15	0,42*10 ¹²	150	4,2*10 ¹²
Black Sea	3	0,08*10 ¹²	30	0,8*10 ¹²
Razem ^{2,3}	730	21,0*10 ¹² 2,1*10 ¹³	5200	149*10 ¹² 1,5*10 ¹⁴

¹W większości badanych regionów grubość stref gazowych hydratów jest znacznie większa i często sięga kilkuset metrów (np. 650 m w zachodniej części Gulf of Mexico). Jednakże ilość gazu wyliczonego z 10 m warstwy lub znacznie grubszej warstwy hydratów nie jest proporcjonalna do mnożnika ponieważ grubość strefy typowo dotyczy warstwy zhydratyzowanego osadu.

²Całkowity potencjał zasobowy gazowych hydratów na obszarach morskich: 10 tysięcy trylionów stóp sześciennych lub 3*10¹⁵ m³.

³Całkowita szacowana objętość gazu uwięzionego pod hydratami: 4 tysiące stóp sześciennych lub 1*10¹⁴ m³.

temat występowania hydratów gazowych otrzymano drogami pośrednimi. Geofizyczne oraz geologiczne dane zebrane dla celów innych, aniżeli badania hydratów gazowych wykazały ich obecność.

Badania basenów wykonane zostały na 21 morskich lokalizacjach, tam gdzie występował bezpośredni dowód obecności hydratów gazowych. Przeprowadzono szerokie regionalne i lokalne badania każdego analizowanego regionu, obejmujące jedną lub więcej lokalizacji. Dla każdego analizowanego obszaru wykonano analizę składu osadów, ich pochodzenia oraz historii ich tworzenia.

Strukturę budowy osadów określono na podstawie wyników wierceń oraz refleksyjnych profili sejsmicznych. Potencjał tworzenia biogenicznego metanu oraz konwencjonalnych termogenicznych węglowodorów oceniono analizując dostępne dane geologiczne i modelowanie termiczne. Wszystkie dostępne dane sejsmiczne, zarówno publikowane, jak i nie publikowane, przeanalizowano na obecność hydratów gazowych. Zidentyfikowane występowania hydratów gazowych zostały systematycznie przebadane, zapewniając podstawową informację. Ta podstawowa informacja obejmowała identyfikację, dokumentację i charakterystykę symulacyjnych odbić od dna

(bottom simulating reflectors – BSR). Dane te wraz z innymi anomaliami sejsmicznymi zostały zmapowane. Dowody w postaci odwiertów zostały przeanalizowane i ocenione.

Dane geochemiczne, obejmujące zawartość frakcji organicznej, jej rodzaj, stopień zachowania oraz woda uwięziona w jej porach zostały dokładnie przeanalizowane i ocenione. Zebrano i oceniono dane fizyczne, wykorzystane do interpretacji, takie jak temperatura wody, temperatura osadu, rozkład zawartości hydratów we współrzędnej pionowej, termogeniczne tworzenie się węglowodorów, grubość osadów, szybkość ich tworzenia, historię ich tworzenia się na złożach hydratów oraz przydatności regionu do ich tworzenia.

Wyniki

Zidentyfikowano warunki geologiczne sprzyjające występowaniu hydratów, wykorzystując olbrzymią ilość danych sejsmicznych oraz danych z odwiertów, przeanalizowanych w trakcie realizacji projektu. Dwa procesy mogłyby posłużyć do dodania metanu do stabilności hydratów gazowych. Długotrwała i wydajna metanogeneza wewnątrz strefy stabilności gazowych hydratów

może dostarczyć dostateczną ilość metanu do tworzenia się hydratów. Sub-hydratowy metan może być także dostarczony spod warstwy strefy stabilności hydratów poprzez migrację przez warstwy przepuszczalne. Zidentyfikowano czynniki geologiczne sprzyjające tworzeniu się hydratów do osadów na dnie mórz, wspomagające dostarczaniu metanu do strefy stabilności hydratów. Zidentyfikowano także czynniki sedimentologiczne oraz strukturalne, wspomagające w tworzeniu się hydratów.

BSR-y na liniach sejsmicznych, energetyczne odgazowywanie odwiertów oraz charakterystyczne dane pomiarowe z odwiertów sugerowały obecność gazowych hydratów. W chwili obecnej potrzebna jest bardziej pogłębiona wiedza na temat batymetrycznych warunków występowania gazowych hydratów, do rozwiązywania potencjalnych problemów technologicznych (wiercenie, budowa morskich platform wiertniczych, budowa rurociągów itp.) oraz oceny potencjalnego wpływu na środowisko naturalne, na przykład na globalne ocieplenie.

Zasoby

Niezależnie od znaczenia eksploacyjnego przedstawionych powyżej czynników, zawartych w badaniach Geoexplorers International nad występowaniem gazowych hydratów, ich praktyczne i ekonomiczne znaczenie jest ewidentne. Jak nigdy przedtem dokonano bardziej szczegółowej oceny zasobów gazowych hydratów. Stanowią one same w sobie ogromny potencjał zasobowy nośników energii. Przebadane przez Geoexplorers International regiony występowania gazowych hydratów stanowią 10 % obszarów przy-kontynentalnych świata. W załączonej tabeli przedstawiono zasoby gazu związane z gazowymi hydratami. Pozostałe, nieprzeanalizowane obszary przybrzeżne świata mogą zawierać 7 tysięcy do 50 tysięcy trylionów stóp sześciennych gazu ziemnego (od 2*10¹¹ do 1,5*10¹⁶ m³). Ponadto obecność gazowych hydratów może służyć jako oznaka obecności konwencjonalnych złóż ropy naftowej oraz gazu ziemnego.

Polityka państwa i przepisy prawa

jako czynniki promujące i ograniczające gospodarcze wykorzystanie odpadów wydobywczych

Izabela Kotarska,

1. Wprowadzenie

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego odpady wydobywcze stanowią największą grupę odpadów przemysłowych generowanych w Polsce; każdego roku przemysł wydobywczy generuje około 60 milionów ton

odpadów, z czego około 29 mln ton pochodzi z górnictwa węgla kamiennego, podobna ilość z górnictwa metali nieżelaznych, a z wydobycia surowców skalnych około 2,4 mln ton [1].

Z powyższego wynika, że główny strumień odpadów przemysłowych w Polsce stanowią odpady wydobyw-

cze z górnictwa rud miedzi i węgla kamiennego, dlatego stan ich zagospodarowania ilustruje sytuację w zakresie postępowania z tymi odpadami w kraju.

Odzysk odpadów górniczych i przerobczych osiąga w tym obszarze poziom 80%. Wydaje się, że nie jest to zły



Izabela Kotarska

KGHM CUPRUM CBR sp. z o.o.
Wrocław, Polska

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę przepisów prawa oraz założeń wynikających ze strategicznych dokumentów polityki państwa określających zasady gospodarowania odpadami wydobywczymi na tle aktualnej sytuacji w zakresie zagospodarowania tych odpadów. Wskazano czynniki promujące gospodarcze wykorzystanie odpadów wydobywczych oraz ograniczające tę działalność. Wśród czynników wspierających prowadzenie odzysku odpadów wydobywczych znajdują się: ustawa hierarchia gospodarowania odpadami wydobywczymi, obowiązująca do ograniczania ilości powstających odpadów oraz ich odzysku, możliwość odzyskiwania skały płonnej poza instalacjami oraz niektóre założenia programów strategicznych szczebla państwowego i wojewódzkiego, które promują wykorzystanie surowców wtórnych. Czynniki zniechęcające do prowadzenia wykorzystania to klasyfikacja skały płonnej z górnictwa jako odpadu, duża ilość pozwoleń, które muszą uzyskać przedsiębiorcy, aby móc zająć się odzyskiwaniem odpadów, wolne od opłat składowanie odpadów wydobywczych oraz nieustannie zmieniające się przepisy warunkujące gospodarowanie odpadami.

Słowa kluczowe: odpady wydobywcze, skała płonna, odpady flotacyjne, przepisy prawa, odzysk odpadów, gospodarowanie odpadami

Incentives and disincentives of mining

waste management
in state policy and legal
regulation

Abstract: The situation of management of waste from extractive industry in Poland was characterized together with analysis of existing legal framework and state policy regulations determining the mining waste management activity, especially in small and medium enterprises. On that basis, there were outlined the incentives and disincentives to mining waste management activities which are associated with the laws and state policy regulations. The incentives include: the statutory hierarchy of mining waste management, which encourage waste recovery and other forms of waste reduction; the ability to recover waste rock without processing, outside the plants and certain provisions in national and provincial state policy documents, which promote secondary resources usage. The disincentives concern the classification of waste rock from mining activity as a waste; the large number of permits that operators need to obtain to engage in waste recovery; free of charge deposition of mine waste and constantly changing legal framework.

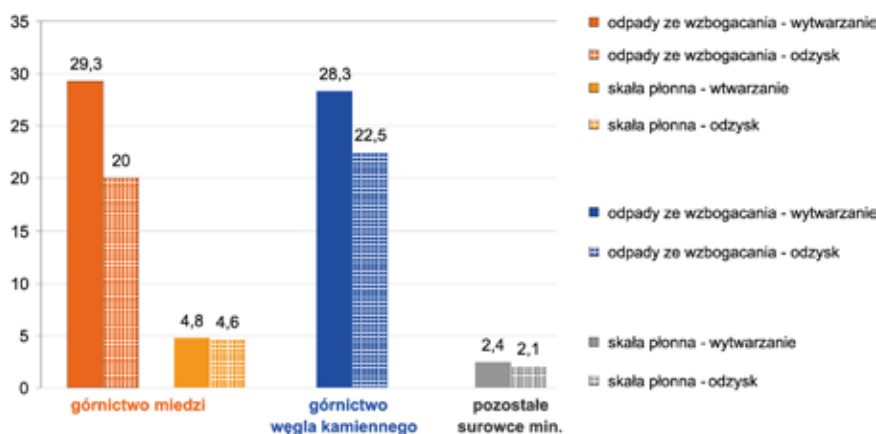
Key words: extractive waste, waste rock, flotation tailings, legal framework, waste recovery, waste management, Min-Novation

Политика государства и правовое регулирование

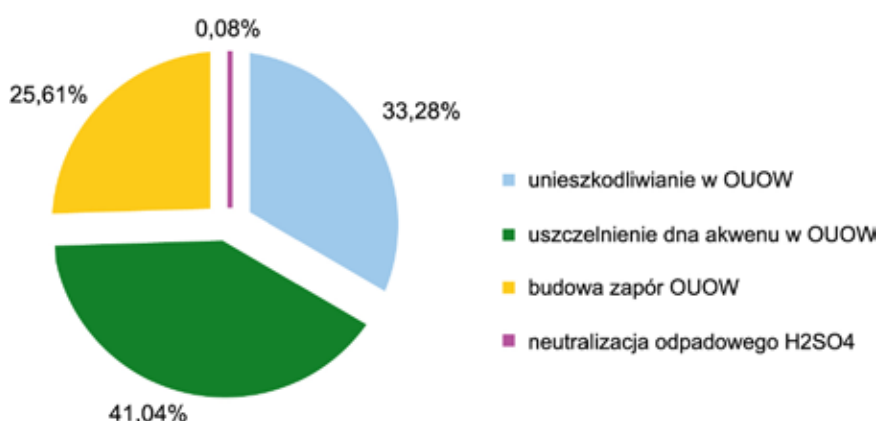
– как факторы, стимулирующие и ограничивающие экономическое использование отходов добывающей промышленности

Краткое содержание: В статье представлен анализ правовых норм и установок, вытекающих из стратегических документов государственной политики, определяющих правила управления отходами добывающей промышленности на фоне актуальной ситуации в области управления этими отходами. Указаны факторы, популяризирующие экономическое использование отходов добывающей промышленности, а также ограничивающие эту деятельность. Среди факторов, стимулирующих внедрение утилизации отходов добывающей промышленности, находятся: законодательная иерархия управления отходами, обязывающая ограничивать количество появляющихся отходов, а также их утилизацию, возможность утилизации пустой породы за пределами установок, а также некоторые принципы стратегических программ на уровне страны и воеводства, которые стимулируют использование вторичного сырья. Факторы, мешающие повторному использованию, это классификация пустой породы добывающей промышленности как отходов, большое количество разрешений, которые должны получить операторы, чтобы заниматься утилизацией отходов, бесплатное складирование отходов добывающей промышленности и постоянно меняющиеся правовые рамки.

Ключевые слова: отходы добывающей промышленности, пустая порода, флотационные отходы, правовые нормы, утилизация отходов



Rysunek 1 Poziom wykorzystania odpadów wydobywczych w Polsce [wg GUS, 2012]



Rysunek 2 Sposób zagospodarowania odpadów z flotacji rud miedzi

wynik, jednak bliższa analiza prowadzi do odmiennych wniosków.

Spójrzmy najpierw na sytuację w przemyśle miedziowym. Istnieją dwa rodzaje odpadów wydobywczych z górnictwa rud miedzi (kod odpadów 01) - skała płonna i odpady przerobcze pochodzące z procesów wzbogacania rud miedzi.

Skała płonna powstająca w trakcie eksploatacji złóż i budowy nowych szybów jest wykorzystywana w technologiach górniczych; głównie do wypełniania wyeksploatowanych wyrobisk, do utwardzania dróg na dole kopalni czy też podsypek pod stopy oporowe, a na powierzchni jako materiał do produkcji innych materiałów budowlanych, a zatem w procesach odzysku, natomiast zasadnicza ilość skały płonnej z budowy nowych szybów deponowana jest w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych.

Najwyższy poziom odzysku w odpadach dotyczy odpadów flotacyjnych i wynosi on ponad 70%. Przy czym aktualnie głównym kierunkiem w odzyskiwaniu odpadów flotacyjnych jest

ich wykorzystywanie w miejscu składowania: w obiekcie unieszkodliwiania odpadów z flotacji: gruboziarniste odpady przerobcze są wykorzystywane do budowy zapór obiektu, a drobnoziarniste wykorzystywane są jako środek uszczelniający dno zbiornika wodnego w obiekcie. W ten sposób wykorzystywanych jest około 18 mln Mg odpadów przerobczych rocznie. Ilość unieszkodliwianych (składowanych w OUOW) odpadów wynosi ok. 9 milionów Mg rocznie. Pewna ilość (ok. 40.000 Mg rocznie) odpadów flotacyjnych wykorzystywana jest w procesie neutralizacji kwasu siarkowego [2].

W praktyce nie ma innych metod odzyskiwania odpadów flotacyjnych. Na przestrzeni lat powstało wiele projektów dotyczących potencjalnych możliwości wykorzystania odpadów flotacyjnych, ale z wielu powodów (głównie ekonomicznych) [3] nie zostały one wdrożone.

Sytuacja w przemyśle węgla kamiennego wydaje się być lepsza, ponieważ odpady z przetwarzania węgla kamiennego są wykorzystywane w 80%, ale,

podobnie, tylko około 30% jest wykorzystywane do produkcji materiałów budowlanych i w innych celach przemysłowych, a 70% jest wykorzystywane do wyrównywania terenu, rekultywacji terenu i usypywania hałd [4].

Zatem w rzeczywistości odpady nie są wykorzystywane w nowych przedsięwzięciach, nie są alternatywą dla naturalnych materiałów mineralnych.

2. Zachęty i ograniczenia gospodarowania odpadami wydobywczymi wynikające z polityki państwa oraz ustawodawstwa

Do istotnych czynników kształtujących obecny stan zagospodarowania odpadów wydobywczych należą ramy prawne i polityka państwa w zakresie gospodarowania tymi odpadami. Zawierają one zarówno elementy, które stymulują wykorzystanie odpadów wydobywczych, jak i takie, które zniechęcają przedsiębiorców do zajmowania się mineralnymi materiałami odpadowymi.

2.1. Czynniki wspierające gospodarcze wykorzystanie odpadów wydobywczych

2.1.1 Hierarchia postępowania z odpadami

Ustawami regulującymi kwestie gospodarowania odpadami wydobywczymi są Ustawa o odpadach wydobywczych¹ oraz - w zakresie nie uregulowanym tą ustawą - ustawa o odpadach². W ustawie o odpadach wydobywczych określona jest obowiązująca hierarchia postępowania z odpadami, która stanowi najsilniejszy w regulacjach prawnych bodziec do wykorzystania odpadów.

W jej świetle posiadacz odpadów wydobywczych jest w pierwszej kolejności zobowiązany do poddania ich odzyskowi, a dopiero, gdy odzysk ten jest niemożliwy z przyczyn technologicznych lub nieuzasadniony z przyczyn ekonomicznych, dopuszczalne jest unieszkodliwianie (składowanie) odpadów. W praktyce skutkuje to zobowiązaniem wytwórców odpadów do poszukiwania sposobów wykorzy-

stania odpadów górniczych. Podczas ubiegania się o decyzję zatwierdzającą obligatoryjny program gospodarowania odpadami wydobywczymi, przedsiębiorcy powinni zaproponować inne niż składowanie metody ich zagospodarowania. Pozwolenie na składowanie odpadów wydobywczych można uzyskać tylko wówczas, jeśli wykaże się, że nie ma innej możliwości ich zagospodarowania. Obowiązek poszukiwania sposobów odzyskania i ponownego wykorzystania odpadów wydobywczych jest ważnym czynnikiem wspierającym, promującym wykorzystanie odpadów.

2.1.2 Możliwość prowadzenia odzysku niektórych odpadów wydobywczych poza instalacjami

Odzysk odpadów - ze względu na konieczność kontrolowania wpływu tego procesu na środowisko - powinien być prowadzony w instalacjach³. Jednak w przypadku niektórych rodzajów odpadów, w celu umożliwienia ponownego ich wykorzystania na szerszą skalę, odzysk odpadów może mieć miejsce poza instalacjami⁴. Istnieje 6 możliwości wykorzystania niektórych odpadów wydobywczych poza instalacjami, tj. w sytuacjach, w których wykorzystanie innych odpadów nie jest możliwe:

- do wypełniania terenów niekorzystnie przekształconych (takich jak zapadliska, nieeksploatowane odkrywkowe wyrobiska lub wyeksploatowane części tych wyrobisk);
- do utwardzania powierzchni, do których posiadacz odpadów ma tytuł prawny;
- w podziemnych technikach górniczych;
- do porządkowania i zabezpieczania przed erozją wodną i wietrzną skało i powierzchni zamkniętych składowisk;
- do budowy wałów, nasypów kolejowych i drogowych, podbudów dróg i autostrad, nieprzepuszczalnych wykładzin czasz osadników ziemnych, rdzeni budowli hydrotechnicznych oraz innych budowli i obiektów budowlanych;
- do likwidacji zagrożeń pożarowych takich jak samozapłon na czynnych i zamkniętych składowiskach skał płonnych.

Możliwość bezpośredniego odzysku odpadów wydobywczych poza instalacjami, bez wcześniejszego ich przetworzenia, jest promocją tych odpadów jako substytutów surowców naturalnych, mimo iż wymagane jest uzyskanie właściwego pozwolenia na prowadzenie tego procesu.

2.1.3 Zapisy strategii rozwoju kraju

Poza ramami prawnymi, obszar gospodarki odpadami (w tym gospodarki odpadami wydobywczymi) jest przedmiotem regulacji w dokumentach określających strategię rozwoju państwa na różnych szczeblach administracyjnych. Najważniejszym dokumentem strategicznym promującym wykorzystanie odpadów jest:

- Strategia Rozwoju Kraju 2007-2015, definiująca priorytetowe cele rozwoju kraju, w których gospodarka odpadami jest ujęta w dwóch głównych priorytetach:

- Priorytet 1: Zwiększenie konkurencyjności i innowacyjności gospodarki w którym stwierdza się, iż realizowane działania powinny prowadzić do: zasadniczych ograniczeń w zużywaniu zasobów naturalnych
- Priorytet 2: Poprawa stanu infrastruktury technicznej i społecznej, we fragmencie poświęconym infrastrukturze służącej ochronie środowiska pada stwierdzenie, że wspierana będzie działalność przedsiębiorstw związanych z gospodarką odpadami i rekultywacją terenów zdegradowanych.

Ze Strategią Rozwoju Kraju korespondują strategię rozwoju poszczególnych regionów, takie jak np.:

- Strategia Rozwoju Województwa Dolnośląskiego na lata 2012 - 2015, gdzie w rozdziale poświęconym określeniu celów przemysłowych wskazuje się na ochronę zasobów naturalnych poprzez ich efektywne wykorzystanie. Przedmiotem działań mających na celu realizację tego założenia jest zbudowanie systemu prawno-instytucjonalnego, który miałby wspierać efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych, (...) i wyeliminowanie niekorzystnych rozwiązań prawnych i ekonomicznych, co stworzyłoby możliwości powtórnego wykorzystania odpadów wydobywczych.

Kolejnym celem w Strategii Rozwoju Województwa Dolnośląskiego jest poprawa ładu przestrzennego i rewitalizacja obszarów poprzemysłowych. W tym zakresie można uwzględnić hałdy odpadów górniczych oraz rewitalizację zakładów.

- Strategia Rozwoju Województwa Śląskiego na lata 2000-2020, w której jednym z wyznaczonych celów strategicznych jest „poprawa jakości środowiska naturalnego i kulturowego i zwiększenie atrakcyjności regionu”. W ramach tego celu, jako jeden z kierunków podejmowanych wskazano uporządkowanie i wdrożenie systemu gospodarki odpadami poprzez m.in. sprzyjanie możliwościom ponownego wykorzystania odpadów i zamiany ich po procesie przekształcenia na nowy produkt lub surowiec.

Bardziej szczegółowe wytyczne dotyczące gospodarowania odpadami znajdują się w kolejnym dokumencie strategicznym:

- Krajowy Plan Gospodarowania Odpadami 2014, gdzie w rozdziale 4 „Przyjęte cele w gospodarce odpadami” w zakresie odpadów z wybranych gałęzi przemysłu, wyznaczono następujące główne cele:

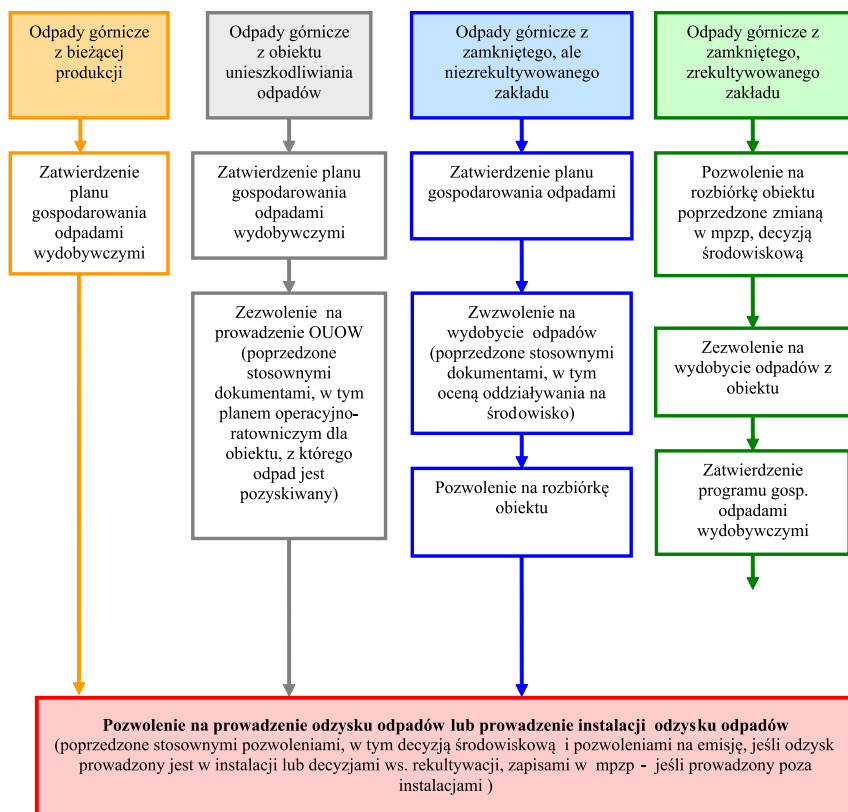
- zwiększenie udziału odpadów poddawanych procesom odzysku;
- zwiększenie udziału odpadów unieszkodliwianych poza składowaniem;
- zwiększenie stopnia zagospodarowania odpadów w podziemnych wyrobiskach kopalń, w tym poprzez odzysk.

W tym samym dokumencie w rozdziale 5 „Kierunki działań w zakresie zapobiegania powstawaniu odpadów i kształtowania systemu gospodarki odpadami” jako kierunek działania wskazano:

- promowanie uwzględnienia w fazie projektowej danego przedsięwzięcia wykorzystania odpadów.

Ten ostatni zapis powinien posłużyć jako argument przemawiający za wykorzystaniem odpadów wydobywczych zamiast naturalnych surowców mineralnych.

Z powyższych cytatów wynika, że odzysk odpadów jest silnie wspierany przez prawo i przepisy strategiczne. Dlatego zatem przedsiębiorcy działający



Rys. 3. Ogólny schemat obowiązkowych pozwoleń na prowadzenie odzysku odpadów wydobywczych w Polsce

na polu zagospodarowania odpadów wydobywczych wskazują bariery formalne jako jeden z głównych czynników ograniczających wykorzystanie odpadów?

2.2. Bariery gospodarowania odpadami wydobywczymi

W tej części artykułu wymienione zostały czynniki, które równie silnie, jak czynniki stymulujące wpływają na sytuację w zakresie gospodarowania odpadami. Przedstawiono w niej opinie przedsiębiorców prowadzących działalność w zakresie wykorzystania odpadów wydobywczych, którzy brali udział w regionalnych spotkaniach w ramach projektu Min-Novation [Kotarska I., 2013], wskazując czynniki, które ograniczają ich aktywność w zakresie gospodarowania odpadami.

2.2.1 Klasyfikacja skały płonnej jako odpad

Jednym z odpadów wydobywczych powstających m.in. podczas budowy szybów jest skała płonna, będąca niejednokrotnie wartościowym materiałem mineralnym. Dla jego dalszego wykorzystania taka klasyfikacja, to jest traktowanie jak każdego innego odpa-

du, jest bezzasadna i wiąże się z:

- obowiązkiem uzyskania różnych pozwoleń, co często jest czasochłonne i kosztowne (ten temat zostanie rozwinęty w dalszej części artykułu),
- ograniczeniami możliwości zastosowania,
- brakiem akceptacji społecznej dla produktów z tego materiału - chociaż odzysk odpadów jest aktualnie mocno promowany, jako działalność proekologiczna, potencjalni klienci są często nieufni wobec jakości produktów wyprodukowanych z odpadów czy też wobec ich wpływu na zdrowie.

Według przedsiębiorców skała płonna jest czystym materiałem mineralnym, który, ze względu na skład i właściwości, jest porównywalny z naturalnymi minerałami wydobywanymi dla podobnych celów. Dlatego klasyfikacja skały płonnej jest nieuzasadniona, niesprawiedliwa.

Jednocześnie producenci skały płonnej nie mogą wykorzystać możliwości, która wynika z Ustawy o odpadach⁵, tzn. traktowania materiałów odpadowych jako produktów ubocznych, w przypadku spełnienia następujących warunków:

(a) dalsze wykorzystanie materiału jest pewne;

(b) materiał może zostać wykorzystany bezpośrednio, bez dalszego przetwarzania innego niż normalna praktyka przemysłowa;

(c) materiał jest produkowany jako integralna część procesu produkcyjnego; i (d) dalsze wykorzystanie jest zgodne z prawem, tzn. materiał spełnia wszystkie istotne wymagania w zakresie ochrony środowiska i zdrowia dla określonego wykorzystania i nie prowadzi do negatywnych oddziaływań na środowisko lub zdrowie ludzi.

Skała płonna z niektórych kopalń spełnia wszystkie wymagania, o których mowa powyżej. Nie ma formalnych przeszkód, aby uznać skałę płonną za produkt uboczny, co ułatwiłoby gospodarowanie tym materiałem, ale zastosowanie takiego rozwiązania w odniesieniu do odpadów górniczych byłoby nieekonomiczne. Traktowanie skały płonnej jako produktu ubocznego wiązało by się bowiem z obowiązkiem uiszczenia opłaty eksploatacyjnej. Obowiązek ten wynika z art. 134 Ustawy prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. Wytwórcy odpadów, które pochodzą z innych niż górnictwo branż, po spełnieniu warunków, o których mowa powyżej, mogą traktować niektóre materiały jako produkt uboczny, podczas gdy producenci czystej skały płonnej w tej samej sytuacji są zmuszeni do uiszczenia dodatkowej opłaty. Jest to zdaniem przedsiębiorców niesprawiedliwe i nie ułatwia zastosowania tego minerału zamiast zasobów naturalnych. Postępowanie z odpadem jest bowiem zupełnie inne (formalnie trudniejsze) niż z surowcem naturalnym.

2.2.2 Mnogość pozwoleń warunkujących gospodarowanie odpadami

Jednym z czynników, które najbardziej ograniczają wykorzystanie odpadów górniczych zamiast zasobów naturalnych jest długa i często wieloetapowa procedura uzyskiwania wymaganych pozwoleń.

Odzysk odpadów górniczych - jak w przypadku wszystkich odpadów - wymaga uzyskania odpowiednich pozwoleń. Na Rys. 3 przedstawiono schemat działań legalizujących wy-

korzystanie odpadów. Ilość pozwoleń, do uzyskania których zobligowany jest przedsiębiorca planujący prowadzenie odzysku odpadów wydobywczych zależy od źródła odpadów i od sposobu prowadzenia tego odzysku. Najprostsza jest sytuacja dotycząca odzysku odpadów z bieżącej produkcji – potrzebna jest tylko decyzja zatwierdzająca program gospodarowania odpadami wydobywczymi. Sytuacja staje się bardziej skomplikowana jeśli chce się wykorzystać materiał składowany w obiekcie unieszkodliwiania – wówczas ilość formalności wzrasta. Najtrudniejsza – formalnie sytuacja ma miejsce, kiedy chce się wykorzystać materiał z nieczynnego zrekultywowanego obiektu unieszkodliwiania – poza pozwoleniem na rozbiórkę obiektu, często potrzebne jest również pozwolenie środowiskowe, które często wiąże się z oceną oddziaływania na środowisko.

Uzyskanie takich pozwoleń wymaga czasu i (często) pieniędzy na przygotowanie dokumentacji – np. raportu o oddziaływaniu na środowisko. W takiej sytuacji często prostsze i tańsze jest wykorzystanie materiałów z zasobów naturalnych kupionych od producentów.

2.2.3 Brak zachęt ekonomicznych dla prowadzenia odzysku odpadów wydobywczych

Najlepszą zachętą dla prowadzenia każdej działalności są pieniądze, jednak w przypadku odzysku odpadów wydobywczych lub wykorzystania produktów z nich wyprodukowanych nie ma zachęty ekonomicznej. Nowa ustawa o odpadach (Dz. U. 2013.21) przewiduje takie zachęty jedynie w przypadku ponownego użycia odpadów. Ponowne użycie, to, zgodnie z ustawową definicją – użycie ponownie do tego samego celu, do którego produkt był przeznaczony, odnosi się zatem jedynie do tzw. odpadów poużytkowych. Odpady wydobywcze więc – z uwagi na ich pochodzenie – nie mogą zaliczać się do grupy odpadów, dla których prowadzący odzysk mogą korzystać ze wsparcia ekonomicznego, gdyż nie spełnia warunku niezbędnego dla uzyskania takiego wsparcia. Nie ma tym samym wsparcia ze strony państwa dla firm, które produkują na

przykład materiały budowlane z mineralnych odpadów górniczych, ani dla użytkowników takich produktów. Wsparcie takie mogłoby polegać np. na zwolnieniu z części opłat. To kolejny przykład niespójności w polityce państwa, w której jednym z głównych celów jest promocja wykorzystania zasobów wtórnych.

2.2.4 Zwolnione z opłat składowanie (unieszkodliwianie) odpadów wydobywczych

Zgodnie z ustawą o odpadach wydobywczych, składowanie odpadów w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych jest zwolnione z opłat. Zatem ich wytwórcy, którzy zazwyczaj ponoszą koszty utrzymania takiego obiektu nie mają motywacji, aby znaleźć inny sposób zagospodarowania tych odpadów. Odzysk odpadów zazwyczaj wiąże się z kosztami, na przykład kosztami opracowania metody odzysku, a następnie uzyskania różnego rodzaju pozwoleń, utrzymania sprzętu, mediów, itp. W sytuacji gdy składowanie jest najtańszym sposobem gospodarowania odpadami, ich producent wybiera najprostszą drogę i kieruje odpady do obiektu unieszkodliwiania, zamiast szukać możliwości ich wykorzystania chociaż pewnej ich części.

2.2.5 Stale zmieniające się przepisy

Od roku 2004, w którym Polska weszła do Unii Europejskiej, polskie ustawodawstwo i ramy prawne dotyczące gospodarowania odpadami wydobywczymi ulegają nieustannym zmianom, głównie w związku z koniecznością dostosowania przepisów do prawodawstwa unijnego. Wdrożone ustawy i rozporządzenia są nieustannie nowelizowane lub zmieniane, co wiąże się z nowymi wymaganiami stawianymi przedsiębiorcom i nowymi, często trudnymi do spełnienia warunkami uzyskania pozwoleń i prowadzenia działalności gospodarczej. Znacznie utrudnia to długoterminowe planowanie działalności i inwestowanie w wybrany kierunek rozwoju.

Podsumowując – istnieje niewiele czynników zachęcających do prowadzenia działalności w zakresie wykorzystania odpadów wydobywczych

i mają one charakter ogólny. Nie pomagają one i nie ułatwiają prowadzenia małych i średnich przedsiębiorstw w obszarze odzysku odpadów górniczych. Ilość ograniczeń zdecydowanie przeważa nad ilością zachęt i działań promujących odzysk odpadów wydobywczych w charakterze substytutów mineralnych surowców naturalnych.

3. Wnioski

W konkluzji należy stwierdzić, że istnieje pewnego rodzaju niespójność pomiędzy polityką państwa, a ramami prawnymi regulującymi gospodarowanie odpadami, zwłaszcza w kwestiach dotyczących odzysku odpadów wydobywczych. Polityka państwa określona w dokumentach strategicznych na różnych poziomach administracyjnych promuje wykorzystywanie odpadów zamiast zasobów naturalnych, natomiast przepisy prawne wcale takiego postępowania nie ułatwiają. Obligując przedsiębiorców, prowadzących działalność w tym obszarze do spełnienia wielorakich wymagań powodują, że bardzo często łatwiejszym i tańszym rozwiązaniem jest wykorzystanie zasobów naturalnych zamiast materiałów odpadowych. Zachęt jest zdecydowanie zbyt mało, aby jakoś znacząco wpłynęły na poziom odzysku odpadów, na wzrost zainteresowania tymi takim materiałem.

Literatura

- [1] Kotarska I, Drielsma J. w : Mining Waste Management in the Baltic Sea Region. Min-Innovation Project, red. M. Cała, Wydawnictwa AGH, Kraków 2013
- [2] Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polski, GUS, Warszawa, 2012, 2013
- [3] <http://www.min-innovation.eu/about-min-innovation.html>

1 Ustawa o odpadach wydobywczych z dnia 31 lipca 2008 r., Dz. U. 2008.138.865 (z późn. zm.)

2 Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r., Dz. U. 21.2013

3 Zgodnie z art. 29.1 Ustawy o odpadach

4 Definicja instalacji zgodnie z ustawą Prawo ochrony środowiska z 27 kwietnia 2001 (z późn. zm.)

5 Ustawa o odpadach przyjęta 14 grudnia 2012 ogłoszona w Dzienniku Ustaw z 8 stycznia 2013 (Dz. U. 2013.21)

Zagospodarowanie odpadów

w świetle obowiązujących wymagań prawnych unii europejskiej

Wiktor Kowalczyk

Zapobieganie powstawaniu i zmniejszenie ilości wytwarzanych odpadów zajmuje pierwsze miejsce w hierarchii celów i zadań gospodarki odpadami, ponieważ brak odpadów oznacza brak problemów z nimi związanych.

Na poziomie Unii Europejskiej opracowano Strategię tematyczną w sprawie zapobiegania powstawaniu odpadów i ich recyklingu COM(2005)666, gdzie zwrócono uwagę na promowanie zrównoważonego wykorzystania zasobów. Strategia wskazuje potrzebę podjęcia działań wspierających zapobieganie powstawaniu odpadów, ich recykling i ponowne wykorzystanie w taki sposób, aby uzyskać optymalną redukcję wpływu na zasoby naturalne. Dyrektywa ramowa w sprawie odpadów 2008/98/WE wprowadza obowiązek opracowania programów zapobiegania powstawaniu odpadów, które opisywać mają m.in. istniejące w kraju środki zapobiegawcze oraz ustalać cele zapobiegania powstawaniu odpadów. Dążenie do minimalizacji odpadów, obok troski o ochronę środowiska naturalnego, jest uzasadnione ze względów ekonomicznych (oszczędność surowców, energii, kosztów wytwarzania), społecznych (potencjalne zmniejszenie odpowiedzialności producenta za problemy zanieczyszczania środowiska i pozytywny jego odbiór na rynku konsumentów jako firmy przyjaznej środowisku) oraz prawnych (wymagania dotyczące zarządzania odpadami).

Sposób zagospodarowania odpadów wydobywczych determinują również cele Unii Europejskiej w tym zakresie w szczególności związane z zapewnieniem

bezpieczeństwa dostaw bardzo zróżnicowanych surowców mineralnych oraz zintensyfikowania badań w zakresie całego łańcucha wartości, od wydobywania rudy poprzez przetwarzanie, ekstrakcję, projektowanie i wykonanie produktów aż do ponownego wykorzystania i recyklingu. Odpady wydobywcze są nieodłącznym elementem każdego łańcucha wartości.

UE zaproponowała wyższe wymagania w zakresie recyklingu, aby przekształcić europejską gospodarkę w system, w którym nic się nie marnuje i który przyczynia się do zrównoważonego wzrostu gospodarczego.

W ramach nowych celów, państwa europejskie:

- po 2025 r. zakażą zakopywania na składowiskach odpadów nadających się do recyklingu;
- do 2030 r. będą poddawać recyklingowi 70 proc. odpadów komunalnych oraz 80 proc. opakowań;
- ograniczą ilość odpadów morskich i marnotrawionej żywności.

Przewidywane korzyści to:

- gospodarka, która będzie wywierać mniejszy wpływ na środowisko i będzie źródłem mniejszych emisji CO₂;
- mniejsze zapotrzebowanie na kosztowne, ograniczone zasoby;
- 580 tys. nowych miejsc pracy w gospodarce odpadami.

UE pracuje nad stworzeniem w Europie „gospodarki o obiegu zamkniętym”, w której ponowne wykorzystywanie, naprawa i recykling materiałów będzie normą – zamiast wydobywania surowców, używania ich tylko raz i wyrzucania. Zdaniem UE przejście

do gospodarki o obiegu zamkniętym może nastąpić dzięki:

- projektowaniu produktów, które są łatwiejsze do naprawy, modernizacji i recyklingu;
- tworzeniu bardziej wydajnych produktów, które wytrzymują dłużej oraz stosowaniu wydajniejszych procesów produkcyjnych;
- ograniczeniu użycia materiałów niebezpiecznych lub trudnych do recyklingu;
- zachęcaniu do ograniczenia wytwarzania odpadów;
- przekształceniu odpadów w zasoby dzięki postępowi technicznemu.

Wytyczne dotyczące właściwego zagospodarowania odpadów zawarte są w następujących dyrektywach unijnych:

Dyrektywa 2012/18/EU z 4 lipca 2012

zawarto w niej przepisy dotyczące zapobiegania poważnym awariom, które mogą być następstwem określonych działań przemysłowych, oraz ograniczenia ich skutków dla zdrowia ludzkiego i dla środowiska. Dyrektywa ogranicza zbędne obciążenia administracyjne poprzez wprowadzanie usprawnień lub uproszczeń, pod warunkiem iż nie prowadzi to do pogorszenia bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska i zdrowia ludzkiego.

Dyrektywa 2011/92/EU z 13 grudnia 2011

ustanawiająca zasady ogólne dotyczące oceny skutków środowiskowych w celu uzupełnienia i skoordynowania procedur wydawania zezwoleń na inwestycje stosowanych w stosunku do publicznych i prywatnych przedsięwzięć, które mogą mieć



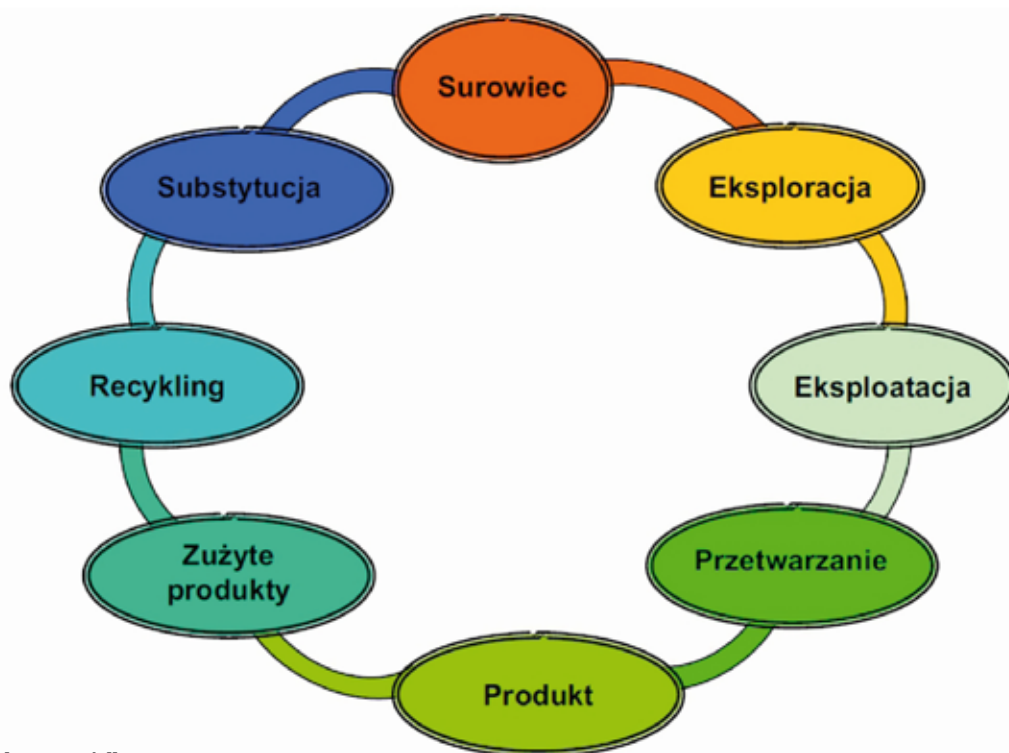
Wiktor Kowalczyk
KGHM CUPRUM
CBR sp. z o.o.
53-659 Wrocław,
Polska

Utilization of the extracted mine

waste according to the eu legal regulations

Освоение отходов

в соответствии правовым требованиям европейского союза



Rys 1 cały łańcuch wartości dla surowców

znaczny wpływ na środowisko.

Dyrektywa 2000/60/EC z 23 października 2000 mająca na celu lepszą ochronę wód poprzez wprowadzenie wspólnej europejskiej polityki wodnej, opartej na przejrzystych, efektywnych i spójnych ramach legislacyjnych. Zobowiązuje państwa członkowskie do racjonalnego wykorzystywania i ochrony zasobów wodnych w myśl zasady zrównoważonego rozwoju.

Dyrektywa 2004/35/EC z 21 kwietnia 2004 zapobieganie, zaradzanie szkodom wyrządzonym środowisku naturalnemu, w takim zakresie, w jakim jest to możliwe. Realizacji celów i zasad wspólnotowej polityki ochrony środowiska naturalnego określonej w Traktacie. Decyzje dotyczące zaradzenia szkodom powinny uwzględniać lokalne warunki - popieranie reguły „zanieczyszczający płaci”.

Dyrektywa 2006/21/EC z 15 marca 2006 dyrektywa określa środki, procedury i wskazówki mające na celu zapobieganie lub zmniejszanie, w najszerszym możliwym zakresie, wszelkich niekorzystnych skutków dla środowiska, w szczególności wody, powietrza, gleby, fauny i flory oraz krajobrazu, oraz wszelkich wynikających z tego zagrożeń dla zdrowia ludzkiego, spo-

wodowanych gospodarowaniem odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego

Dyrektywa 2008/1/EC z 15 stycznia 2008

dyrektywa ustanawia ogólne ramy zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich ograniczania. Ustanawia środki konieczne do wdrożenia zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich ograniczania w celu osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości. Stosowanie zasady trwałego rozwoju powinno być wspierane przez zintegrowane podejście do ograniczania zanieczyszczeń.

Dyrektywa 2006/21/EU z 15 marca 2006

Poniżej przedstawione zostały niektóre jej elementy. Jest to podstawowy akt prawny Komisji Europejskiej w sprawie zagospodarowania odpadów wydobywczych. Na jego podstawie wydano cztery decyzje Komisji Europejskiej dotyczące odpadów:

Decyzja 2009/335/EC – w sprawie technicznych wskazówek w celu ustanowienia gwarancji finansowej zgodnie z dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu

wydobywczego (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 2798)

Decyzja 2009/337/EC – w sprawie definicji kryteriów klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów zgodnie z załącznikiem III do dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego

Decyzja 2009/359/EC – uzupełniająca definicję odpadów obojętnych w związku z wykonaniem przepisów art. 22 ust. 1 lit. f) dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 3012)

Decyzja 2009/360/EC – uzupełniająca wymogi techniczne w odniesieniu do charakterystyki odpadów ustanowionej dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 3013).

Niniejsza dyrektywa określa środki, procedury i wskazówki mające na celu zapobieganie lub zmniejszanie, w najszerszym możliwym zakresie, wszelkich niekorzystnych skutków

dla środowiska, w szczególności wody, powietrza, gleby, fauny i flory oraz krajobrazu, oraz wszelkich wynikających z tego zagrożeń dla zdrowia ludzkiego, spowodowanych gospodarowaniem odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego.

Dyrektywa narzuca państwom członkowskim trud podejmowania niezbędnych środków w celu zapewnienia, że odpady wydobywcze są zagospodarowywane bez zagrażania zdrowiu ludzkiemu oraz bez stosowania procesów lub metod, które mogłyby szkodzić środowisku, w szczególności bez ryzyka dla wody, powietrza, gleby oraz fauny i flory, bez powodowania immisji w postaci hałasu lub zapachów, a także bez niekorzystnych skutków dla krajobrazu lub miejsc o szczególnym znaczeniu. Państwa Członkowskie podejmują również niezbędne środki w celu wprowadzenia zakazu porzucania, wyrzucania lub niekontrolowanego składowania odpadów wydobywczych. Państwa Członkowskie zapewniają, aby operator podejmował wszelkie niezbędne środki w celu zapobiegania lub zmniejszenia, w możliwie najszerszym zakresie, wszelkich niekorzystnych skutków dla środowiska i zdrowia ludzkiego, powstałych w wyniku gospodarowania odpadami wydobywczymi. Obejmuje to zarządzanie jakimkolwiek obiektem unieszkodliwiania odpadów, również po jego zamknięciu, oraz zapobieganie poważnym wypadkom mającym związek z tym obiektem oraz ograniczanie ich konsekwencji dla środowiska i zdrowia ludzkiego.

Państwa Członkowskie zapewniają sporządzenie przez operatora planu gospodarowania odpadami w celu zminimalizowania, przeróbki, odzysku oraz unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, uwzględniając zasadę zrównoważonego rozwoju.

- a) zapobieganie i zmniejszanie wytwarzania odpadów oraz ich szkodliwości, w szczególności poprzez rozważenie:
- 1) gospodarowania odpadami w fazie projektowania i przy wyborze metody wydobywania surowców mineralnych oraz ich przeróbki;
 - 2) zmian, którym mogą ulec odpady wydobywcze w związku ze zwiększeniem powierzchni oraz

narażenia na warunki powyżej gruntu;

- 3) umieszczenia odpadów wydobywczych z powrotem w wyrobiskach po wydobyciu minerału, w zakresie w jakim jest to wykonalne pod względem technicznym i ekonomicznym oraz uzasadnione pod względem środowiskowym zgodnie z obowiązującymi normami środowiskowymi na poziomie wspólnotowym oraz, tam gdzie to odpowiednie, z wymaganiami niniejszej dyrektywy;
 - 4) umieszczenia warstwy uprawnej gleby z powrotem na miejscu po zamknięciu obiektu unieszkodliwiania odpadów lub, jeżeli nie jest to praktycznie wykonalne, ponownego użycia warstwy uprawnej gleby gdzie indziej;
 - 5) stosowania mniej niebezpiecznych substancji do przeróbki surowców mineralnych;
- b) zachęcanie do odzysku odpadów wydobywczych za pomocą recyklingu, ponownego użycia lub regeneracji takich odpadów, tam gdzie jest to uzasadnione pod względem środowiskowym zgodnie z obowiązującymi normami środowiskowymi na poziomie wspólnotowym oraz, tam gdzie to odpowiednie, z wymogami niniejszej dyrektywy;
- c) zapewnianie krótko- i długoterminowego bezpiecznego unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, w szczególności poprzez rozważenie na etapie projektowania gospodarowania nimi w czasie eksploatacji i po zamknięciu obiektu unieszkodliwiania odpadów oraz poprzez wybór projektu, który:
- 1) wymaga minimalnego, a jeżeli to możliwe, ostatecznie nie wymaga żadnego monitorowania, kontrolowania i zarządzania zamkniętym obiektem unieszkodliwiania odpadów;
 - 2) zapobiega lub przynajmniej minimalizuje jakiegokolwiek długotrwałe skutki, na przykład związane z przemieszczaniem się zanieczyszczeń powietrza lub wody z obiektu unieszkodliwiania odpadów; oraz

- 3) zapewnia długoterminową geotechniczną stabilność każdej tamy lub hałdy wznoszącej się ponad istniejącą uprzednio powierzchnię gruntu.

Istotnym elementem dyrektywy jest udział społeczeństwa w całym procesie związanym z zagospodarowaniem odpadów. Na wczesnym etapie procedury udzielania zezwolenia lub najpóźniej kiedy tylko takie informacje mogą być w uzasadniony sposób dostarczone, społeczeństwo jest informowane za pomocą obwieszczeń lub innych odpowiednich środków, takich jak media elektroniczne, tam gdzie są one dostępne, o następujących kwestiach:

- a) wniosku o udzielenie zezwolenia;
- b) tam gdzie ma to zastosowanie, fakcie, że decyzja dotycząca wniosku o udzielenie zezwolenia podlega konsultacji pomiędzy Państwami Członkowskimi
- c) szczegółach dotyczących właściwych organów odpowiedzialnych za podjęcie decyzji, organów, od których można otrzymać odpowiednie informacje, organów, którym można przedstawiać uwagi lub pytania, oraz szczegółach harmonogramu przesyłania uwag lub pytań;
- d) charakterze możliwych decyzji;
- e) tam gdzie ma to zastosowanie, szczegółach dotyczących propozycji uaktualnienia zezwolenia lub warunków zezwolenia;
- f) wskazaniu czasu i miejsca oraz środków, za pomocą których właściwe informacje zostaną udostępnione;

Państwa Członkowskie zapewniają, aby w odpowiednich ramach czasowych, zainteresowanej społeczności były udostępniane:

- a) zgodnie z prawem krajowym, główne sprawozdania i opinie przekazane właściwemu organowi w czasie, gdy społeczeństwo było informowane
- b) zgodnie z przepisami dyrektywy 2003/4/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2003 r. w sprawie publicznego dostępu do informacji dotyczących środowiska

Podstawą prawną, z której wywodzi się obowiązek implementacji prawa Unii

Europejskiej jest art. 4 Traktatu Unii Europejskiej. Przepis ten nakłada na państwa członkowskie szeroko pojęty obowiązek współpracy w osiągnięciu celów Unii poprzez zapewnienie pełnej skuteczności prawu unijnemu. Ostatecznej konkretyzacji generalnego obowiązku implementacji dokonuje się w danej dyrektywie zobowiązującej swoich adresatów do wdrożenia jej postanowień do krajowego porządku prawnego. Obecnie, po wejściu w życie Traktatu z Lizbony, za podstawę prawną zasady wykładni prawa krajowego zgodnie z prawem Unii Europejskiej należy traktować art. 4 ust. 3 Traktatu o Unii Europejskiej oraz art. 291 ust. 1 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej, a w stosunku do dyrektyw również art. 288 akapit 3 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej. W odniesieniu do dyrektyw podstawę prawną tej zasady mogą stanowić także tzw. klauzule wzajemnego powiązania, czyli postanowienia zamieszczone w końcowej części dyrektyw, jakie nakładają na państwa członkowskie obowiązek dokonania implementacji drogą ustanowienia w prawie krajowym odpowiednich przepisów ustawowych, administracyjnych i wykonawczych.

Należy zaznaczyć, iż Komisja Europejska (KE) na bieżąco monitoruje państwa członkowskie pod kątem zaległości we wdrażaniu prawa UE oraz jakości i kompletności dokonanej transpozycji. Wśród narzędzi, którymi dysponuje, znajdują się m.in.:

1. Baza Scoreboard – służąca do monitorowania stanu transpozycji dyrektyw rynku wewnętrznego.
2. Baza Notyfikacji Krajowych Środków Wykonawczych – w której państwa członkowskie notyfikują akty prawa krajowego transponujące daną dyrektywę.
3. Baza Naruszeń Komisji Europejskiej – umożliwiająca państwom członkowskim przekazywanie Komisji Europejskiej w trybie online odpowiedzi na przedstawione zarzuty w ramach prowadzonych przez KE postępowań na podstawie art. 258 i 260 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej 11.
4. Program EU-Pilot – pilotażowy projekt Unii Europejskiej, który dzięki metodzie współpracy

o nieformalnym charakterze pomiędzy Komisją Europejską a państwami członkowskimi ma na celu przyspieszenie odpowiedzi na zapytania i skargi obywateli oraz przedsiębiorców dotyczące właściwej interpretacji i właściwego wdrożenia prawa Unii Europejskiej; Polska przystąpiła do tego programu od 1 stycznia 2011 r. jako jedno z ostatnich państw członkowskich. Poprzez Bazę EU-Pilot KE zwraca się do władz państw członkowskich o przekazanie potrzebnych jej informacji lub stara się, przy pomocy państwa członkowskiego, znaleźć rozwiązania istniejących problemów i wyeliminować naruszenia prawa. W większości przypadków kraje uczestniczące w projekcie przekazują odpowiedzi w ciągu dwóch tygodni, a 85 proc. z nich Komisja uznaje za zadowalające. W razie konieczności KE wszczy na postępowanie w sprawie uchybienia zobowiązaniom państwa członkowskiego.

Stopień wdrażania dyrektywy 2006/21/EC w niektórych krajach europejskich:

Niemcy: Dotychczasowe istniejące akty prawne z zakresu górnictwa (Federal Mining Regulations) oraz Ocena wpływu na środowisko naturalne (Directive on the Environmental Impact Assessment) zostały dopasowane do wytycznych Unii Europejskiej.

Szwecja: W celu wdrożenia przepisów unijnych powstał nowy akt prawny (Utvinningsavfallsförordningen – SFS 2008:722). Decyzje Komisji Europejskiej również powinny być wdrożone, dlatego szwedzka Agencja Ochrony Środowiska Naturalnego dopuszcza możliwość dalszych zmian w ww. dokumencie.

Finlandia: Wytyczne Unii Europejskiej zawarto w kilku aktach prawnych: Valtioneuvoston asetus kaivannaisjättestä (Government Decree on Extractive Waste (190/2013) z 14 marca 2013), Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (Government Decree on Landfill (331/2013) z 5 maja 2013), Government Decree on Mining Activities (391/2012) Chapter 1§3 waste management plan for extractive waste in the exploration area.

Polska: Powstał nowy akt prawny (Ustawa o odpadach wydobywczych z 10 lipca 2008 r.). W konsekwencji zmieniono kilka innych aktów prawnych.

BIBLIOGRAFIA:

Laws and regulations:

- [1] Commission Decision of 20 April 2009 on technical guidelines for the establishment of the financial guarantee in accordance with Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council concerning the management of waste from extractive industries (notified under document number C(2009) 2798), (2009/335/EC). OJ L 101, 21 April 2009
- [2] Commission Decision of 20 April 2009 on the definition of the criteria for the classification of waste facilities in accordance with Annex III of Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council concerning the management of waste from extractive industries (notified under document number C(2009) 2856), (2009/337/EC). OJ L 102, 22 April 2009
- [3] Commission Decision of 30 April 2009 completing the definition of inert waste in implementation of Article 22(1)(f) of Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council concerning the management of waste from extractive industries (notified under document number C(2009) 3012), (2009/359/EC). OJ L 110, 1 May 2009
- [4] Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC
- [5] Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC Text with EEA relevance. OJ L 197, 24 July 2012

Websites

- [1] Euromines – European Association of Mining Industries, Metal Ores & Industrial Mineral, www.euromines.org
- [2] Min-Novation Baltic business database, <http://mi.ttu.ee/db>
- [3] Min-Novation, www.min-novation.eu

Światowy bilans

wytwarzania odpadów przerobczych w górnictwie rud miedzi

Stanisław Downorowicz

1. Wstęp

Odpady przerobcze stanowią materiał skalny, rozdrobniony i przetworzony w stopniu wynikającym z wymogów stosowanej technologii wydzielania z rudy minerałów miedzi i innych metali towarzyszących w postaci koncentratu.

Do odzysku występujących w rudzie metali mogą być zastosowane technologie flotacji jedno- lub kilkufazowej dla rud polimetalicznych, technologia grawitacyjna, hydrometalurgiczna lub w przypadku rud o bardzo wysokiej zawartości metali – technologia bezodpadowa w sektorze górnictwa, t.j. pirometalurgiczna (hutnicza).

Skład chemiczny odpadów zależy od rodzaju skał, w obrębie których występuje złoża, a także charakterystyki mineralogicznej okruszczenia i zastosowanej technologii pozyskania metali.

Złoża rud miedzi i innych metali mogą występować w skałach magmowych, metamorficznych lub osadowych. Okruszczenie w wymienionych skałach występuje przeważająco w postaci minerałów siarczkowych, a w strefach kontaktujących z czyn-

nikami atmosferycznymi – w postaci związków utlenionych. Ma to istotne znaczenie dla rodzaju stosowanych technologii wzbogacania rud i charakteru odpadów przerobczych.

W odpadach pochodzących z przetwarzania magmowych skał złożowych dominują takie minerały jak: oliwin, biotyt, augit, anortyt, albit, ortoklaz, magnetyt, tytanit, ilmenit, kwarc i in. Większość z tych minerałów stosunkowo szybko ulega procesom wietrznym.

Odpady przerobcze ze skał złożowych pochodzenia osadowego stanowią głównie minerały ilaste, dolomit, częściowo syderyt, kalcyt, kwarc, gips i anhydryt, minerały fosforowe, tlenki żelaza, związki organiczne.

W odpadach przerobczych pochodzących ze wzbogacania złóż polimetalicznych, występują często domieszki

szkodliwe dla środowiska, takie jak: S, P, Zn, Pb, As, Sb, B, Sr. Czasami podwyższone koncentracje Cu, Ag, Au, W, Mo, Ni, Co, V i in. metali stwarzają w bliższej lub dalszej perspektywie potencjalne możliwości ich odzysku przy zastosowaniu bardziej efektywnych technologii przerobczych. Z tego powodu odpady przerobcze stanowią mogą rezerwową bazę surowcową dla przedsiębiorcy górniczego.

Przy utylizacji odpadów przerobczych rud miedzi, niezależnie od możliwości wtórnego odzysku pozostałości metali, istotna jest zawartość użytecznych minerałów skałotwórczych, takich jak kalcyt, dolomit, substancja organiczna, glinokrzemiany i in., które stwarzają możliwości gospodarczego wykorzystania tego surowca w innych gałęziach przemysłu [1, 2].

Tabela 1. Rozwój światowej produkcji miedzi górniczej w latach 2010-2013 (w mln Mg)

	2010	2011	2012	2013
Światowa produkcja górnicza (Cu w koncentracje)	16,038	16,053	16,699	18,082
Światowa górnicza produkcja ogólna CU (z odzyskiem z odpadów)	19,368	19,581	20,167	21,064
Stopień odzysku Cu (%)	82,8	82	82,8	85,8
Ilość odpadów flotacyjnych	1876,45	1878,2	1953,78	2115,7



dr hab. Inż.
Stanisław
Downorowicz
PK Hydrogeometal,
Lubin

Streszczenie: w referacie przedstawiono dane statystyczne światowej produkcji miedzi górniczej, która w koncentracje w 2013 r. wyniosła 18.082 tys. ton m. oraz ilości generowanych odpadów przerobczych – 2.115,7 mln ton.

Słowa kluczowe: produkcja miedzi górniczej, odpady przerobcze

World's balance

of the flotation tailings generated in the copper mining industry

Abstract: The presentation gives the statistical data of the world's primary copper mined in 2013 as 18.082 million Mg of copper in the concentrate together with the tonnages of flotation tailings generated - 2.115,7 million Mg.

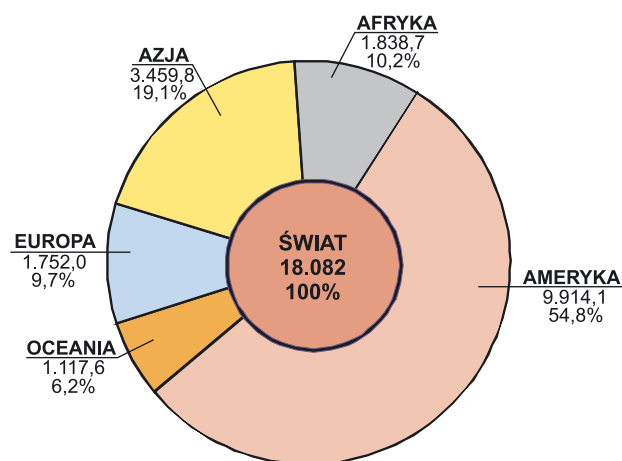
Key words: mined copper, flotation tailings.

Мировой баланс

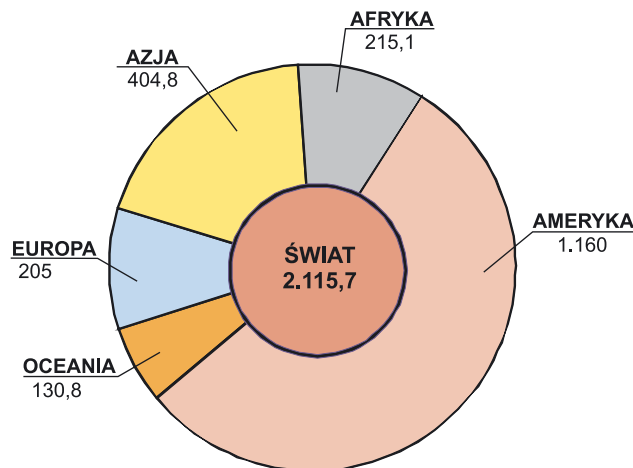
создания хвостов обогащения в горном деле медных руд

Резюме: в докладе представлено статистические данные мирового производства горной меди, которая в концентрате в 2013 г. составила 18.082 тыс. тон меди, а также количества создаваемых хвостов обогащения – 2.115,7 млн тон.

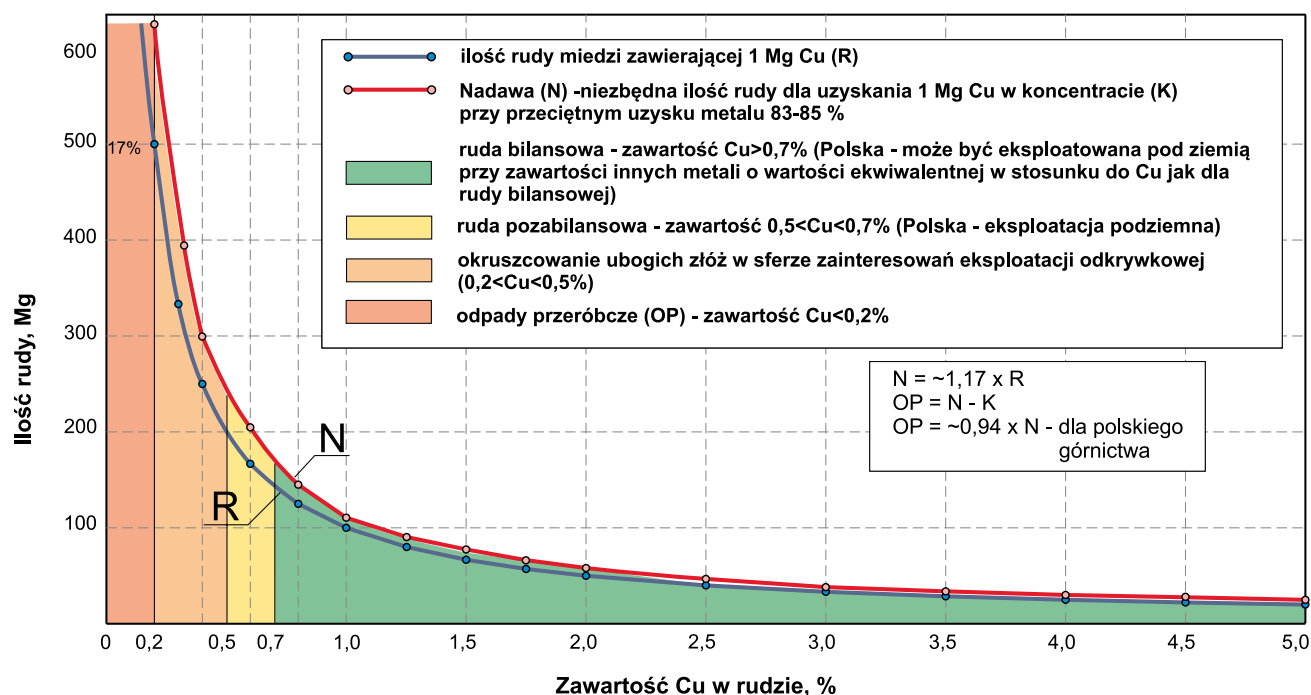
Ключевые слова: производство горной меди, хвосты обогащения.



Rys. 1. Światowa produkcja miedzi górniczej w 2013 r. w mln ton metrycznych.



Rys. 2. Ilość wytwarzanych odpadów przerobczych na świecie w 2013 r. w mln Mg.



Rys. 3. Niezbędna ilość rudy dla uzyskania 1Mg Cu w koncentracie miedzi.

2. Baza surowcowa rud miedzi

Aktualnie rozpoznanych jest ponad 1000 złóż rud miedzi [3], w tym złoża polimetalicznych konkrecji na dnach oceanów. Z tej ilości około 30% złóż jest eksploatowanych lub udostępnianych.

Rozpoznane złoża mogą być zakwalifikowane do wydzielonych według kryteriów genetycznych 12 typów złóż rud miedzi:

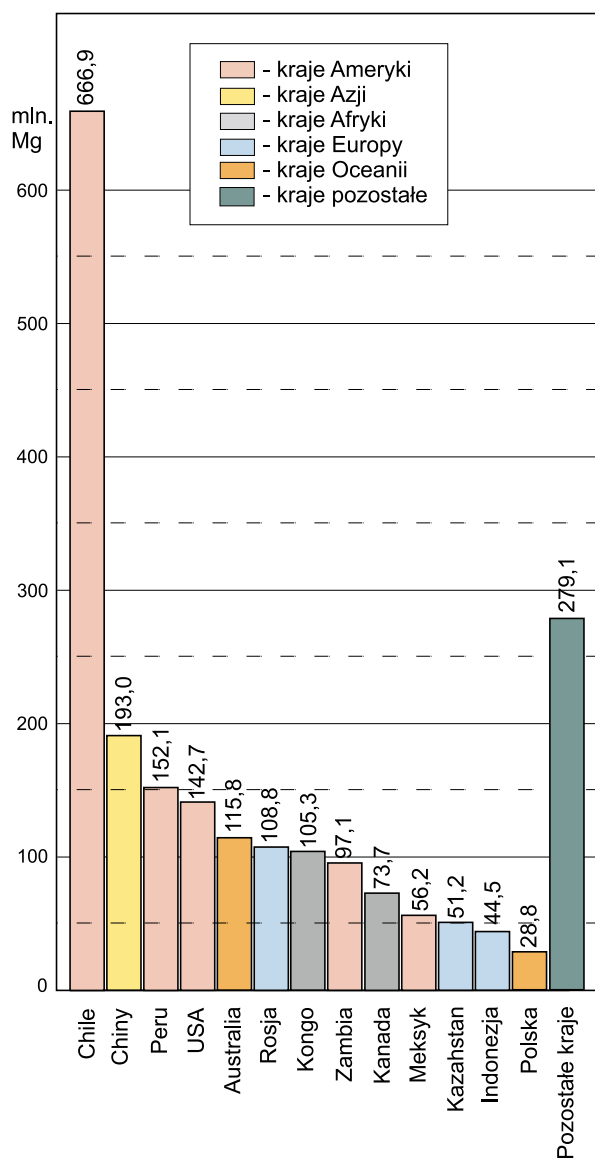
- złoża Cu-Ni w ultrazasadowych

- i zasadowych plutonitach;
- złoża siarczków Cu i tlenków Fe w zasadowych plutonitach;
- złoża rud Cu w karbonatytach;
- złoża polimetalicznych rud Cu w skarnach;
- złoża porfirowe rud Cu z molibdenitem;
- złoża enargitowe w porfirytach;
- złoża pirytów miedzionośnych;
- złoża miedzi rodzimej w zasadowych skałach wylewnych;
- złoża stratoidalne polimetalicznych rud Cu w skałach wulkaniczno-osadowych;

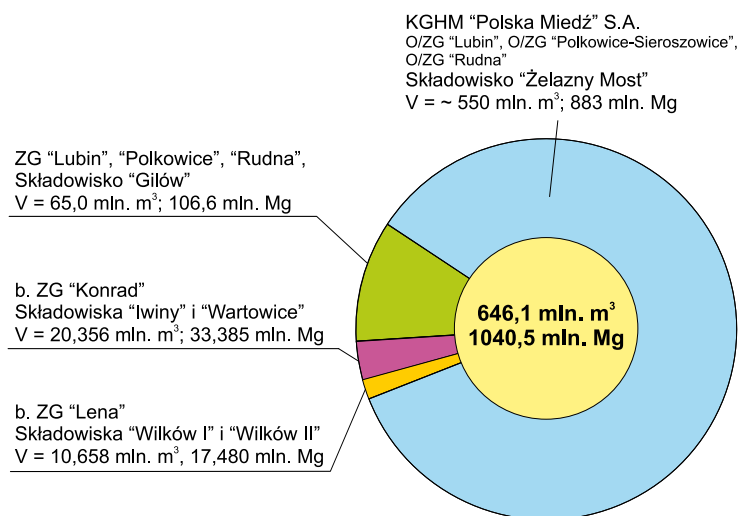
- złoża żyłowe rud miedzi;
- złoża stratyfikowane rud miedzi w skałach osadowych i metamorficznych;
- złoża miedzionośnych polimetalicznych konkrecji dennych w basenach morskich i oceanicznych.

Przy omawianiu problematyki odpadów przerobczych górnictwa rud miedzi najprostsza pozostaje jednak klasyfikacja petrograficzna, która dzieli złoża na cztery duże grupy:

- 1) złoża porfirowe – hydrotermalne w postaci sztokwerków o powierzchni kilku km² i głębokości



Rys. 4. Czołowi światowi wytwórcy odpadów przerobczych w górnictwie rud miedzi w 2013 r.



Rys. 5. Ilości zdeponowanych odpadów flotacyjnych w składowiskach - OUOW KGHM Polska Miedź S.A. (wg. stanu na 31.12.2013 r.).

do 1 km i więcej, ze strefą oksydacyjną, okruszczowane siarczkami, o zawartości od 0,3 do 1%, rzadziej do 5%, z domieszkami Mo, Au i Ag. Najważniejsze tego typu złoża występują wzdłuż Gór Skalistych i Andów (Chile, Peru, Panama, Meksyk). Są eksploatowane przeważająco metodą odkrywkową;

- 2) Złoża stratyfikowane w obrębie skał osadowych, głównie piaskowców, łupków ilastych i bitumicznych i skał węglanowych, z głównymi minerałami bornitem, chalkopirytom i chalkozynem oraz akcesorycznie Au, Ag, Ni, Ge, Co i in., o zawartości miedzi od 0,5 do kilku % jako złoża jedno lub wielopokładowe (Polska, Kazachstan, Zambia, USA, Kanada, Niemcy).
 - 3) Złoża pirytowe ekshalacyjno-osadowe występują w obrębie skał wulkanicznych i wulkaniczno-osadowych, w części zmetamorfizowanych, z zawartością obok miedzi Zn, Pb, Ag i Au (Hiszpania, Portugalia, Cypr, Niemcy, Skandynawia, Kanada, Japonia, Rosja-Ural).
 - 4) Likwacyjne złoża Cu-Ni (magmowe, w skałach zasadowych i ultrazasadowych), o zawartości Ni do 25% z dodatkiem platynowców (Pt, Pd oraz Au, Co, Re i in.). Głównie złoża tego typu występują w rejonie Norylska w Rosji i w Kanadzie.
- Do największych dysponentów szacunkowych zasobów złóż rud miedzi (w mln ton) należą: Chile - 150, Peru - 90, Australia - 80, Meksyk - 38, USA - 35, Chiny, Indonezja i Rosja – po około 30 oraz Polska - 29,8 mln ton.

3. Światowa produkcja miedzi górniczej

Rozwój chińskiej gospodarki w ostatniej dekadzie wpłynął radykalnie na rozwój światowej produkcji miedzi górniczej, której wielkość w roku 2012 po raz pierwszy przekroczyła poziom 20 mln ton/rok. Według danych The World Copper Factbook 2013 [5], światowy bilans produkcji tego metalu za rok 2013 wyniósł:

w koncentracji:

- 18.082 tys. ton m. Cu;

w koncentracji łącznej z Cu ługowaną i cementacyjną:

- 21.064 tys. ton m. Cu;

miedź rafinowana:

- 20.930,0 tys. ton Cu.

Produkcja miedzi górniczej w tys. ton metrycznych w 2013 r. w rozbiu na kontynenty [5] przedstawiała się następująco:

- Afryka	- 1.838,7
- Ameryka	- 9.914,1
- Azja	- 3.459,8
- Europa	- 1.752,0
- Oceania	- 1.117,6

Należy również zaznaczyć, że w okresie od 1900 do 2013 r. wielkość produkcji miedzi górniczej wzrosła ponad 30-krotnie. Stan produkcji globalnej miedzi górniczej przedstawia Tabela 1, a produkcji na poszczególnych kontynentach w 2013 r. - Rys. 1. W 2010 r. na świecie było 49 krajów liczących się w produkcji miedzi górniczej, w tym:

3 producentów powyżej 1,0 mln ton (Chile, Chiny, Peru);

6 producentów powyżej 0,5 mln ton (Australia, Kanada, Indonezja, Rosja, USA, Zambia);

12 producentów powyżej 0,1 mln ton

28 producentów poniżej 0,1 mln ton/rok Cu w koncentracji.

W 2014 r. w statystykach producentów miedzi górniczej odnotowano 89 krajów, a do głównych eksporterów należeli: Chile, Peru, Australia, Kanada, Indonezja, Stany Zjednoczone, Brazylia, Meksyk, Hiszpania, Argentyna.

Do głównych importerów rudy i koncentratu Cu należą kraje wschodnioazjatyckie oraz europejskie: Chiny, Japonia, Indie, Korea Płd., Hiszpania, Niemcy, Bułgaria, Finlandia, Filipiny, Szwecja.

4. Światowe wytwarzanie odpadów przerobczych

Obliczenie ilości wytwarzanych odpadów przerobczych jest złożonym zadaniem, wymagającym szczegółowych danych ze wszystkich krajów produkujących miedź górniczą w postaci

koncentratu uzyskanego w procesach wzbogacania, jak ilości przerobionej rudy, jej okruszczenia, uzysku metali w koncentracji, ilości przerobionych rud i odpadów w procesach hydrometalurgicznych i in.

Wzbogacenie wysoko okruszczonej rudy angażuje relatywnie mniejszą ilość nadawy do wzbogacania w procesie flotacji w stosunku do rudy ubogiej. W obu przypadkach przy tej samej ilości produkcji miedzi w koncentracji, generowanych będzie znacznie więcej odpadów przy przerobie rudy ubogiej w Cu. Relacje te obrazuje Rys. 3.

W związku z brakiem dostępności miarodajnych danych źródłowych, szacunkowe ilości wytwarzanych odpadów określono przy założeniu średniej zawartości miedzi w złożach światowych na poziomie 1,0% Cu i gęstości objętościowej średnio zagęszczonych odpadów 1,7 t/m³. Obliczona na tej podstawie szacunkowa ilość generowanych odpadów przerobczych w 2013 r. na wszystkich kontynentach wynosi 2.115,7 mln Mg/rok, a najwięksi wytwórcy tych odpadów to Chile – ok. 667 mln Mg, Chiny – 193 mln Mg i Peru – 152 mln Mg.

Ilość wytwarzanych odpadów na poszczególnych kontynentach przedstawiono na Rys. 2. a czołowych światowych wytwórców odpadów przerobczych – na Rys. 4. Przykładowe ilości nagromadzonych odpadów flotacji w polskim górnictwie rud miedzi w latach 1953-2013 przedstawiono na Rys. 5. Na podstawie określonych zasobów bilansowych rud miedzi w obszarze monokliny przedsudeckiej, które wynoszą około 1,6 mld ton [4], docelowa łączna ilość odpadów przerobczych w tym regionie wyniesie ponad 2,5 mld ton, co będzie stanowić duże wyzwanie przestrzenne, techniczne, ekologiczne i gospodarcze dla przedsiębiorcy górnictwa z uwagi na funkcjonowanie polskiego górnictwa miedziowego na terenach mocno zurbanizowanych, jak też o charakterze rolnym i leśnym.

Odpady flotacji gromadzone w postaci płynnej w składowiskach, do niedawna, a w szczególności na terenach sejsmicznych lub wiecznej zmarzłoci, stanowiły poważne zagrożenie dla ludności, środowiska, ruchu zakładu górnictwa.

Zagrożenia te w ostatnich latach ma-

leją z uwagi na wprowadzane nowe technologie składowania odpadów w postaci półsuchej (pasta) lub suchej. Umożliwia to opanowanie stateczności zwałowisk, szczególnie na podłożu trudnym pod względem hydrogeologicznym, geotechnicznym, geomorfologicznym i geodynamicznym. Ponadto wymienione technologie ograniczają zagrożenie środowiska wodnego, a także umożliwiają pobór i transport tego materiału konwencjonalnymi środkami transportu (taśmociągami, samochody, wagony) do składowania w dogodnym miejscu lub do utylizacji.

LITERATURA:

- [1] Downorowicz S.: Światowi wytwórcy odpadów flotacyjnych oraz stosowane technologie ich deponowania Politechnika Wrocławska, 2013 (referat niepublikowany)
- [2] Downorowicz S.: Возможные направления утилизации карбонатных флотационных хвостов. Сборник докладов «Экологические обусловления развития горногудной промышленности» Издатель: ТКР О/ Любин, 2011
- [3] Krawczykowska A.: Rozpoznawanie obrazów w identyfikacji typów rud i ich właściwości w produktach przeróbki rud miedzi. Praca doktorska, Kraków, 2007
- [4] Wirth H., Kubacki K., Ziemkiewicz J.: Strategia KGHM Polska Miedź S.A. na lata 2009-2018. Górnictwo i Geologia. Tom V, zeszyt 3, Legnica, 2010
- [5] The World Copper Factbook 2013. International Cooper Study Group. Lisbona

Struktura produktów operacji geologiczno-górnich

na przykładzie złoża LGOM

Jerzy Malewski

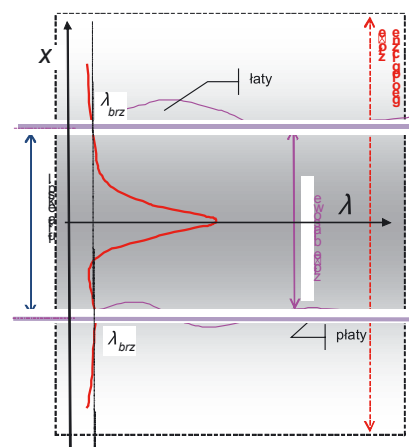
1. Wstęp

Produkcja górnicza to zespół szeregowo powiązanych operacji rozpoznania geologicznego złoża, jego udostępnienia, wydobywania kopaliny oraz przeróbki rudy. Na każdym z tych etapów/stadiów mamy do czynienia z technologią rozdziału składników operacji na produkt główny i odpadowy (lub mniej wartościowy), wg ustalonych wcześniej kryteriów rozdziału. Skutkiem tych operacji są produkty o charakterystycznych dla danej operacji cechach jakościowo-ilościowych.

Wynik każdej operacji (technologii) zależy od zmiennych środowiskowych oraz jej parametrów. Przedmiotem szczególnego zainteresowania przedsiębiorcy jest sprawność operacji i koszt jej wytworzenia. Są to

wielkości wzajemnie skorelowane: im wyższą sprawność ekstrakcji składnika użytecznego chcemy uzyskać, tym wyższe są jej koszty realizacji, ale mniej tego składnika przejdzie do odpadów. Przez sprawność rozumiemy stosunek ilości składnika użytecznego w produkcie głównym do ilości tego składnika w nadawie. Jest to zagadnienie optymalizacyjne, które dotyczy zarówno szacowania złoża, czyli jego parametryzacji jakościowo-ilościowej, jak i jego wykorzystania w procesach eksploatacji i wzbogacania (przeróbki). Narzędziem do analiz tego typu zagadnień są metody symulacyjne, które choć są przedmiotem krytyki praktyków mają niewątpliwe zalety dydaktyczne – pozwalają technologom produkcji spojrzeć w sposób systemowy na obiekty swojego zarządzania i zrozumieć uwarunkowania jego efek-

tywności. Niniejszy artykuł jest próbą symulacji systemu operacji geologicznych (kwalifikacji złoża) i górniczych z uwzględnieniem zróżnicowania litologicznego złoża oraz rozkładu



Rys.1. Model rozkładu koncentracji miedzi w przekroju złoża i jego parametry eksploatacyjne



prof. nadzw.
Jerzy Malewski
Politechnika
Wrocławska,
Wydział
Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii

Streszczenie: Artykuł jest próbą oszacowania efektów operacji geologiczno-górnich: rozpoznania, wydobywania i przeróbki rud miedziowych w celu identyfikacji struktury jakościowo-ilościowej produktów tych operacji. Obliczenia wykonano na przykładzie hipotetycznej kopalni o parametrach zbliżonych do warunków złożowych LGOM. Uzyskana wiedza pokazuje wartość narzędzi i metod analiz systemowych w procesach zarządzania produkcją górnich w kopalniach LGOM..

Słowa kluczowe: geotechnologia, modele operacji, zarządzanie produkcją miedzi

The structure of products of geological and mining activities

based on LGOM deposit

Abstract: The article is a trial to reveal of quality-quantitative structure of products geological-mining operations: diagnoses, outputs and processes of copper ores. Calculations have been made on the example of the hypothetical mine of parameters similar to LGOM deposit conditions. Obtained knowledge shows the value of the applied tools and methods for operation research practice or education in domestic copper mining.

Key words: geotechnology, models of operations, management of copper production.

Структура продуктов горно-геологических операций

на примере Легнико-Глоговского Месторождения

Резюме: Статья является попыткой оценки эффектов горно-геологических операции разведки, добычи и переработки медных руд с целью идентификации качественно-количественной структуры продуктов этих операций. Расчёты произведено на примере гипотетического рудника о параметрах приближённых к залежным условиям ЛГМО (Легнико-Глоговского Медного Округа). Полученное знание показывает ценность инструментов и метод системных анализ в процессах управления горной продукцией в рудниках ЛГМО.

Ключевые слова: геотехнология, модели действий, управление производством меди.

Tabela 1. Parametry pól i oddziałów wydobywczych użyte do obliczeń

Pole	Warstwa	$\lambda(w)$	$h(w)$	$\%h(w)$	$\lambda(\text{pola})$	Furta	Q oddz	UdzWyd
1	Łupek	10.00%	0.20	7.5%	1.80%	2.66	150000	18,00%
	Dolomit	1.23%	1.00	37.5%				
	Piaskowiec	1.06%	1.46	55.0%				
2	Łupek	11.00%	0.34	8.2%	1.82%	4.13	125000	15,00%
	Dolomit	0.92%	1.74	42.2%				
	Piaskowiec	1.06%	2.05	49.6%				
3	Łupek	12.00%	0.12	2.9%	1.28%	4.14	170000	20,00%
	Dolomit	0.93%	1.71	41.2%				
	Piaskowiec	0.99%	2.31	55.9%				
4	Łupek	13.00%	0.17	5.4%	1.57%	3.12	250000	29,00%
	Dolomit	0.98%	1.00	32.1%				
	Piaskowiec	0.87%	1.95	62.5%				
5	Łupek	9.00%	0.36	15.0%	2.24%	2.39	160000	19,00%
	Dolomit	1.23%	0.47	19.8%				
	Piaskowiec	0.99%	1.56	65.2%				

koncentracji miedzi w jego profilu na przykładzie wydobywania z pięciu hipotetycznych oddziałów wydobywczych.

2. Modele operacji i dane wejściowe

Górnictwo jest częścią geotechnologii, której charakterystyczną cechą jest fraktalna natura systemów i procesów operacji (Malewski 2012). Modelem jest operacja rozdziału, dla której właściwe jest pojęcie wydajności i sprawności. Dotyczy to każdego stadium rozpoznania geologicznego złoża, jak i operacji wydobywania i przeróbki.

Co do złoża to geolodzy używają pojęć złoża geologicznego, bilansowego, przemysłowego, operatywnego (zasoby przemysłowe minus straty eksploatacyjne) i wreszcie eksploatacyjnego (suma zasobów operacyjnych). Każda z tych kwalifikacji opiera się na mniej lub bardziej dokładnym rozpoznaniu geologiczno-techniczno-ekonomicznym jakości złoża i możliwości jego eksploatacji. Wyniki tego rozpoznania mają wpływ na planowanie produkcji, a nawet technologię jej wydobywania i przeróbki, w szczególności jeśli potrafimy kontrolować strukturę ilościowo-jakościową w strumieniach operacji produkcyjnych. Dobre rozpoznanie i kontrola tych wielkości w toku produkcji jest ważnym zagadnieniem zarządzania produkcją, którego jakość opiera się na umiejętności dostrzegania, modelowania i analizy złożonych systemów i procesów technologiczno-

ekonomicznych.

Na etapie rozpoznania i kwalifikacji złoża mamy problem z rozpoznaniem przestrzennej koncentracji składników użytecznych w przekroju złoża. Stosujemy tu metody rozpoznania bezpośredniego metodami wiertniczymi i pośredniego, metodami geostatystycznymi. W naszym przykładzie wykorzystamy wyniki badań własnych nad charakterem rozkładu koncentracji zawartości miedzi w przekroju złoża.

Budowa litologiczna złoża LGOM i rozkład Cu w profilu złoża ma charakter jak na Rys.1. Rozkład ten jest sumą rozkładów metalu w poszczególnych warstwach. Modelem rozkładu jest rozkład potęgowy (3). Hipoteza ta została potwierdzona w badaniach geostatystycznych fragmentu złoża Polkowice-Sieroszowice. Szczegóły tego zagadnienia zostaną tu pominięte, gdyż są one wyłożone w publikacji Pacy i Malewskiego (2013).

Zakładając wartości brzeżne koncentracji Cu możemy obliczyć furkę eksploatacyjną i dla tego przekroju oszacować średnią zawartość Cu. Algorytm pozwala też obliczyć furkę dla zadanej średniej koncentracji miedzi w przekroju złoża optymalizując jednocześnie lokalizację jej zawieszenia.

Zatem jeśli mamy $i=1,2..n$ oddziałów produkcyjnych o wydajnościach rocznych P_i , to średnia wartość koncentracji Cu w urobku dostarczanym do zakładu przerobczego jest wypadkową średnich zawartości Cu z poszczególnych pól eksploatacyjnych proporcjo-

nalnie do wydajności oddziałów produkcyjnych, tj.:

$$\bar{\lambda} = \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot P_i \right) / \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n P_i \approx Q$$

gdzie

λ_i - aktualna koncentracja miedzi w produkcie i-oddziału

$\alpha = \bar{\lambda}$ - średnia zawartość miedzi z n-oddziałów wydobywczych

P_i - wydobywanie i-oddziału

Q - wydobywanie kopalni.

$$\alpha_e = \frac{1}{h_e} \sum_w h(w) \cdot \int_0^{h(w)} \lambda(x, w) \cdot dx \quad (2)$$

gdzie

$\lambda(x, w)$ jest rozkładem zawartości metalu w warstwie w o miąższości $h(w)$,

$h_e = \sum h(w)$, $w = (\text{łupek, węglany, piaskowce})$.

W przywołanej wyżej publikacji pokazano, że rozkład koncentracji miedzi w przekroju złoża geologicznego może być opisany za pomocą rozkładu potęgowego w każdej warstwie litologicznej z odpowiednimi wartościami parametrów tych rozkładów, tj.

$$\lambda(x) = Ax^B + C \quad (3)$$

Dla technologia produkcji ważnym zagadnieniem jest kontrola jednocześnie trzech zmiennych procesu: ilości i struktury litologicznej rudy oraz ilości i koncentracji miedzi w tych strukturach. Zastosowany tu algorytm i modele operacji pozwalają kontrolować te wielkości zależnie od aktualnych parametrów operacji (parametry rozkładów Cu, parametry sprawności flotacji) jako funkcja rodzaju skały i zawartości Cu w nadawie, etc.

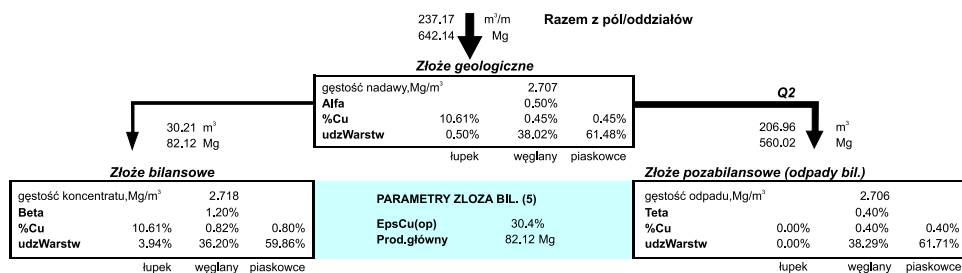
Przykład obliczeniowy

Przykład obliczeniowy ograniczono do fragmentu hipotetycznej kopalni składającej się z 5 oddziałów wydobywczych, które operują na 5 polach eksploatacyjnych. Zmienność Cu w poszczególnych polach jest zróżnicowana co ujawnia się w różnicach pa-

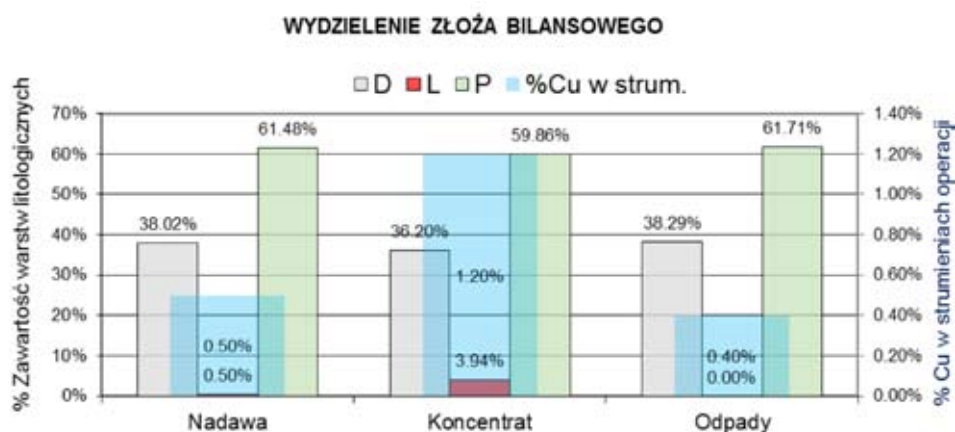
rametrów modeli (Tab.1). Oddziały produkcyjne mają ustalone woluminy produkcji. Zakład przeróbczy otrzymuje produkt sumaryczny ze wszystkich oddziałów.

Na etapie wydobywania złoża bilansowe może być zubożone lub wzbogaczone (łaty/płaty) zależnie od warunków zalegania złoża i warunków geotechnicznych wyrobisk. Ewentualne zmiany mogą być uwzględniane są przez współczynniki zmienności granic furty w obu kierunkach, ale w tym przykładzie zagadnienie to zostanie pominięte.

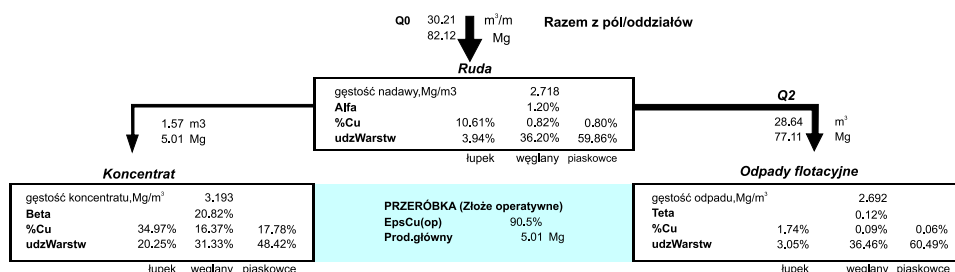
Dla przyjętych założeń i danych początkowych wyniki obliczeń są jak na Rys. 2.-5.



Rys.2. Wynik operacji wydzielienia złoża bilansowego ze złoża geologicznego dla 5 oddziałów wydobywczych wg proporcji ich wydajności, Wydajność jednostkowa produkcji = przekrój złoża x 1m postępu w każdym polu eksploatacyjnym



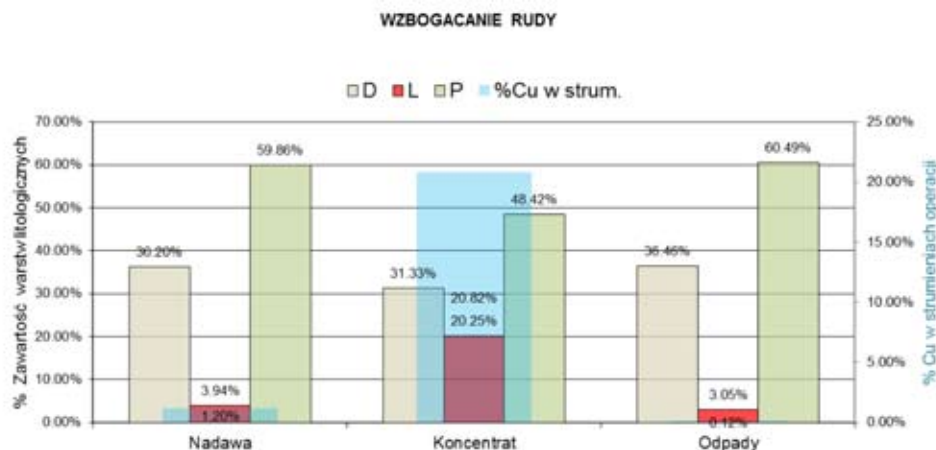
Rys.3. Struktura litologiczna produktów operacji wydzielienia złoża bilansowego dla 5 oddziałów wydobywczych.



Rys.4. Parametry jakościowo-ilościowe produktów przeróbki rudy wydobytej z 5 oddziałów wydobywczych

Referencje

- [1] Malewski J., O fraktalnej naturze geotechnologii, Prace Nauk. Instytutu Górnictwa Pol.Wroc. nr 135, Studia i Materiały nr 42, 2012
- [2] Pactwa K., Malewski J., Opis koncentracji miedzi w profilu złoża i propozycja jego wykorzystania w planowaniu produkcji, Przegląd Górniczy 7/2013



Rys.5. Struktura litologiczna produktów operacji wzbogacania rudy z 5 oddziałów wydobywczych

Produkty uboczne flotacji rud miedzi

w KGHM Polska Miedź S.A.

Stanisław Downorowicz, Paweł Markowski

1. Wstęp

Zgodnie z Ustawą z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych i późniejszymi zmianami, produkty uboczne flotacji rud miedzi zakwalifikowane zostały do podgrupy 01.03 – odpady z fizycznej i chemicznej przeróbki rud metali. W przypadku górnictwa miedziowego są to dwa produkty uboczne: drobnoziarnisty materiał skalny jako odpad końcowy procesu flotacji oraz okresowo generowany produkt w postaci drobnodispersyjnego gipsu powstającego w wyniku okresowej częściowej obróbki kwasem siarkowym koncentratu o dużej zawartości węglanów w ZWR – Rejon „Polkowice”.

Obok aktualnie eksploatowanych i perspektywicznych złóż rud miedzi

KGHM Polska Miedź S.A. dysponuje systematycznie narastającą bazą surowcową, którą stanowią wymienione produkty uboczne flotacji rud miedzi jako tzw. „odpady flotacyjne” lub określone jako „odpady przerobcze”. Zasoby tego surowca wynoszą około 1,1 mld ton. Są one zdeponowane w 5 wypełnionych, nieczynnych i zrehabilitowanych składowiskach „Wilków I”, „Wilków II”, „Iwiny”, „Wartowice” i „Gilów” oraz OUOW „Żelazny Most”, który aktualnie wypełniany jest odpadami z trzech zakładów wzbogacania rud (Rejony ZWR „Lubin”, „Polkowice” oraz „Rudna”).

W każdym z wymienionych składowisk zdeponowany jest surowiec o swoistej specyfice:

-mineralogiczno-petrograficznej

(wapienie, dolomity, piaskowce, łupki ilaste);

-geochemicznej (różny stopień utleniania pozostałych siarczków metali);

-geotechnicznej (przeważające uziarnienie 0,05-0,003 mm, duży stopień degradacji agregatów mineralnych, duża wilgotność i niekorzystna konsystencja);

-przestrzenno-morfologicznej (duża zmienność miąższości i rozpręstrzenia osadów i ich właściwości, wynikających z hipsometrii terenu, technologii deponowania, procesów sedymentacyjnych).

Zróznicowanie przestrzenne właściwości odpadów, w tym granulacji i zawartości składników użytecznych, decydujących o ich przydatności do



dr hab. inż.
Stanisław

Downorowicz

Prezes Przedsiębiorstwa
Konsultingowego
Hydrogeometal
w Lubinie



mgr inż.

Paweł

Markowski

Dyrektor Naczelny
ds. Produkcji
Górnictwo-Hutniczej
KGHM Polska Miedź S.A.

Streszczenie: W artykule przedstawiono rozwój technologii deponowania produktu ubocznego wzbogacania rud miedzi, który stanowią tzw. odpady flotacyjne. Podano, że KGHM Polska Miedź S.A. w Lubinie jako jeden z czołowych producentów miedzi w 2013 r. wydobył ponad 30,6 mln Mg rudy, wyprodukował ponad 1,85 mln Mg koncentratu oraz wytworzył około 28,8 mln ton odpadów flotacyjnych. Stwierdzono, że dysponuje zasobami tego wtórnego surowca w ilości około 1,1 mld Mg, który od 1953 r. jest zdeponowany w 6 kolejno zbudowanych składowiskach na terenie starego i nowego zagłębia miedziowego. W referacie przedłożono w zarysie rozwój technologii deponowania i przebieg prób gospodarczego zagospodarowania tego surowca.

Słowa kluczowe: wytwarzanie, deponowanie i utylizacja odpadów wydobywczych.

By-products of the flotation of copper ores

in KGHM Polska Miedź S.A.

Abstract: The paper presents the development of the technology of the deposition of the flotation tailings being the waste product of the flotation. KGHM Polska Miedź S.A. in Lubin as one of the leading copper producers in 2013 extracted over 30.6 million Mg of ore, produced more than 1.85 million Mg of concentrate and generated some 28.8 million Mg of flotation tailings; it possesses as well more than 1.1 billion Mg of the secondary raw material, which has been generated during the flotation of the ore and has been deposited since 1953 in six constructed ponds within the area of both the old and the new copper basin. The presentation gives a general information of how the technology and technique of tailings deposition was being developed as well as gives some details of trials to apply this material for different construction purposes.

Key words: generation, deposition and utilization of mined waste

Побочные продукты флотации медных руд

в КГХМ Польская Медь А.О.

Резюме: В статье представлено развитие технологии депонирования побочного продукта обогащения медных руд, который становятся так называемые хвосты обогащения. Подано, что КГХМ Польская Медь в гор. Любин как один из передовых производителей меди в 2013 году добыл сверх 30,6 миллионов Мграм руды, произвел сверх 1,85 миллионов Мграм концентрата а также создал около 28,8 миллиона тонн пофлотационных хвостов. Отмечено, что располагает ресурсами этого вторичного сырья в количестве около 1,1 миллиарда Мграм, которое с 1953 года ест депонированное в 6 очередно построенных хвостохранилищах на территории старого и нового медного бассейна. В докладе предложено в общих чертах развитие технологии депонирования и исход испытаний хозяйственного освоения этого сырья.

Ключевые слова: создание, депонирование и утилизация хвостов горного дела.



Objaśnienia:

-  - składowisko (OUOW) wypełnione, nie eksploatowane
-  - składowisko (OUON) w eksploatacji
-  - granica obszaru górniczego
-  - granica powiatu
-  - granica województwa

Rys.1. Mapa lokalizacji OUOW – składowisk odpadów przeróbczych KGHM Polska Miedź S.A.

gospodarczego wtórnego wykorzystania, jest uzależnione od warunków technologicznych deponowania materiału w składowisku.

Surowiec ten zawiera pozostałość metali po procesie flotacji, głównie Cu w ilościach od 0,1 do 0,3% oraz Ag w ilości od kilku do kilkunastu g/t oraz inne metale kolorowe i szlachetne w akcesorycznych ilościach (Tabela 2). Odzysk wymienionych metali winien poprzedzać inne kierunki ich utylizacji. Znane są różne sposoby utylizacji odpadów przeróbczych lecz żaden z możliwych kierunków nie został pod-

jęty w skali przemysłowej. Punktem wyjścia w tym zakresie jest podjęcie prac badawczo-dokumentacyjnych dla dokonania charakterystyki prze-

strzennej odpadów w poszczególnych składowiskach z określeniem ich zasobów, stanu zaawansowania procesów oksydacyjnych, z określeniem możliwych warunków wtórnej eksploatacji. Na tej podstawie należałoby opracować kompleksowe studium wykonalności odzysku pozostałości metali oraz wytwarzania z tego surowca produktów rynkowych, takich jak na przykład materiały budowlane, nawozy mineralne Mg-Ca z mikroelementami dla rolnictwa, cementy portlandzkie powszechnego użytku lub cementy specjalne dla budownictwa przemysłowego i in.

2. Bilans wytwarzanych odpadów przeróbczych

Wielkości wydobywania rudy i produkcji koncentratu oraz ilości wytwarzanych odpadów przerobowych w KGHM Polska Miedź S.A. w 2013 r. przedstawia Tabela 1.

Z Tabeli 1 wynika, iż ilość generowanego produktu ubocznego (odpadowego) w procesie flotacji w stosunku do ilości nadawy w poszczególnych ZWR-ach wynosi od 92,34 do 95,34%, a średnio 94%.

Uśredniony dla roku 2013 skład chemiczny rudy (nadawy), koncentratu miedzi oraz odpadów przerobowych w rozbiciu na trzy zakłady wzbogacania rud KGHM Polska Miedź S.A. przedstawiono w Tabeli 2.

Wyniki badań przedstawiają zawartość metali podstawowych (Cu, Ag), koncentracje metali towarzyszących i akcesorycznych oraz skład tlenkowy skały płonnej w odpadach kierowanych z poszczególnych ZWR-ów do OUOW „Żelazny Most”. Zawartość ogólna Cu w odpadach wynosi od 0,17 do 0,33%, srebra Ag - od 4,8 do 8,8 g/t, ołowiu Pb - od 0,03 do 0,06%, kobaltu Co - od 6,4 do 41 g/t,

Bilans produkcji górniczej w KGHM Polska Miedź S.A. w 2013 roku

Oddział KGHM Polska Miedź S.A.	Wydobycie (nadawa) Mg ⁺	Produkcja koncentratu Mg ⁺	Ilość odpadów flotacyjnych Mg ⁺	Udział % odpadów w stosunku do nadawy
1	2	3	4	5
O/ZG „Lubin”	7.406.234	418.670	6.987.564	94,35
O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”	11.423.994	532.789	10.891.205	95,34
O/ZG „Rudna”	11.816.299	904.813	10.911.486	92,34
KGHM Polska Miedź S.A.	30.646.527	1.856.272	28.790.255	93,94

*waga sucha

Uśrednione wyniki badań chemicznych nadawy, koncentratu i odpadów w Zakładach Wzbogacania Rud KGHM POLSKA MIEDŹ za rok 2013
Tabela 2

L.p.	Oznaczony składnik	NADAWA			KONCENTRAT			ODPADY		
		L	P	R	L	P	R	L	P	R
1.	Cu [%]	0,91	1,75	1,8	14,01	24,65	26,04	0,13	0,24	0,2
2.	Ag [g/t]	46	33	51	699	454	725	8,8	4,8	6,4
3.	Pb [%]	0,33	0,1	0,15	4,3	1,2	1,68	0,06	0,03	0,03
4.	Zn [%]	0,05	0,03	0,05	0,68	0,36	0,68	0,01	0,01	0,01
5.	Fe [%]	0,93	0,52	0,61	8,39	2,19	3,83	0,48	0,41	0,26
6.	CuO [%]	0,14	0,26	0,29	0,98	1,23	1,2	0,04	0,09	0,1
7.	Co [g/t]	119	20	42	1438	220	504	41	6,4	10
8.	Ni [g/t]	51	30	35	519	320	360	22	10	10
9.	Mn [%]	0,09	0,21	0,11	0,09	0,1	0,08	0,09	0,2	0,07
10.	Na [%]	0,25	0,31	0,6	0,24	0,22	0,32	0,54	0,96	1,36
11.	K [%]	1,34	1,34	1,27	1,76	1,53	1,43	1,22	1,13	0,84
12.	S [%]	1,03	1,59	1,74	13,06	9,1	11,74	0,31	1,18	0,81
13.	Sso4 [%]	0,14	1,06	0,92	0,16	0,24	0,25	0,16	0,98	0,73
14.	Ss [%]	0,89	0,53	0,82	12,9	8,86	11,49	0,15	0,2	0,08
15.	Ti [g/t]	478	652	546	2113	1181	1649	310	384	230
16.	P [g/t]	134	155	161	367	410	352	104	124	107
17.	SiO2 [%]	57,31	28,73	54,22	18,62	17,27	17,38	60,76	33,71	62,17
18.	Al2O3 [%]	4,25	4,65	4,31	7,05	6,08	5,95	4,42	4,31	2,86
19.	MgO [%]	3,04	7,96	4,3	2,86	3,34	2,72	3,12	7,21	2,74
20.	CaO [%]	7,83	21,29	10,65	4,91	8,15	5,39	7,84	19,03	7,36
21.	F [%]	0,046	0,078	0,047	0,088	0,095	0,067	0,041	0,068	0,035
22.	Cl [%]	0,29	0,43	0,83	0,16	0,14	0,27	0,82	1,56	2,37
23.	Mo [g/t]	72	44	60	291	292	386	48	16	16
24.	As [g/t]	226	74	85	2864	1044	1208	69	16	21
25.	Cog [%]	3,57	7,68	4,33	10,32	11,5	10,24	2,97	6,54	2,35
26.	Corg [%]	0,84	0,8	0,73	8,13	8,14	7,92	0,26	0,23	0,16
27.	Au [g/t]	0,015	0,039	0,014	0,019	0,793	0,06	0,007	0,016	0,011
28.	Pt [g/t]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
29.	Pd [g/t]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
30.	Hg [g/t]	0,63	0,82	0,69	9,5	9,1	8	0,18	0,2	0,13
31.	Cd [g/t]	4	4,5	4,6	40	22	37	1,4	2,8	1,4
32.	V [g/t]	134	164	130	780	745	832	100	105	59
33.	Sb [g/t]	-	-	-	84,9	31,2	13	-	-	-
34.	Bi [g/t]	-	-	-	9,9	10,2	9,2	-	-	-
35.	Cr [g/t]	-	-	-	187	147	158	-	-	-
36.	Se [g/t]	-	-	-	45,8	88,7	38,1	-	-	-
37.	Re [g/t]	-	-	-	4,5	11,2	9,8	-	-	-
38.	Sn [g/t]	-	-	-	3,6	2,2	2,3	-	-	-

L - ZWR Rejon Lubin; P - ZWR Rejon Polkowice; R - ZWR Rejon Rudna.

niklu Ni - od 10 do 22 g/t, molibdenu Mo - od 16 do 48 g/t, złota Au - od 0,007 do 0,016 g/t.

Średnie uzyski Cu kształtują się w granicach 86-90%, srebra Ag - w granicach 81-87,5%, natomiast występują relatywnie niskie uzyski wzbogacania metali akcesorycznych.

Skala obecnej generacji odpadów przerobczych systematycznie powięk-

sza istniejące zasoby tego surowca o 28-29 mln Mg/rok. Zahamowanie przyrostu poprzez utylizację strumienia odpadów z bieżącej produkcji w praktyce nie jest możliwe, a przetwarzanie surowca z istniejących składowisk na produkty rynkowe będzie trwało przez wiele dziesiątków lat. Progностycznie należy przyjąć, że docelowo, przy obecnie udokumen-

towanych zasobach bilansowych rud miedzi w środkowej części monokliny przedsudeckiej wynoszących około 1,6 mld ton, ilość zasobów odpadów przerobczych wzrośnie o dalsze około 1,5 mld ton, to jest łącznie z istniejącymi zasobami do około 2,6 mld Mg. Docelową łączną objętość odpadów w stanie powietrzno-suchym wyniesie około 1,5 km³. Są to ilości odpadów wymagające pilnych studiów lokalizacyjnych dla nowych składowisk oraz realizacji w dużej skali programów utylizacji tego surowca.

3. Rozwój technologii deponowania odpadów

Rozmiary problemów technicznych, technologicznych, energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych związanych z zagospodarowaniem produktu odpadowego flotacji, jest wprost proporcjonalna do wielkości wydobycia i produkcji koncentratu. Stopień złożoności gospodarki odpadami przerobczymi, w tym budowy i eksploatacji składowisk dodatkowo komplikują dynamika podłoża typowa dla terenów górniczych, lokalne warunki fizjograficzne oraz intensywne i różnorodne zagospodarowanie przestrzenne terenów przyległych do tych obiektów.

Od początków górnictwa miedziowego w Polsce, szczególnie po awarii składowiska „Iwiny” w 1967 r. problemy zagospodarowania odpadów flotacyjnych były w centrum uwagi KGHM i kierownictwa ruchu zakładów górniczych. Wynikało to z obowiązku utrzymania ciągłości ruchu kopalń i zakładów wzbogacania rud, odpowiedzialności za problemy bezpieczeństwa składowisk, ludności zamieszkałej na terenach przyległych oraz ochronę środowiska. I tak za stan techniczny i bezpieczeństwo składowisk w starym zagłębiu miedziowym odpowiadały zakłady wzbogacania rud poprzez powołanych sztygarów ds. gospodarki wodno-mułowej. W nowym zagłębiu miedziowym bezpośredni nadzór składowiska „Gilów” początkowo pełnił Zakład Wzbogacania Rud Z.G. „Lubin”. Następnie powołano Oddział Hydrotechniczny ds. eksploatacji składowiska „Gilów” podległy bezpośred-

Charakterystyka składowisk odpadów flotacyjnych górnictwa miedziowego

Zakład/Składowisko/miejscowość	Objętość odpadów [mln m ³]	Powierzchnia [km ²]	Kubatura zapór [mln m ³]	Maksymalna wysokość zapór [m]
ZG Lena/Nr 1/Wilków	4,2	0,44	0,35	40
ZG Lena/Nr 2/Wilków	7,8	0,8	2,2	25
ZG Konrad/Iwiny/Iwiny	16,4	1,12	0,85	29
ZG Konrad/Wartowice/Wartowice	19,4	2,2	1,7	32
ZG Lubin/Gilów/Lubin	66	6	3,7	22
KGHM Polska Miedź S.A./OUOW Żelazny Most/Rudna	I etap 130,0	12	5,9	23
	II etap 214,0	13	7,5	28
	III etap 350,0	13	9,2	41
	550	13,94		30-62
Razem	663,8	24,5		22...62

Tabela 3

cania Rud przy ZG „Lubin”, ZG „Polkowice” i ZG „Rudna”.

Wymienione składowiska jako tzw. nadpoziomowe (Rys. 2) posiadały zapory ziemne, w części z narzutu kamiennego („Wilków II”), wybudowane jednoetapowo na docelową wysokość dla docelowej kubatury składowisk, jako osadników wypełnianych ze zrzutem jednopunktowym, bezpośrednio do czaszy lub w przypadku „Gilowa” – na skarpe odwodną zapory jednopunktowo z dwóch ZWR-ów oraz jednopunktowo do czaszy z trzeciego ZWR-u. W tym okresie wybudowano składowisko doświadczalne „Gilów II”

nio dyrektorowi Z.G. „Lubin”. Z chwilą rozpoczęcia eksploatacji składowiska „Żelazny Most” powołano Wydział Hydrotechniczny początkowo podległy głównemu inżynierowi ZWR, a następnie dyrektorowi Z.G. „Rudna”. W roku 1996 w ramach KGHM Polska Miedź S.A. powołano Oddział Zakład Hydrotechniczny, który w pełni przejął obowiązki inwestycyjne i eksploatacyjne związane ze składowaniem odpadów przerobczycy w składowisku OUOW „Żelazny Most” i gospodarkę wodami kopalniano-technologicznymi.

Charakterystykę składowisk odpadów flotacyjnych górnictwa miedziowego przedstawia Tabela 3.

Historycznie w rozwoju technologii stosowanych w gospodarce odpadami flotacyjnymi w polskim górnictwie miedziowym wydzieli się cztery okresy:

1) okres rozwoju górnictwa rud miedzi (1953-80)

Okres ten obejmuje rozbudowę zakładów i obiektów starego zagłębia miedziowego łącznie z początkową fazą wydobywania i produkcji koncentratu w nowym zagłębiu miedziowym.

W okresie tym składowiska, jako typowe osadniki były wypełnianie odpadami i wodą do docelowej pojemności obiektu, z punktowym zrzutem strugi. W wymienionym okresie eksploatowano składowiska: „Wilków I” i „Wilków II” (przy byłym ZG „Lena” w Wilkowie), „Iwiny”, „Zbiornik awaryjny” (na okres rekonstrukcji składowiska „Iwiny” po awarii zapory 13.12.1967 r.) i „Wartowice” przy byłych ZG „Konrad” oraz zbiornik „ZD” b. Zakładu Doświadczalnego KGHM i „Gilów” dla Zakładów Wzboga-

Rys. 2. Składowiska KGHM Polska Miedź S.A. na tle ogólnej klasyfikacji składowisk odpadów flotacyjnych (S. Downorowicz, 1986 r.)

1. Składowiska nadpoziomowe

Typ	Rodzaj	Plan	Przekrój	Opis
1	2	3	4	5
1. Nadpoziomowe	1.1. Równinne			Budowa od początku angażuje bardzo dużą powierzchnię i dużą kubaturę materiału do nadbudowy zapór. Zlewnia składowiska - równa jego powierzchnia. SKŁADOWISKO AWARYJNE W IWINACH
	1.2. Stokowe			W miarę wypełniania angażuje dużą powierzchnię terenu i dużą kubaturę materiału do budowy zapór, łatwa możliwość wyeliminowania wód powierzchniowych ze zlewni. SKŁADOWISKO „GILÓW”
	1.3. Dolinowe			Najefektowniejsze składowisko pod względem koncentracji robót ziemnych na stosunkowo krótkich łączach często b. wysokich zapórach. Trudne warunki hydrologiczne przy większej zlewni. SKŁADOWISKA: „WILKÓW I” „WILKÓW II”
	1.4. Siodłowe			Pochodne składowisk dolinowych. Ograniczone zlewnie, umiarkowane warunki hydrologiczne. SKŁADOWISKO „ŻELAZNY MOST”

2. Składowiska podpoziomowe i mieszane

Typ	Rodzaj	Plan	Przekrój	Opis
1	2	3	4	5
2. Podpoziomowe	2.1. Kotłowe			Składowisko w kotłach, jeziorach bezodpływowych itp. W warunkach podłoża składowego do krasu - możliwość przebiegu dna i wypływu na zewnątrz urobku z wodą. NA TERENIE LGOM NIE WYSTĘPUJĄ
	2.2. Odkrywkowe			Przestrzeń składową dodatkowo powiększa się przez odpowiednie uformowanie skały plannej stanowiącej nadkład. Możliwość dużych strat wód obiegowych (infiltracja) oraz osunięć zboczy. KONCEPCJA - ODKRYWKOWA ZŁOŻA WB „LEGNICA”
	2.3. Podziemne			Deponowanie części urobku po flotacyjnego, wydzielanego do posadzki w kopalni lub też wypełnianie zróbnów po zakończeniu robót górniczych. SKŁADOWANIE W STARYCH ZROBACH, LITYFIKACJA
3. Mieszane	Kombinacje typów 1 i 2			Składowiska kojarzące różne przestrzenie w celu zwiększenia efektywności wykorzystania terenu. SKŁADOWISKO „WARTOWICE”

i na podstawie uzyskanych pozytywnych wyników badań namywu odpadów w postaci plaży, wprowadzono odpowiednie korekty w projektach, a następnie w realizowanych obiektach oraz instalacjach składowiska „Żelazny Most”. Po wybudowaniu I etapu składowiska „Żelazny Most” ($V=130$ mln m^3) kolejno kierowano do nowego obiektu zrzuty odpadów z ZWR „Rudna”, z ZWR „Polkowice” i od 01.07.1980 z ZWR „Lubin”.

2) okres wdrażania nowych technologii (1980-89)

Okres ten obejmował uzyskanie docelowych wielkości wydobywania i produkcji koncentratu w zakładach górniczych K.G.H.M. Był to okres wdrażania technologii grawitacyjnego namywu odpadów na skarpy odwodną zapór ziemnych z formowaniem tzw. plaż, w celu poszerzenia korpusu zapory pierwotnej, odsunięcia linii akwenu składowiska od zapory, w konsekwencji wydłużenia drogi filtracji piętrowych wód w namywanym masywie plaży i obniżenia krzywej filtracji poniżej podstawy korpusu zapory oraz zwiększenia jej stateczności (to jest uzyskanie współczynnika bezpieczeństwa o wartości $n>1,3$). Okres ten dotyczył końcowej fazy wypełniania składowisk „Gilów” ($V=60$ mln m^3) i „Wartowice” ($V=18$ mln m^3) w latach 1975-80, a przede wszystkim obiektu „Żelazny Most” (w ramach kolejnych etapów budowy, w tym projektu ZTE do $V=350$ m^3).

W okresie tym kontynuowano w skali przemysłowej wcześniej wdrożoną na „Gilowie” fotogrametrię lotniczą, wdrożono sondowania statyczne dla szybkiego oznaczenia parametrów geologiczno-inżynierskich odpadów „in situ” na plażach i zaporach, rozwijano techniki zwalczania pylenia plaż poprzez ich zraszanie i opryskiwanie emulsją asfaltową, usprawniono systemy hydrotransportu i sekcyjne namywy plaż, rozbudowano systemy drenażu i odwadniania przedpoja składowiska, monitoringu środowiskowego, rozbudowano zaplecze, w tym obie pompownie wody zwrotnej „Kalinówka” i „Tarnówek”, system zrzutowy nadmiaru wód nadosadowych do Odry i in.

3) okres rozwoju technologii namywu i uszczelniania składowiska (1990-2010)

Okres ten dotyczy namywu odpadów w pełnym wymiarze, tj. na całym obwodzie skarpy odwodnej zapory w składowisku „Żelazny Most”, jako obiekcie będącym w nieustannej nadbudowie zapór i obwałowań dla zabezpieczenia przyrostu piętrzenia wody i odpadów w granicach 1-1,5 m/rok. W okresie tym pojawiły się dalsze wyrafinowane technologie, wspomagające technologię namywu grawitacyjnego odpadów. Do głównych technologii wspomagających należy zaliczyć:

- uszczelnienie czaszy składowiska w strefie akwenu odpadami typu pylasto-ilastego (ZWR „Polkowice”) za pomocą pirsów z rurociągami zrzutowymi w celu przeciwdziałania infiltracji wód nadosadowych w podłoże;
- rozbudowa istniejących oraz budowa nowych wież z ujęciami lewarowymi wód nadosadowych wraz z tunelami technologicznymi pod składowiskiem (tzw. ciągów „D” i „E”);
- zrównoważenie bilansu wodnego składowiska poprzez m.in. rozbudowę i usprawnienie odprowadzania nadmiaru wód kopalniano-technologicznych do rzeki Odry, w tym oczyszczania wód z zawiesin;
- rozbudowa drenażu studziennego na obwodzie składowiska;
- rozbudowa ekranów drenażowych w obrębie plaż;
- wieloetapowa nadbudowa zapór i obwałowań wokół składowiska z materiału plażowego oraz dociążania nasypami ziemnymi fragmentów skarpy odpowietrznych zapór pierwotnych;
- rozbudowa systemów monitorowania dynamiki i deformacji podłoża zapór i innych obiektów składowiska, procesów filtracji, stateczności, migracji wód zanieczyszczonych, zanieczyszczeń gleb, atmosfery i in.

4) okres rozbudowy składowiska „Żelazny Most” i rozwoju zaawansowanych innych technologii (po roku 2010)

W ostatniej dekadzie na świecie w górnictwie różnych surowców mineralnych pojawiły się nowe rewolucyjne technologie składowania produktów

ubocznych flotacji. Są to technologie polegające na składowaniu odpadów w postaci zagęszczonej, półsuchej, tj. w formie tzw. „pasty” lub w stanie „suchym”, w postaci gotowej do transportu dowolnymi środkami technologicznymi (np.: taśmociąg, wagony kolejowe, wywrotki) do dalszej utylizacji, to jest do odzysku pozostałości metali lub do przetwarzania na produkty rynkowe lub też do wykorzystania w procesach technologicznych zakładu górnictwa.

Z pewnym opóźnieniem w stosunku do światowej awangardy technologicznej, aktualnie w KGHM Polska Miedź S.A. podjęto prace projektowo-inwestycyjne, w ramach rozbudowy składowiska „Żelazny Most”, nad technologią zagęszczanego składowania odpadów w postaci „pasty”. Z chwilą wdrożenia tych rozwiązań rozpocznie się kolejny okres technologiczny gospodarki odpadami flotacji w polskim górnictwie wraz ze specyfiką nowych problemów.

4. Gospodarcze wykorzystanie odpadów flotacyjnych

Stosowane wymienione technologie uniemożliwiały lub ograniczały gospodarcze wykorzystanie odpadów w trakcie ich deponowania w składowiskach, w szczególności w składowiskach typu osadnikowego. Odpady stawały się dostępne do przetwarzania na inne, rynkowe produkty, dopiero po wyłączeniu danego składowiska z eksploatacji i długotrwałym odwadnianiu i samoistnym odsączaniu odpadów. Od początku prowadzono z powodzeniem badania nad możliwością zastosowania odpadów do wytwarzania kruszyw dla budownictwa, dla poprawy struktury gleb w rolnictwie, itp. Praktyczne rezultaty osiągnięto przy wtórnym wzbogacaniu odpadów z plaży składowiska „Gilów” w ZWR „Polkowice”. Jednak mała efektywność tego procesu wynikająca z dużych kosztów transportu, przy uzyskach Cu rzędu 50-60% spowodowało zaniechanie przerobu odpadów.

Największym efektem w gospodarczym wykorzystaniu odpadów było ich szerokie wykorzystanie do celów

technologicznych w składowiskach oraz do podsadzki hydraulicznej w kopalni „Lubin”. Przetwarzanie odpadów w procesie grawitacyjnego namywu i wydzielanie najgrubszej frakcji w postaci plaż początkowo dla składowiska „Gilów”, a następnie składowiska „Żelazny Most” było największym i najbardziej efektywnym osiągnięciem w wykorzystaniu tego materiału do celów technologicznych. W procesie tym materiał gruboziarnisty pobierany z plaż wykorzystywano do nadbudowy zapór i obwałowań w 30-45% w stosunku do deponowanej ilości z ZWR „Rudna” i ZWR „Lubin”. W połowie lat 90-tych do uszczelniania składowiska w strefie akwenu zastosowano selektywny rzut odpadów typu pylasto-ilastego z ZWR „Polkowice” w ogólnej ilości nawet do 90% odprowadzanej fazy stałej i w tym w części z pozostałych ZWR-ów. Dla przykładu, w 2005 r. do uszczelniania dna składowiska odpadami ilastymi wykorzystano około 39% odpadów z ZWR „Lubin”, około 30% z ZWR „Rudna” i ponad 81% z ZWR „Polkowice”.

W drugiej połowie lat 90-tych i w latach 2000-2003 zrealizowano duży program badawczy, przetwarzając część odpadów z ZWR-u „Lubin”, na specjalnej instalacji zbudowanej w czaszy nieczynnego składowiska „Gilów”. Wytwarzano na niej materiał podsadzkowy III/II sortymentu kierowany do wybranej przestrzeni po wyeksploatowanym złożu w rejonie szybu L-III/L-VII kopalni „Lubin”. Pozostałość fazy stałej o charakterze pylasto-ilastym była zagęszczana do 1,4-1,75 Mg/m³ i kierowana ciśnieniowo za pomocą otworów wiertniczych na głębokość ponad 300 m w obręb warstw trzeciorzędowych, w ramach procesu tzw. lityfikacji, z zamierzeniem późniejszego kierowania tych odpadów do podsadzania starych zrobów w kopalniach. Na podstawie wyników badań na instalacji doświadczalnej i na Oddziale

G-1 kopalni „Lubin” uzyskano dopuszczenie OUG we Wrocławiu na stosowanie do podsadzki hydraulicznej gruboziarnistej frakcji odpadów w mieszaninie z piaskiem naturalnym III/II sortymentu w stosunku 1:1. Na podstawie tych badań zaprojektowano pełne wykorzystanie odpadów przeróbczych pod ziemią w postaci podsadzki hydraulicznej (frakcja gruboziarnista) i utwardzonej (frakcja drobnoziarnista) z zaprojektowanej podziemnej linii technologicznej produkcji tzw. surowego koncentratu w kopalni „Lubin” i „Polkowice-Sieroszowice”.

Badania w zakresie zagęszczania i klasyfikacji odpadów z ZWR „Rudna” przeprowadzono również na instalacji zbudowanej przy zaporze zachodniej składowiska „Żelazny Most”.

Reasumując stwierdza się, że całość działań w zakresie utylizacji odpadów ułożonych na składowiskach „Gilów” i „Żelazny Most” sprowadzała się tylko do badań lub prób utylizacji, natomiast główny kierunek ich wykorzystania był nastawiony na potrzeby technologiczne wewnątrzzakładowe. Natomiast nie przetwarzano materiału odpadowego w kierunku odzysku metali innymi efektywnymi technologiami oraz innych produktów rynkowych.

Aktualnie istnieją rozwiązania technologiczne dla racjonalnego przetwarzania całości zasobów tego surowca, stosownie do jego specyfiki, na następujące produkty rynkowe:

1) odzysk pozostałości metali z jednoczesnym przetwarzaniem wtórnego produktu odpadowego na różnorodne materiały budowlane;

2) produkcja cementów powszechnego użytku i cementów specjalnych;

3) produkcja nawozów wapniowo-magnezowych z mikroelementami dla rolnictwa i in.

Olbrzymia baza surowcowa stwarza możliwość wieloletniej trwałej produkcji i sprzedaży wymienionych

produktów.

W związku z powyższym należy podjąć działania formalno-prawne związane z przekwalifikowaniem „odpadów przeróbczych”, do grupy złóż pozabilansowych rud miedzi pochodzenia antropogenetycznego, zlokalizowanych w składowiskach, to jest w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (OUOW) KGHM Polska Miedź S.A.

Równolegle należy podjąć działania związane z opracowaniem odpowiednich technologii i budową instalacji do przetwarzania tego surowca na produkty rynkowe.

5. Materiały źródłowe

- [1] Downorowicz S.: Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w polskim górnictwie rud miedzi. Politechnika Wrocławska, wykład habilit., 2013
- [2] Bachowski C., Kudelko J., Wirth H., Baza krajowych zasobów złóż rud miedzi i perspektywy jej rozwoju. Materiały konferencyjne „Geolodzy w służbie Polskiej Miedzi”, Lubin, 2011
- [3] Downorowicz S. (redakcja): Ekologiczne uwarunkowania rozwoju górnictwa rud. Praca zbiorowa. Wyd. TKP, Lubin, 2011
- [4] Downorowicz S. (redakcja): Technologie wydobywania i wzbogacania rud. Praca zbiorowa. Wyd. TKP, Lubin, 2008
- [5] Monografia KGHM Polska Miedź S.A., Lubin, 2007
- [6] Werno M., Dembski B., Dembski M., Downorowicz S., Inerowicz M., Juszkiewicz B.: Badania skuteczności procesu uszczelniania składowiska „Żelazny Most”. PK „Hydrogeometal”, Lubin, 2006
- [7] Wasp E.J., Kenny J.P., Gandhi R.L.: Solid-Liquid Slurry Pipeline Transportation. Trans Tech Publications. First Edition, 1977
- [8] Downorowicz S. (redakcja): Projektowanie, budowa i eksploatacja zbiorników odpadów poflotacyjnych w górnictwie rud miedzi. Tom I Projektowanie i budowa (1974), Tom II Eksploatacja (Hydrotechnika, geologia inżynierska, hydrogeologia, rekultywacja, ochrona środowiska naturalnego), 1976
- [9] Tailing Disposal Today. Proceedings of the First International Tailing Symposium, Tucson, Arizona, 1972. Edited by C.L. Aplin and George O. Argal Jr.
- [10] Materiały archiwalne własne autorów.



fot.1. Czasza składowiska „Żelazny Most”. Na pierwszym planie ujęcia wody nadosadowej oraz pirs. (foto – KGHM PM S.A. O/ZH)

Obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych Żelazny Most –

– stan obecny i plany rozbudowy.

Wiesław Świerczyński, Andrzej Serwicki, Paweł Stefanek, Krzysztof Wrzosek

1. Wstęp

Budowę Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most -rozpoczęto w 1973 roku. O lokalizacji Obiektu zdecydowało jego pozostawienie poza obszarem eksploatacji górniczej. W odróżnieniu od wcześniej używanego OUOW Gilów OUOW, Żela-

zny Most nie był narażony na bezpośrednie wpływy górnicze, a także nie wpływał ograniczająco na prowadzenie robót pod ziemią. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na decyzję o jego lokalizacji była bliskość do Zakładów Wzbogacania Rudy. Obiekt zlokalizowany został na obszarze charakteryzującym się wyjątkowo trudnymi

warunkami geologicznymi, geotechnicznymi, a także hydrotechnicznymi. Ponad połowa zapór posadowiona jest na wychodniach iłów trzeciorzędowych, tworzących strukturę w postaci łusek glaciektonicznych nasuniętych na osady plejstocenu.

Pierwsze odpady z flotacji rud miedzi zostały przesłane na OUOW ŻM w lu-



mgr inż.
Wiesław Świerczyński
Dyrektor ds. technicznych,
KGHM Polska Miedź S.A. O/
Zakład Hydrotechniczny
Rudna



Andrzej Serwicki
KGHM Polska
Miedź S.A. O/Zakład
Hydrotechniczny Rudna



dr inż.
Paweł Stefanek
Główny inżynier ds.
rozwoju, KGHM Polska
Miedź S.A. O/Zakład
Hydrotechniczny Rudna



dr inż.
Krzysztof Wrzosek
Kierownik Projektu i Generalny
Projektant OUOW Żelazny Most,
DHV HYDROPROJEKT Sp. z o.o.
Warszawa

Streszczenie: Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most (OUOW ŻM) jest na dzień dzisiejszy jedynym miejscem składowania odpadów pochodzących z trzech Zakładów Wzbogacania Rudy (ZWR). Odpady są dostarczane na Obiekt za pomocą sieci rurociągów jako mieszanina wody oraz zmielonej skały. Po złożeniu odpadów na Obiekcie dochodzi do sedymentacji frakcji stałej, a wyklarowana woda jest zwracana do ZWR-ów. Zgodnie z planami produkcji po roku 2016 konieczne będzie zapewnienie nowych możliwości składowania odpadów. KGHM Polska Miedź S.A. zdecydował o zmianie technologii składowania odpadów, a także o dobudowaniu nowej powierzchni, mającej zapewnić funkcjonowanie KGHM Polska Miedź S.A. do 2042 roku. Celem niniejszego artykułu jest pokazanie obecnego stanu OUOW ŻM oraz planów jego rozbudowy.

Słowa kluczowe: OUOW Żelazny Most, odpady wydobywcze, rozbudowa, budowla hydrotechniczna

Żelazny Most tailings storage facility –

– today and in the future

Abstract: Żelazny Most Tailings Storage Facility (ŻM TSF) is currently only site for tailings from three Enrichment Plants (OEP). Tailings are being delivered to ŻM TSF by a pipeline network as a mixture of water and crushed rock. After deposition, solid particles sediment at the bottom and clean water is returned to OEP.

According to production plans after 2016 new storage capacity will be needed. KGHM has decided to switch technology of tailings deposition from conventional to TT&P and to build Southern Extension- additional area, which will enable storage capacity to 2042. The object of this paper is to present current condition of ŻM TSF and future plans connected with its development.

Key words: Most Tailings Storage Facility (ŻM TSF), tailing storage, development

Объект складирования отбросов, образовавшихся в процессе добычи медной руды, Железный Мост –

современное состояние и планы
расширения

Резюме: На сегодняшний день, объект складирования отбросов, образовавшихся в процессе добычи медной руды, Железный Мост является единственным местом хранения отбросов образующихся в трех станциях обогащения руды. Отбросы подаются на объект с помощью сети трубопроводов, как смесь воды и грунтовых пород. После складирования отбросов на объекте, твердая фракция оседает, а осветленная вода возвращается на станции обогащения руды. Согласно планам производства после 2016 года необходимым является предоставление новых возможностей для утилизации отбросов. КГХМ Польша Медь ООО решил изменить технологию хранения отбросов, а также расширить объект постройкой новой емкости, чтобы обеспечить возможность работы КГХМ Польша Медь ООО до 2042. Целью этой статьи является представление текущего состояния КГХМ Польша Медь ООО и планов его расширения.

Ключевые слова: объект Железного Моста, отбросы образовавшиеся в процессе добычи медной руды, расширение объекта, гидротехническое сооружение

tym 1977 roku. Do roku 1980 równocześnie z OUOW ŻM funkcjonował OUOW Gilów. W trakcie projektowania OUOW ŻM korzystano z doświadczeń zdobytych na wcześniej używanym obiekcie. Podstawowe różnice jakie wprowadzono przy projektowaniu nowego obiektu to selektywny system rozprowadzania odpadów tj. umieszczenie odpadów o charakterze piaszczystym na obwodzie składowiska celem budowy zapór oraz wprowadzenie odpadów drobnoziarnistych do wnętrza Obiektu. Wpływa to dodatkowo na uszczelnianie dna. Na rysunku 1 pokazano OUOW ŻM zgodnie z jego obecnym stanem.

W zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A. zlokalizowanych w Polsce ruda wydobywana jest w trzech kopalniach: Zakłady Górnicze Lubin, Zakłady Górnicze Polkowice-Sieroszowice oraz Zakłady Górnicze Rudna. Zdolności przerobcze kopalń wraz z Zakładami Wzbogacania Rudy (ZWR) wynoszą obecnie około 30 Mg rudy na rok. Po przejściu procesu flotacji powstają odpady w ilości wagowej odpowiadającej około 96% urobku, które przy użyciu hydrotransportu transportowane są na OUOW ŻM. [3]

OUOW ŻM jest jedynym miejscem, na którym deponowane są odpady

zapór odpowiadającej 180 m.n.p.m. Na podstawie prognoz produkcji przewidyje się, iż poziom ten zostanie osiągnięty do połowy 2016 roku, co odpowiadać będzie pojemności 620 mln m³. Przy obecnej objętości odpadów, przekraczającej 550 mln m³, konieczne jest poszukiwanie nowych możliwości składowania odpadów.

2. Obecnie stosowane rozwiązania technologiczne

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. nr 112 poz.1206) odpady składowane na OUOW Żelazny Most posiadają kod 01 04 81- odpady z flotacyjnego wzbogacania węgla inne niż wymienione w 01 04 80.

Transport odpadów z ZWR-ów odbywa się przy wykorzystaniu rurociągów magistralnych, które doprowadzają odpad do rurociągów namywających. Rurociągi namywające zlokalizowane są na koronie obiektu, która podzielona jest na 26 sekcji. Do deponowania odpadu zawierającego znaczne ilości frakcji gruboziarnistej wykorzystuje się instalację rozprowadzającą odpady

co doprowadza do tworzenia się tak zwanych „plaż”. Frakcja drobnoziarnista wraz z wodą, która nie przefiltrowała przez plażę, spływa do akwenu znajdującego się w centralnej części obiektu. Czas prowadzenia namywu na jednej sekcji nie przekracza zwykle okresu 3 tygodni, co doprowadza do osadzenia się kilkudziesięciocentymetrowej warstwy odpadów. Po przeprowadzonym namywie sekcję wyłącza się z użytkowania na okres 3-6 tygodni w celu umożliwienia odpływu nadmiaru wody. Po tym czasie namyw może być prowadzony ponownie. Po przyroście poziomu odpadów o około 2,5 metra instalacja rozprowadzająca odpady jest demontowana i podnoszona. Po zakończonej pracy cykl powtarza się.

Odpady drobnoziarniste, które sklasyfikowane są jako nie nadające się do nadbudowy zapór – takie, w których dominują łupki oraz skały węglanowe, odprowadzane są bezpośrednio do akwenu przy wykorzystaniu rurociągów umieszczonych na pirsach.

Odpady drobnoziarniste, które dostają się do akwenu znajdującego się w centralnej części zbiornika, sedymentują uszczelniając dno. Wyklarowana woda ujmowana jest za pomocą lewarów umieszczonych w wieżach ujęciowych, a także za pomocą ujęcia pływającego - rozwiązanie mające na celu doprowadzenie do uzyskania wyższej czystości wody zwrotnej. Woda, która trafi do wieży ujęciowej za pomocą instalacji ułożonej na dnie zbiornika, transportowana jest do pompowni, skąd trafia z powrotem do Zakładu Wzbogacania Rudy - cykl się powtarza.[3]



Rys. 1. Widok na OUOW Żelazny Most fot. : archiwum KGHM O/ZH

z produkcji miedzi na terenie Zagłębia Miedziowego. Sprawia to, iż jest on kluczowym ogniwem umożliwiającym produkcję koncentratu miedziowego. Zgodnie z obowiązującymi pozwoleniami wodno-prawnymi obiekt może być eksploatowany do rzędnej korony

z korony zapory- operacja nazywana jest namywaniem sekcji- Rysunek 2. Przy prowadzeniu namywu sekcji dochodzi do grawitacyjnego spływu odpadów do środka obiektu, w jego trakcie frakcja gruboziarnista osadza się w pasie najbliższym koronie zapory,

3. Rozbudowa OUOW ŻM

Przy utrzymaniu bieżącej produkcji na obecnym poziomie oszacowano, iż możliwości składowania odpadów na OUOW ŻM zgodnie z pozwoleniami skończą się do około połowy 2016 roku. Taki stan rzeczy stworzył konieczność poszukiwania nowego rozwiązania, które miałyby na celu utrzymanie możliwości składowania odpadów, a tym samym kontynuację działalności gospodarczej KGHM Polska Miedź S.A. W związku z koniecznością podjęcia decyzji o dalszych kierunkach rozwoju



Rys. 2. Namywanie sekcji na OUOW Żelazny Most

KGHM Polska Miedź S.A. zleciło wykonanie szeregu badań i ekspertyz. W trakcie procesu brano pod uwagę czynniki redukujące wpływ odpadów na środowisko naturalne, a także czynniki ekonomiczne.

Zgodnie z prognozą produkcji poszukiwano rozwiązania mającego zapewnić składowanie odpadów do roku 2042, co wymagało przygotowania dodatkowej pojemności na poziomie 340 mln m³.

Jako najbardziej korzystny wariant wybrano przygotowanie pod względem formalno-prawnym Obiektu Głównego do rozbudowy do rzędnej 195m.n.p.m., a także rozbudowę obiektu od strony

południowej - budowa tak zwanej „Kwaterny Południowej”- Rysunek 3. Dodatkowo zdecydowano się wprowadzić bardzo duże zmiany w stosowanej technologii. Dotychczasowy sposób deponowania odpadów „na mokrą” ma być stopniowo zastąpiony deponowaniem odpadów w postaci zagęszczonej. Jako rozwiązanie zaproponowano budowę instalacji segregacji i zagęszczania odpadów do konsystencji pasty, która będzie mogła zamiennie obsługiwać Obiekt Główny oraz Kwaterę południową.

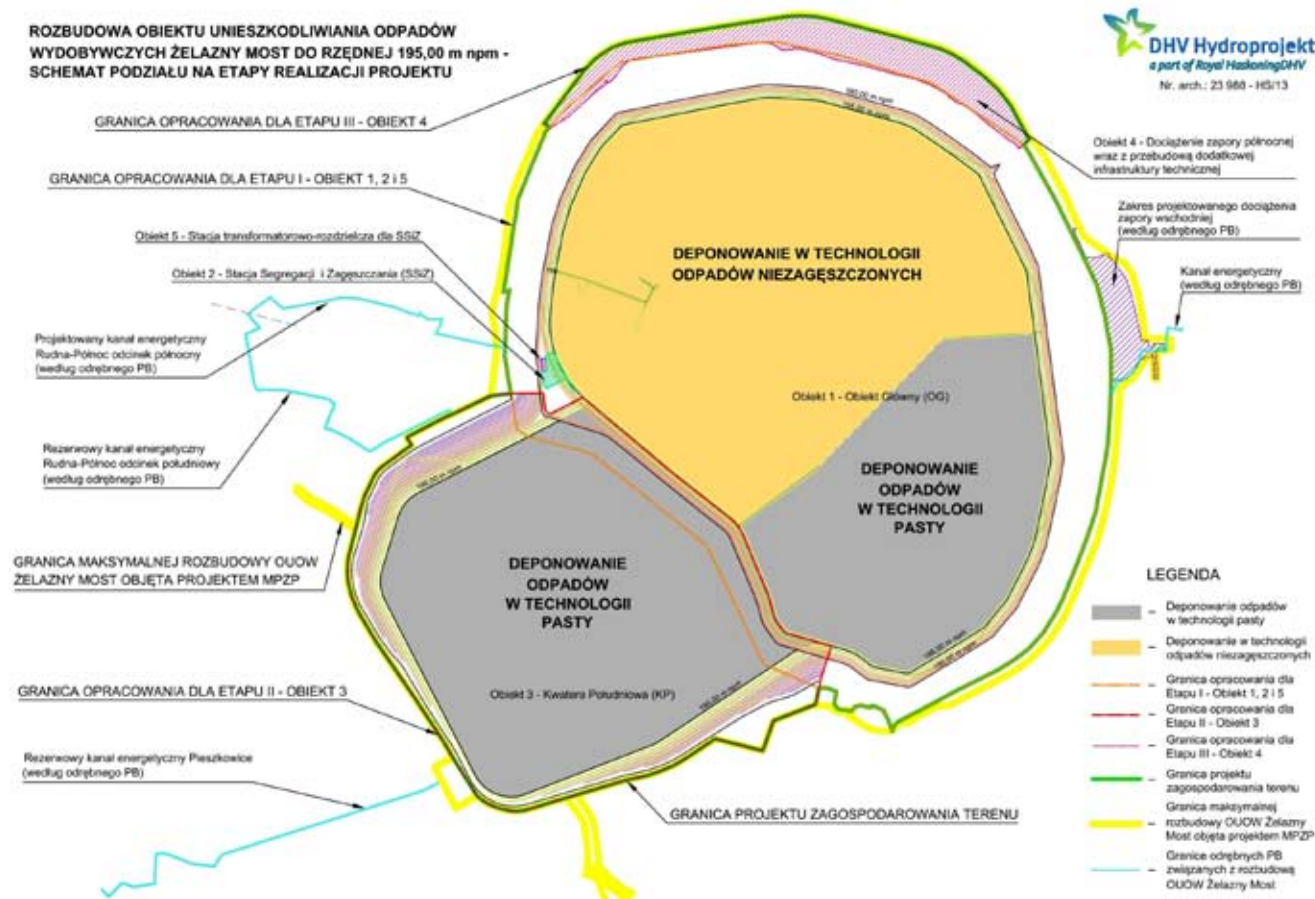
Zgodnie z założeniami projektowymi Kwaterna Południowa zlokalizowana zostanie na przedpolu zapory Obiektu głównego w gminach Rudna i Polkowice. Zgodnie z założeniami projektowymi obszar stopy KP wynosić będzie około 620 ha, dodatkowo Kwaterę otaczać będzie pas z przeznaczeniem na umieszczenie niezbędnej infrastruktury, co w sumie da około 750 ha. Dla docelowej rzędnej korony zapór 195 m.n.p.m. szacuje się uzyskanie objętości na poziomie 176 mln m³. Teren, na którym planowana jest budowa KP, stanowią zasadniczo lasy.[7]

4. Zmiana technologii

Zastosowanie technologii deponowania odpadów w postaci odpadów zagęszczonych wiąże się z koniecznością zastosowania odpowiedniej infrastruktury. Praktycznie żadne z urządzeń stosowanych przy deponowaniu odpadów „na mokrą” nie daje się zastosować dla odpadów zagęszczonych.

Podstawowym i najważniejszym elementem całego układu odpowiedzialnego za zagęszczenie odpadów jest zagęszczacz lub grupa zagęszczaczy - urządzenie, w którym dochodzi do zagęszczenia wpływającego szlamu. Urządzenie jest odpowiedzialne za uzyskania pożądanej zawartości cząstek stałych w odpadzie. Przebieg procesu powinien zapewniać uzyskanie maksymalnego zagęszczenia odpadów przy maksymalnej czystości wody w górnej części urządzenia.

Zagęszczacz składa się z radialnego zbiornika. Jego rozmiary wahają się od kilku do nawet kilkudziesięciu metrów. Wewnątrz zbiornika porusza się kratownica mająca oparcie na kolumnie zlokalizowanej w osi obiektu,



Rys. 3. Koncepcja rozbudowy OUOW Żelazny Most powyżej rzędnej 180 m n.p.m. Sposób deponowania odpadów, za [2]



Rys. 4. Zespół zagęszczaczy na kopalni miedzi w Mongolii (fot. <http://www.fluor.com>)

która z drugiej strony jest oparta na ścianach. Kratownica, ze specjalnie umieszczonymi łopatkami w jej dolnej części, ma za zadanie transport odpadu do środka dna urządzenia, skąd specjalnym otworem jest przekazywana dalej. W zagęszczaczu dochodzi do mieszania dostarczonych szlamów odpadowych z flokulantami, tj. specjalnymi preparatami chemicznymi, powodującymi przyśpieszenie procesu kłaczkowania roztworu koloidowego. Dodatkowym elementem instalacji są hydrocyklony odpowiedzialne za wstępną segregację na frakcje grubo i drobnoziarnistą - przewiduje się, iż z frakcji gruboziarnistej pozyskanej na hydrocyklonach budowane będą zapory oraz plaże nowo budowanego obiektu. Zakłada się, iż instalacja zagęszczania - Stacja Segregacji i Zagęszczania odpadów (SSiZ) - będzie zlokalizowana na koronie zapór obiektu głównego na wysokości około 180m.n.p.m. Instalacja zostanie tak zaprojektowana, by dawała możliwość dostarczania zagęszczonych odpadów zarówno na teren Obiektu Głównego jak i do Kwatery Południowej.

Stosowanie zagęszczania odpadów wymaga zastosowania wielu nowych urządzeń. Jedną z takich zmian jest konieczność zmiany rodzaju stosowanych pomp. O ile przy szlamach o małej zawartości części stałych możliwe jest stosowanie pomp wirowych, o tyle przy pompowaniu odpadów zagęszczonych konieczne jest stosowanie pomp wyporowych. Na pompy wyporowe składa się kilka rodzajów pomp:

Pompa tłokowa

Najpopularniejsza pompa z pomp wyporowych. Napędzana wałem kor-

bowym, zazwyczaj około 100 posuwów na minutę. Wypływ odpadu jest pulsacyjny. W odpadach drobnoziarnistych może osiągnąć ciśnienie nawet do 40 MPa, a dla gruboziarnistych - frakcja piasku ok. 3mm 15 MPa. W nowoczesnych urządzeniach producenci stosują napędy zapewniające jednostajność podawania odpadu.

Pompa przeponowa

Pompy przeponowe zaczęto stosować w celu redukcji zużycia urządzenia i wydłużenia jego żywotności. Jedynymi częściami mechanicznymi, które wchodzi w kontakt ze szlamem, są przepona oraz zawory. Pompa wykonuje 50-70 cykli na minutę. Pompy mogą osiągnąć ciśnienie do 25 MPa.

Pompy obrotowe organu roboczego np. zębata

Tego rodzaju pompy stosowane są głównie do pompowania ośrodków drobnoziarnistych o średniej szorstkości. Najczęściej używane do pompowania odpadów z niewielkich zagęszczaczy.

Dobór pomp rzutuje na późniejszy typ rurociągów, które są ściśle z nimi związane. Powszechnie stosowane są dwa rodzaje rurociągów: stalowe lub z polietylenu o wysokiej gęstości.[6]

5. Korzyści płynące z nowych kierunków rozwoju

Zgodnie z przeprowadzonymi analizami przewiduje się, iż zmiana technologii bardzo korzystnie wpłynie na otoczenie OUOW Żelazny Most. Deponowanie odpadów w postaci zagęszczonych przyniesie korzyści nie tylko

środowisku, ale także mieszkańcom okolicznych terenów.

Do głównych korzyści możemy zaliczyć:

- zwiększenie bezpieczeństwa obiektu
- zmniejszenie pylenia
- łatwiejsza rekultywacja
- ograniczenie rozprywu zanieczyszczonych wód

5.1. Zwiększenie bezpieczeństwa obiektu

W wyniku prowadzonych badań ustalono, iż dalsze podnoszenie poziomu zapór przy zastosowaniu obecnej technologii może mieć negatywny wpływ na bezpieczeństwo obiektu. Opinię taką wysunęto na podstawie danych z pomiarów geodezyjnych oraz danych pozyskanych z głębokich inklinometrów. Wyniki Pomiarów wskazują na to, iż może dochodzić do przemieszczeń poziomych w głębokich warstwach zalegających pod zaparami. Dodatkowo sytuację komplikuje fakt występowania wysokich ciśnień wody w porach iłów plicieńskich oraz soczewkach, co może dodatkowo wpłynąć na obniżenie stateczności zapory.

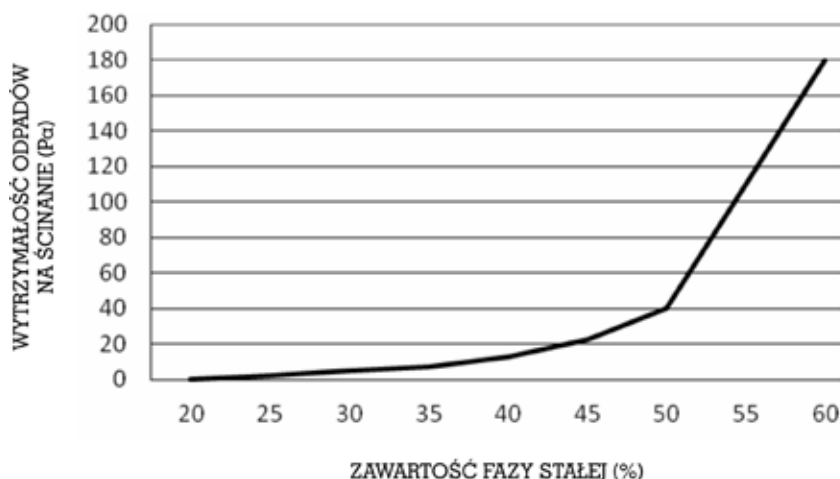
W przypadku stosowania technologii odpadów zagęszczonych. Ważnym czynnikiem wpływającym na wzrost bezpieczeństwa obiektu jest brak występowania akwenu na jego środku. Przewiduje się, iż możliwe ilości występującej wody będą kilkusetkrotnie mniejsze niż w przypadku stosowania technologii tradycyjnej. Analiza dotychczasowych katastrof dowodzi, że to właśnie akwen znajdujący się na obiekcie był najczęstszym powodem powstawania szkód.[2]

Dodatkowo, odpady zagęszczone wykazują lepsze parametry wytrzymałościowe - badania wykazują ścisłą zależność między zawartością frakcji stałej, a wytrzymałością na ścinanie - rysunek 5.

Wszystkie te czynniki wpływają na to, iż praktycznie całkowicie wyeliminowana zostanie możliwość powstania awarii, która mogłaby zagrozić okolicznym mieszkańcom.

5.2. Zmniejszenie pylenia

W Zakładzie Hydrotechnicznym czynnione są bardzo duże starania w celu redukcji powstawania pylenia, które,



Rys. 5. Zależność wytrzymałości odpadów na ścinanie od zawartości frakcji stałej w odpadach za [8]

w przypadku wystąpienia niekorzystnych wiatrów, może stać się uciążliwym zjawiskiem dla mieszkańców okolicznych gmin. Dodatkowym narzędziem, oprócz stosowanych do tej pory metod tj. deszczowania, kurtyn wodnych, stabilizacji przy użyciu emulsji asfaltowych oraz rekultywacji biologicznej, będzie możliwość kontrolowania ilości frakcji pylastej, która trafiać będzie na plażę obiektu. Będzie to możliwe poprzez odpowiednią kalibrację SSIZ tak, by ograniczyć lub wyeliminować możliwość dostawania się frakcji pylastej do stref, które ulegają przesuszeniu.

5.3. Łatwiejsza rekultywacja terenu

Na całym świecie kładzie się szczególnie duży nacisk, by firmy górnicze, jako tymczasowi użytkownicy terenu, po zakończonej działalności pozostawiali po sobie obszary mogące zostać w bezpieczny sposób wykorzystane w celach niegórniczych. Rekultywacja terenu to czynność bardzo czasochłonna i kosztowna. Warunkiem dobrze wykonanej rekultywacji jest wyeliminowanie możliwości wywierania negatywnego wpływu przez obiekt na otaczające go środowisko. Rekultywacja powinna zostać przeprowadzona tak, by obiekt charakteryzował się długoterminową statecznością, nie stwarzał zagrożenia dla ludzi ani zwierząt, a także by nie dochodziło do emisji szkodliwych substancji do środowiska.

Przeprowadzenie skutecznej rekultywacji stało się na świecie na tyle istotną kwestią, że wiele rządów oraz społeczności lokalnych wymaga two-

żenia specjalnych rezerw, pozwalających na pokrycie kosztów rekultywacji po zakończonej działalności. Takiego typu zabezpieczenia powszechnie wymagane są w Kanadzie, Australii, Japonii, Południowej Afryce i wielu innych krajach.

Ze względu na niższe koszty, a także potencjalnie niższe zagrożenia związane z rekultywacją obiektów, na których składowane były odpady w postaci zagęszczonych, technologia ta jest preferowana przez interesariuszy.

Dodatkowo czynnikiem przemawiającym za stosowaniem technologii zagęszczania odpadów jest fakt, iż ze względu na większą gęstość odpady zajmują mniejszą powierzchnię, w związku z czym wywierają mniejszy wpływ na obszary sąsiadujące. O ile deponowanie odpadów „na mokro” jest o wiele tańsze, to późniejsza rekultywacja wykazuje znaczną redukcję kosztów dla odpadów zagęszczonych. [6]

5.4. Ograniczenie rozprywu zanieczyszczonych wód

Odpad z ZWR-ów transportowany jest za pomocą hydrotransportu. Woda pochodzi z kopalni, gdzie dochodzi do intensywnego odwadniania górotworu w celu zapewnienia możliwości prowadzenia eksploatacji górniczej. Wody kopalniane z zakładów górniczych należących do KGHM Polska Miedź S.A. charakteryzują się dużym zasoleniem. W związku z tym, iż odpad składowany jest w technologii „na mokro”, dochodzi do częstego przedostawania się wód na przedpola obiektu. W celu ograniczenia tego negatywnego zjawiska w Zakła-

dzie Hydrotechnicznym stosuje się szereg drenaży: drenaż pierścieniowy, drenaże poziome stopy zapory podstawowej, rowy opaskowe, a także barierę drenażu pionowego. Zgodnie z przewidywaniami związanymi ze zmianą technologii szacuje się, iż dojdzie do znacznego ograniczenia, a możliwe, że nawet do wyeliminowania zjawiska. [4] Z doświadczeń pozyskanych na podobnych obiektach można powiedzieć, iż jedyna możliwość powstania zanieczyszczenia z obiektu, gdzie odpad jest składowany w postaci zagęszczonej, istnieje w wyniku ługowania soli przez infiltrację wód opadowych. [8]

Zgodnie z symulacją numeryczną przeprowadzoną przez PAN „Analiza warunków filtracji w maszywie odpadów OUOW Żelazny Most lokowanych w postaci pasty i technologią namywu” w przypadku dalszego prowadzenia składowania odpadów w technologii „na mokro” mogłoby dojść do wystąpienia znacznego zanieczyszczenia wód podziemnych. [1]

Zastosowanie technologii odpadów zagęszczonych spowoduje prawie całkowitą eliminację zalegania wolnej wody na czaszy obiektu, co za tym idzie – przyczyni się to do ograniczenia odwodnienia, głównie do odprowadzania wody deszczowej oraz nieznacznych ilości wody odciekowej z konsolidacji pasty.

Bibliografia

- [1] Świdziński W., Analiza warunków filtracji w maszywie odpadów OUOW Żelazny Most lokowanych w postaci pasty i technologią namywu Zakład Geomechaniki PAN
- [2] LONG TERM RISKS OF TAILINGS DAM FAILURE David M Chambers1, Bretwood Higman2 October, 2011
- [3] Monografia 30-lecia eksploatacji składowiska Żelazny Most 1977-2007
- [4] Kwatera południowa- projekt budowlany wstępny, DHV Hydroprojekt, 2013
- [5] Obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych Żelazny Most. Instrukcja eksploatacji do rz. 180.00 m npm. Część I – Ogólna.
- [6] Paste and thickened tailings – A guide, R.J. Jewell, A.B. Fourie “Australian centre for geomechanics”
- [7] Rozbudowa obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych żelazny most kwatera południowa – projekt budowlany wstępny tom I – projekt zagospodarowania terenu z częścią ogólną, DHV Hydroprojekt
- [8] Tailings storage facility design report, BHP Billiton, 2009

Możliwości oceny stabilności

oraz monitorowania rozwoju procesów destrukcji obwałowań i skarp zbiorników odpadów górniczych za pomocą systemów elektrooporowych

Grażyna Dzik, Adam Mirek

1. Wstęp

W ostatnich latach, w związku z anomalnie dużymi opadami atmosferycznymi, z coraz większym nasileniem obserwuje się zapotrzebowanie zarówno na monitorowanie jak też odbudowę zniszczonych obwałowań zbiorników i cieków wodnych lub skarp i zboczy obiektów hydrotechnicznych i innych obiektów o podobnej konstrukcji zagrożonych destrukcją. Obiekty te mogą być podatne na zniszczenie, a ich niestabilność spowodowana jest głównie przez naprzemienne, przewlekłe nawilżanie i przesuszanie.

Pomiary geofizyczne wykorzystujące techniki geoelektryczne, umożliwiają przestrzenne obrazowanie rozkładu oporności elektrycznej w ośrodku skalnym nasycenym zmineralizowanymi wodami oraz rozpoznanie budowy geologicznej w celu monitorowania stref przemieszczeń frontu wód skażonych. Pozwala to z kolei na wyznaczanie (z dość dużą dokładnością) miejsc migracji zanieczyszczeń. Najbardziej rozpowszechnionymi technikami pomiarowymi wykorzystywanymi w tym celu w Polsce i na świecie są badania elektrooporowe (np. Antoniuk J., 2003; Zdechlik R. i in., 2011; Tsourlos P. i in.,

2014). Obecnie wykorzystywana jest mobilna aparatura, której efektywność i rentowność zależy - w głównej mierze - od operatora czy warunków atmosferycznych. Optymalnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie multikanalowej aparatury permanentnie kontrolującej stan badanej struktury.

Przemysł wydobywczy, a zwłaszcza procesy towarzyszące wydobywaniu surowców mineralnych (flotacja, wzbogacanie itp.) są jednocześnie główną przyczyną generowania odpadów górniczych, które następnie muszą być deponowane w odpowiednich zbiornikach (rezerwuarach). Przy-



mgr
Grażyna Dzik
asystent,
Instytut Technik
Innowacyjnych
EMAG, 40-189
Katowice



dr inż.
Adam Mirek
adiunkt,
Instytut Technik
Innowacyjnych
EMAG, 40-189
Katowice

Streszczenie: Artykuł przedstawia koncepcję monitorowania obwałowań i skarp zbiorników odpadów górniczych za pomocą systemu elektrooporowego. Opierając się na własnych doświadczeniach dotyczących metodyki i systemów pomiarowych oraz na podstawie literatury dotyczącej powszechnie stosowanych badań określania struktury geologicznej ośrodka, przedstawiono możliwość monitorowania niestabilnych miejsc zagrożonych procesami przeciekania i niszczenia obwałowań oraz skarp zbiorników odpadów górniczych. Autorzy, proponują wykorzystanie najnowszych technologii obrazowania elektrooporowego (RI). Metoda ta daje możliwość przedstawienia pełnej charakterystyki 2D lub 3D oraz obserwacji obiektów infrastruktury technicznej, w celu określenia zmienności parametrów fizycznych podczas ciągłych pomiarów w obszarach potencjalnie zagrożonych.

Słowa kluczowe: system elektrooporowy, metoda obrazowania elektrooporowego, odpady górnicze, monitoring

Opportunities to assess the stability

and monitor the development of destruction processes of earth embankments and slopes of mining waste reservoirs with the use of resistivity systems

Summary: The article presents the concept of monitoring earth embankments and slopes of reservoirs of mining wastes with the use of a resistivity system - permanently mounted. Based on their own experiences in the field of methodology and measurement systems, and on the literature on commonly used resistivity researches in order to determine geological structure of the medium, the authors presented a possibility to monitor unstable places which are threatened by leakages and destructions of earth embankments and slopes of mining waste reservoirs. The authors propose to use a state-of-the-art resistivity imaging (RI) technology in a stationary version. This method enables to fully characterize 2D and 3D objects and observe technical infrastructure, in order to determine the variability of physical parameters during continuous recording of the potentially hazardous areas.

Keywords: resistivity system, electrical resistivity imaging, mining waste monitoring.

Возможность оценки стабильности

и мониторинг развития процессов разрушения набережных и склонов резервуаров для отходов горной добычи с использованием электросварных систем

Резюме: Статья представляет концепцию мониторинга набережных и склонов резервуаров для отходов горной добычи с использованием электросварных систем. На основании собственного опыта по методологии и измерительных систем и на основе литературы по наиболее часто используемым электросварным методам для определения геологической структуры почвы, показано способностью контролировать неустойчивых мест, находящихся под угрозой утечки и разрушения набережных и склонов резервуаров для отходов горной добычи. Авторы предлагают использовать новейшие технологии электросварного изображения (RI). Этот метод дает возможность представить полную характеристику 2D или 3D и наблюдения за технической инфраструктурой, для определения изменчивости физических параметров во время непрерывных измерений в областях потенциальной угрозы.

Ключевые слова: электросварная система, метод электросварного изображения, отходы добычи, мониторинг

kładem takiego zbiornika odpadów wydobywczych i poflotacyjnych jest, zlokalizowany w rejonie LGOM, jeden z największych w Europie zbiornik odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most” w Rudnej. Obecnie w obrębie obiektu wykorzystywane są różnego rodzaju systemy zabezpieczenia i ochrony środowiska, m.in. systemy drenażowe, rowy opaskowe, system oczyszczalni zapobiegający infiltracji wód i zanieczyszczeniu środowiska. Wydaje się jednak zasadnym, aby w celu poprawy jakościowej i ilościowej zebranych informacji o zagrożonym środowisku, zwracać także uwagę na gęstość siatki pomiarowej i zasięg głębokościowy obserwowanych zmian własności fizycznych w ośrodku, jak również czas reakcji. Koncepcja ciągłej obserwacji metodą obrazowania elektrooporowego (RI - ang. resistivity imaging) niejednorodnego ośrodka geologicznego przy uwzględnieniu powyższych zagadnień, zapewnia także największą rozdzielczość pomiarową spośród badań geoelektrycznych z zachowaniem odpowiednio dużego zasięgu głębokościowego. Wykorzystanie przedstawionego sposobu monitorowania łącznie z badaniami geotechnicznymi czy hydrogeologicznymi dałoby szansę na szybszą i lepszą ocenę stanu badanej struktury.

Założeniem przedstawionej koncepcji jest zatem ciągła (na żądanie lub z zadaną częstotliwością) rejestracja odpowiednich parametrów i ocena przestrzennego rozkładu anomalii w strefach możliwej destrukcji skarp i zboczy lub obwałowań zbiorników i cieków wodnych zachodzących

w czasie. W ten sposób możliwe jest ograniczenie zagrożenia zanieczyszczeniem wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie badanego obiektu infrastruktury technicznej. Głównym powodem stworzenia nowego rozwiązania jest ograniczenie wywoływania wpływu przez odpady przemysłowe na środowisko wodne co powoduje zmiany jakości wód.

2. Zastosowanie monitoringu obrazowania elektrooporowego w rejonach usytuowania obiektów infrastruktury technicznej

Głównym, choć nie jedynym, polem zastosowania metody obrazowania elektrooporowego do monitoringu lokalnego obiektów infrastruktury technicznej jest monitorowanie zmian zawartości wilgotności w strukturach badanych obszarów. Obecność w ośrodku geologicznym wszelkich zmian związanych, z zanieczyszczeniami środowiska lub występującymi w nim pustkami (kawerny pochodzenia naturalnego lub pustki poeksploatacyjne), czy też zmianami naprężeń, powoduje zmiany jego właściwości geoelektrycznych, takich jak oporność i przewodność elektryczna. W rezultacie zmiany pomierzonych parametrów mogą powodować anomalie (Mirek i in., 1997, Żogała B., 2013).

W omawianym przypadku, badania geoelektryczne dobrze sprawdzają się przy (za: Antoniuk J. i in.):

a) rozpoznawaniu budowy geologicznej przed frontem wód skażonych

i wyznaczaniu miejsc aureoli zanieczyszczeń,

b) rozpoznawaniu miejsc występowania w górotworze pustek o różnej genezie oraz stref charakteryzujących się zaburzonym rozkładem naprężeń,

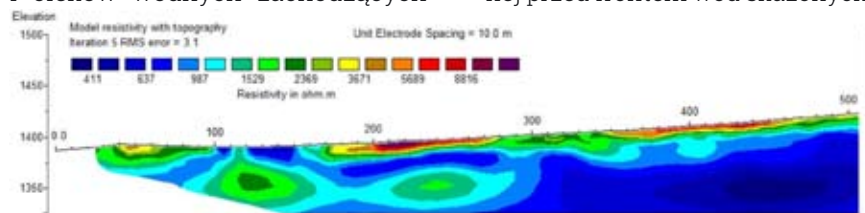
c) kartowaniu aureoli zanieczyszczonych wód podziemnych wokół ogniska skażeń,

d) monitorowaniu przemieszczenia się frontu wód skażonych.

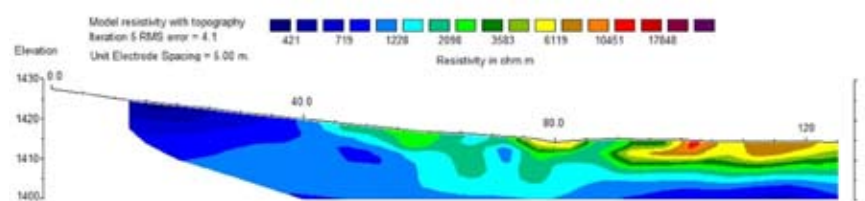
Przy interpretacji danych należy również uwzględnić czynniki, które wpływają na zmienność mierzonych parametrów. Są to m.in. budowa geologiczna, warunki hydrogeologiczne (np. wzrost wilgotności) i atmosferyczne a także czas jaki upłynął od momentu skażenia środowiska (Żogała B., 2013). A zatem dzięki ciągłej obserwacji ośrodka możliwe jest wykrycie początkowego momentu destrukcji badanego obiektu jak również prognozowanie kierunków dalszej migracji zanieczyszczeń. Dodatkowo detekcja i śledzenie tych zmian może mieć wpływ na podjęcie odpowiednich kroków w sytuacjach kiedy wyinterpretowane dane korelują się z danymi hydrogeologicznymi dając pełniejszy obraz zachwianej stabilności ośrodka. Kolejnym atutem monitoringu elektrooporowego jest możliwość sprawdzenia obszarów pod względem prawidłowego wyboru lokalizacji studni drenażowych, czy otworów piezometrycznych (Antoniuk i in., 2003).

Wykorzystując system ciągłej rejestracji w przypadku metod obrazowania elektrooporowego, można w sposób bardzo dokładny określić strukturę i zawilgocenie ośrodka, jak również umożliwić prognozę wcześniejszych niewielkich zmian, które mogą zostać wychwycone i zaobserwowane w czasie rzeczywistym.

Dla przykładu, na Rysunkach nr 1 i 2 przedstawione zostały fragmenty profili elektrooporowych wykonanych techniką obrazowania elektrooporowego, na których można wyraźnie wyodrębnić strefy niskooporowe, które - w tym przypadku - wskazują na duże nasycenie wodą występujących tam utworów piaszczysto-gliniasto-żwirowych. Natomiast w strefach wysokooporowych - suchych, mamy do czynienia z utworami rumoszu



Ryc. 1. Fragment rozkładu oporności pozornej uzyskanej z badań techniką RI. Profil 1. (Tatry, Dolina Kondratowa)



Ryc. 2. Fragment rozkładu oporności pozornej uzyskanej z badań techniką RI. Profil 2. (Tatry, Dolina Kondratowa)

skalnego. Zatem zastosowanie metody obrazowania elektrooporowego, przy wcześniejszym rozpoznaniu geologicznym, daje możliwość dość precyzyjnego określania właściwości (parametrów fizyko-mechanicznych) utworów skalnych oraz ich zmienności w czasie.

Obecnie, w kwestii ochrony środowiska obiektów górniczych, wykorzystywana jest mobilna aparatura do obrazowania elektrooporowego. Przykładem takich badań były pomiary elektrooporowe prowadzone w pobliżu Tarnówka ze względu na powstałe rozlewisko skażonych wód w zagłębieniu terenu nad rzeczką Żdzerowitą. Zadaniem było określenie miejsca wycieku i skartowania granic skażonego terenu. (Antoniuk i in., 2003) Kolejnym przykładem były badania w rejonie składowiska odpadów górnictwa węgla kamiennego „Buków”, które w skutek prowadzenia reeksploatacji odpadów w celu odzysku węgla, spowodowało zmiany jakości wód podziemnych. Celem prowadzonych badań było określenie korelacji pomiędzy pomiarami elektrooporowymi, elektromagnetycznymi a stopniem zanieczyszczenia wód podziemnych. (Zdechlik i in., 2011) Ostatnim przykładem były badania obrazowania elektrooporowego, prowadzone w kopalniach rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A.: O/ZG Polkowice-Sieroszowice i O/ZG Rudna w celu identyfikacji cech litologicznych i tektonicznych badanej struktury. (Antonik - w druku). Celem badań było m.in. określenie stref uskokowych przy wykorzystaniu metody RI. Te i wiele innych badań prowadzonych na terenach górniczych przyniosły pozytywne skutki w ocenie stanu środowiska. Pokazuje to zatem, że monitoring elektrooporowy był wskazany dla tej grupy odbiorców.

A zatem technikę obrazowania elektrooporowego możemy zastosować do badania uskoków, poziomu wód gruntowych, ustalenia wilgotności gleby i in. a w efekcie określenia miejsc skażenia środowiska. Jednak należy pamiętać, że wszystkie te badania wiążą się z obrazowaniem przewodności w badanym ośrodku o zróżnicowanej budowie.

3. Możliwości monitorowania parametrów fizycznych na wybranych rejonach działalności górniczej

Metoda elektrooporowego wykorzystywana jest do różnego rodzaju badań powierzchniowych od wielu dziesięcioleci; w hydrogeologii, górnictwie, geotechnice, ochronie środowiska a nawet poszukiwaniu węglowodorów (Loke i in., 2011). Mierzona oporność gruntu jest ściśle powiązana z wieloma parametrami, takimi jak zawartość minerałów i cieczy w skale, porowatość i stopień nasycenia wodą. Minerale mogą mieć szeroki zakres oporności, który zależy od poziomu nasycenia cieczą, stężenia jonów oraz obecności płynów organicznych.

Interpretacja prowadzona metodą inwersji 2D lub 3D pozwala na uzyskanie dwuwymiarowych przekrojów elektrooporowych oraz trójwymiarowego modelu zmian oporności. Porównanie dwóch i więcej serii pomiarowych pozwoli na detekcję zmian zachodzących w materiale skalnym tworzącym obwałowanie i jego podłoże. Zmiany te na przekrojach elektrooporowych przedstawiane są jako anomalie zmian oporności. Miejsca występowania anomalii interpretowane mogą być jako strefy zawadnione lub suche, strefy przecieków czy zmian porowatości gruntu. W efekcie, monitoring elektrooporowy pozwoli na lokalizację miejsc potencjalnie narażonych na niekontrolowaną destrukcję w sposób szybki i tani, a co najważniejsze zapewni możliwość wcześniejszego przeciwdziałania ewentualnym katastrofom.

Wykorzystując główne zalety techniki obrazowania elektrooporowego możliwe jest badanie obiektów infrastruktury hydrogeologicznej (wały przeciwpowodziowe, obwałowania zbiorników) i technicznej (nasypy ciągów komunikacyjnych, skarpy, zbocza, itp.). Opracowanie systemu umożliwi obserwację zmian zachodzących w badanym ośrodku tworzącym obwałowania i w jego pobliżu. System może wspomagać ocenę zagrożenia naruszeń obiektów infrastruktury geotechnicznej tj.: obwałowania zbiorników lub cieków wodnych, zbiorników osadów poflotacyjnych w kopalniach węgla

kamiennego, zbiorników osadowych w oczyszczalniach ścieków, zbiorników osadowych odpadów poprodukcyjnych w przemyśle naftowym, osadników substancji odpadowych oraz infrastruktury komunikacyjnej tj.: nasypy kolejowe czy drogowe. W tych rejonach system monitoringu elektrooporowego może stanowić nieodzowną pomoc dla służb interwencyjnych i jedną ze składowych systemu ochrony i bezpieczeństwa środowiska i ludności.

4. Metodologia

Metody geofizyczne stosowane są do różnego rodzaju nieinwazyjnych badań stanu górotworu, budowy geologicznej podłoża, parametrów geomechanicznych utworów skalnych, stopnia ich destrukcji czy nasycenia mediami. W tym, powszechnie stosowane są zaawansowane metody obrazowania elektrooporowego (RI) przy wykorzystaniu aparatów mobilnych (Antoniuk J. i in., 2003, Gołębiowski T. i in., 2010, Zdechlik R. i in., 2011). Aparatury te nie dają jednak możliwości stałego monitoringu w dowolnej chwili. Proponowany stacjonarny system monitoringu do obrazowania elektrooporowego pozwoliłby na automatyczny pomiar oporności pozornej ośrodka „chwilowym” układem pomiarowym w zadanym przez operatora momencie. A jednorazowy montaż oszczędziłby czas na rozstawienie systemu w terenie. Koncepcja nowej aparatury zakłada wykorzystanie układu multielektrodowego, w którym elektrody rozłożone są ze stałym odstępem, a długość profilu pomiarowego zależy od planowanej głębokości rozpoznania. Tak rozmieszczone elektrody połączone kablem z jednostką centralną pozwolą na zastosowanie dowolnego układu pomiarowego. Aby wykonać pomiar selektor elektrod, połączony z jednostką centralną, dobierze odpowiedni komplet elektrod potencjałowych i prądowych w zadanym układzie pomiarowym. Natomiast miernik geoelektryczny umożliwi pomiar i rejestrację danych. Dodatkowo możliwe jest zastosowanie dowolnej siatki pomiarowej, która pozwoli na stworzenie obrazu przestrzennego. W tym celu wykorzystuje się elektro-

dy rozłożone w terenie na jednym lub kilku profilach pomiarowych, tworząc siatkę pomiarową odpowiednią do potrzeb realizowanego zadania. Idea taka umożliwia rejestrację potencjalnie niebezpiecznych zmian pozornej oporności i interpretację danych wraz z wizualizacją wyników. Akwizycja danych odbywać się będzie przez jednostkę centralną sterowaną przez mikrokomputer, a gromadzenie danych poprzez specjalne oprogramowanie komputerowe. Dla potwierdzenia wiarygodności stanu badanej struktury, najlepiej aby wszelkie anomalie były skorelowane np. z danymi hydrogeologicznymi.

5. Podstawy teoretyczne zastosowanej metody

Rozwiązania teoretyczne metody elektrooporowej są dobrze znane a ich opis można znaleźć w dostępnych pozycjach literaturowych (Stenzel i Szymanko, 1973; Telford, 1990; Loke, 1990; Sharma, 1997).

W artykule do omawianego problemu wykorzystano jedną z metod geoelektrycznych, metodę obrazowania elektrooporowego (RI - ang. resistivity imaging). RI to metoda elektrooporowa do przestrzennego obrazowania rozkładu oporności elektrycznej w strukturach przypowierzchniowych, w której otrzymuje się wartości oporności pozornej (ρ_a). Dzięki temu można ocenić oporność w badanym ośrodku. Korzystając z podstawowego prawa fizycznego Ohma, które przedstawia przepływ prądu w nieskończonym ośrodku, możemy przedstawić je w postaci wektorowej (Loke 2004):

$$I = \sigma \cdot E$$

gdzie: σ - przewodność w ośrodku, I - gęstość prądu, E - natężenie pola elektrycznego.

Jednak w praktyce, mierzony jest potencjał elektryczny pola. Należy również zwrócić uwagę, iż powszechnie stosowana w technikach elektrooporowych jest wartość oporności ośrodka ρ , równa odwrotności przewodności ośrodka ($\rho = 1/\sigma$). Mierzona wartość oporności pozornej ρ_a zawsze przyporządkowana jest głębokości w geometrycznym środku układu pomiarowego

(Loke, 2004):

$$\rho_a = k \cdot \frac{\Delta U}{I} [\Omega m]$$

gdzie: ρ_a - oporność pozorna, ΔU - różnica potencjałów między 2 punktami pomiarowymi, I - źródło prądu, k - współczynnik geometryczny stosowanego rozstawu elektrod.

Współczynnik geometryczny k w powyższym równaniu, zależy od konfiguracji elektrod, można zapisać jako (Loke, 2004):

$$k = \pi \cdot \frac{S^2 - P^2}{2P}$$

gdzie: S - połowa rozstawu elektrod prądowych, P - połowa rozstawu elektrod potencjałowych.

Obliczona wartość oporności nie jest prawdziwą opornością ośrodka, natomiast wartość pozorna w ośrodku jednorodnym da takie same wartości oporności dla tych samych rozstawów elektrod. Związek między opornością pozorną a prawdziwą jest złożony, a zadanie można rozwiązać przy pomocy techniki inwersji. (Loke, 2004)

Metoda obrazowania elektrooporowego jest zaawansowaną metodą geofizyczną stosowaną do określenia rozkładu oporności w górotworze poprzez wykonanie pomiarów na powierzchni. Jak wspomniano, RI jest możliwa do rozwiązania dzięki procesowi inwersji 1D, 2D i 3D oraz łączy cechy zarówno metody profilowania jak i sondowania elektrooporowego. Wyznaczone wartości oporności pozornej są wykorzystane w procesie inwersji w celu określenia rozkładu oporności w badanym ośrodku w oparciu o model teoretyczny.

6. Wnioski

1. Stały monitoring elektrooporowy daje możliwość korelacji danych z innymi systemami bezpieczeństwa obiektów infrastruktury technicznej, co w efekcie może pozwolić wykazywanie niebezpiecznych zmian w ośrodku szybciej i z większą rozdzielczością niż dotychczas.

2. Wykorzystanie automatycznego zbierania danych systemem multielektrodowym oraz umożliwienie obrazowania elektrooporowego 2D lub 3D może być niezwykle przydatne, szczególnie w badaniach hydroge-

ologicznych, środowiskowych i geotechnicznych.

Literatura

- [1] Antonik W., Mendecki M.J., Gołębiowski T., Żogała B., Application of New solution in geoelectrical methods for lithological and tectonical prospection on the roof and At the floor in copper mines, Acta Geophysica [w druku].
- [2] Antoniuk J., Mościcki J., Janicki K., 2003: Badania geoelektryczne rozprzestrzeniania się wód skażonych chemicznie ze składowiska odpadów połotacyjnych „Żelazny Most”, Miesięcznik WUG nr 05: 12-13.
- [3] Gołębiowski T., Marcak H., Tomecka-Suchoń S., Zdechlik R., Zuberem W., Żogała B., 2010: Use of geophysical methods for the assessment of migration of contaminants from the coal-mining waste dumps. Proc. Of XXXVIII IAH Congress - Grounwater quality sustainability, 12-17 Sep. 2010, Kraków.
- [4] Loke, M.H., 2004: Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. W: www.geoelectrical.com.
- [5] Marcak H., Tomecka-Suchoń S., Zdechlik R., 2011: Geofizyczne i hydrogeologiczne zanieczyszczenia środowiska wodno-gruntowego w otoczeniu składowisk odpadów górniczych. Monografia. Oficyna Drukarska-Chmielewski, Warszawa.
- [6] Mirek A., Kochan Z., Żarów P., Sachar J., 1997: Przykłady zastosowania metody elektrooporowej do detekcji i kontroli zagrożeń w kopalniach węgla kamiennego. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Seria sympozja i konferencje Nr 25, Kraków.
- [7] Sharma P.V., 1997: An introduction to applied and environmental geophysics. Cambridge University Press, Cambridge.
- [8] Stenzel P., Szymanko J., 1973: Metody geofizyczne w badaniach hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich, Wyd. Geol. Warszawa.
- [9] Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E., 1990: Applied Geophysics, 2nd ed. Cambridge University Press.
- [10] Tsourlos P., Vargemezis G.N., Fikos I., Tsokas G.N., 2014: DC geoelectrical methods applied to landfill investigation: case studiem from Grece, First Break vol. 32, p. 81-89
- [11] Zdechlik R., Gołębiowski T., Tomecka-Suchoń S., Żogała B., 2011: Wykorzystanie metod hydrogeochemicznych i geofizycznych do oceny wpływu składowisk odpadów górniczych na środowisko wodne, Biuletyn PIG 445: 725-736.
- [12] Żogała B., 2013: Metody geoelektryczne w badaniach gruntów skażonych substancjami ropopochodnymi. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- [13] Żogała B., Mendecki M.J., Zuberem W.M., Gołębiowski T. and W. Antonik, 2013, Determination of the extent of fractured zones around mine openings using the resistivity and GPR methods. In: M. Kwaśniewski and D. Łydzba (eds.) Proceedings of EUROCK 2013 symposium, Rock Mechanics for Resources, Energy and Environment Taylor & Francis Group, London, 181-186.

Wykorzystanie głębokich studni odciążających

w procesie stabilizacji zapór OUOW Żelazny Most

Paweł Stefanek, Daniel Romaniuk, Paweł Ryszko

1. Wprowadzenie

OUOW Żelazny Most jest jednym z największych składowisk tego typu na świecie, a zarazem największym w Europie. Podstawowa produkcja KGHM Polska Miedź S.A. jest w pełni zintegrowanym technologicznie procesem, w którym produkt końcowy jednej fazy technologicznej stanowi

półprodukt wykorzystywany w kolejnej fazie. Ruda miedzi wydobywana w kopalniach (ZG Lubin, ZG Polkowice – Sieroszowice i ZG Rudna) jest transportowana do zakładów przeróbki (ZWR Rejony: Lubin, Polkowice, Rudna), gdzie następuje proces wzbogacania. W jego wyniku powstaje koncentrat miedzi, który jest dostarczany do hut. Proces flotacji wymaga użycia dużej

ilości wody – 4-5 m³/t nadawy rudy. Koncentrat miedzi uzyskany w wyniku wzbogacania stanowi jedynie około 6 % wagi urobku. Większość wydobytego urobku jest odpadem, który zostaje zagospodarowywany na powierzchni. Odpady z flotacji są szlamem w stanie płynnym, w którym części stałe zajmują 6,5-8,7% objętości. Odpady są transportowane rurociągami do



dr inż. Paweł Stefanek
KGHM PM S.A.
Oddział Zakład
Hydrotechniczny,
Rudna



mgr inż. Daniel Romaniuk
GEOTEKO Projekty
i Konsultacje
Geotechniczne
Sp. z o.o., Warszawa



mgr Paweł Ryszko
KGHM PM S.A.
Oddział Zakład
Hydrotechniczny,
Rudna

Streszczenie: Naprężenia całkowite generowane przez wyżej zalegające warstwy a także przez budowle przenoszone są w części przez szkielet – co odpowiada naprężeniom efektywnym a w części przez wodę – ciśnienie porowe. W wyniku dużych wartości ciśnienia porowego dochodzi do zmniejszenia się wytrzymałości na ścinanie. Szczególnie trudna sytuacja występuje w przypadku mało przepuszczalnych warstw podłoża gruntowego, w przypadku których nie zachodzi szybkie rozproszenie nadwyżki ciśnienia wody w porach. Przy posadawianiu dużych obiektów budowlanych takich jak zapory ziemne, które powodują wzrost naprężeń w podłożu a tym samym przyrost ciśnienia wody w porach, należy podjąć czynności mające na celu rozproszenie jego nadwyżki np. przez specjalistyczne instalacje i prowadzenie pompowań ze studni odciążających. Wykorzystanie studni odciążających do redukcji ciśnienia porowego zostało zastosowane na szeroką skalę na zaporach Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most, gdzie są jednym z głównych czynników mających wpływ na zmniejszenie przemieszczeń zapór. Niniejszy artykuł ma za zadanie przybliżyć zasady instalacji i wpływ studni odciążających na stabilizację obwałowań OUOW Żelazny Most.

Słowa kluczowe: studnie odciążające, monitoring, OUOW Żelazny Most

Usage of the deep relief wells

Usage of the deep relief wells in the stabilization of the Żelazny Most TSF dams

Abstract: The soil water pressure generated by the load of upper ground layers and additional stresses induced by load of the buildings is transferred partially by the ground, causes effective stress in the ground, and partially by the ground water, which is reducing the shear strength. Especially difficult situation occurs in the case of low-permeability layers of the ground, for which there is no quick dissipation of excess of the pore water pressure. For the large buildings such as dams, which cause an increase of stress in the foundation soil and thus the increase of the pore water pressure, necessary steps should be taken to disperse its excess - for example by the relief wells installations. For the reduction of pore water pressure usage of the relief wells was introduced on the dams of the Żelazny Most Tailings Storage Facility (TSF), where relief wells are one of the main factors, that influence the decrease of the dams displacements. This article aims to clarify the influence of the installation of relief wells on the stabilization of the Żelazny Most TSF dams.

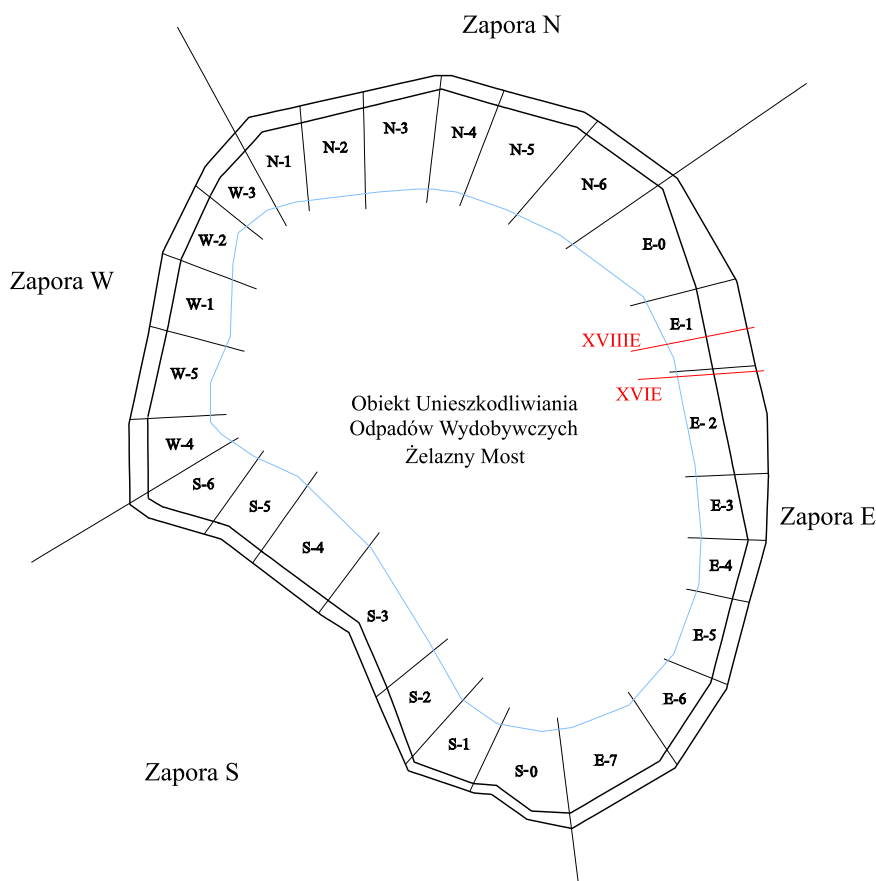
Key words: relief wells, monitoring, Żelazny Most TSF

Использование разгружающих глубоких скважин

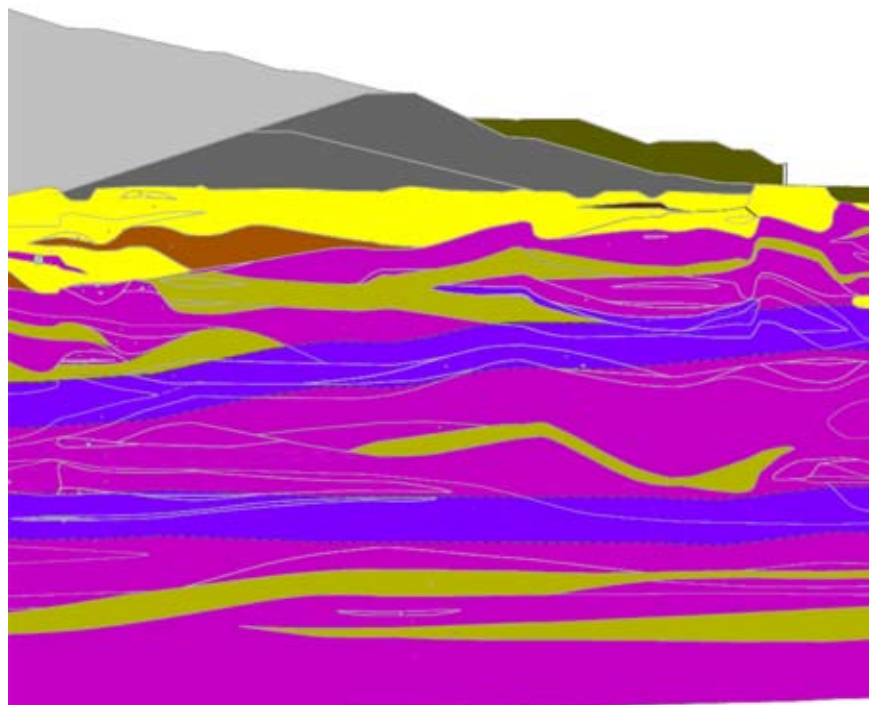
в процессе стабилизации плотины объекта складирования отбросов, образовавшихся в процессе добычи медной руды, Железный Мост

Резюме: Полное напряжение от вышележащих слоев грунтов, а также от нарастания плотины передаются частично на скелет грунта, что соответствует напряжениям эффективным, и частично на воду, что соответствует поровому давлению. В результате большого давления воды в порах снижается прочность на сдвиг. Особенно тяжелое положение возникает в слабо водопроницаемых слоях грунта, где нет возможности быстрого рассеяния избыточного давления воды в порах. В случае основания больших объектов, таких как грунтовые плотины, которые увеличивают напряжение в основании и тем самым увеличивают давление воды в порах, необходимо принять меры, дающие возможность рассеивания избытков давления, например: установка и обслуживание насосной системы, качающей воду из разгружающих скважин. Разгружающие скважины для снижения давления в порах были широко применены на плотине объекта Железный Мост, где они являются одним из основных факторов, влияющих на снижение перемещения плотины. Эта статья призвана разъяснить правила установки и влияния разгружающих скважин на стабилизацию обваловки объекта складирования отбросов, образовавшихся в процессе добычи медной руды, Железный Мост.

Ключевые слова: разгружающие скважины, мониторинг, объект складирования отбросов, образовавшихся в процессе добычи медной руды, Железный Мост



Rys. 1. Szkic sytuacyjny Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most



Rys. 2. Wycinek przekroju XVIIE – skomplikowana budowa geologiczna podłoża

Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most, który jest zlokalizowany w województwie dolnośląskim w granicach powiatu lubińskiego i powiatu polkowickiego. Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów

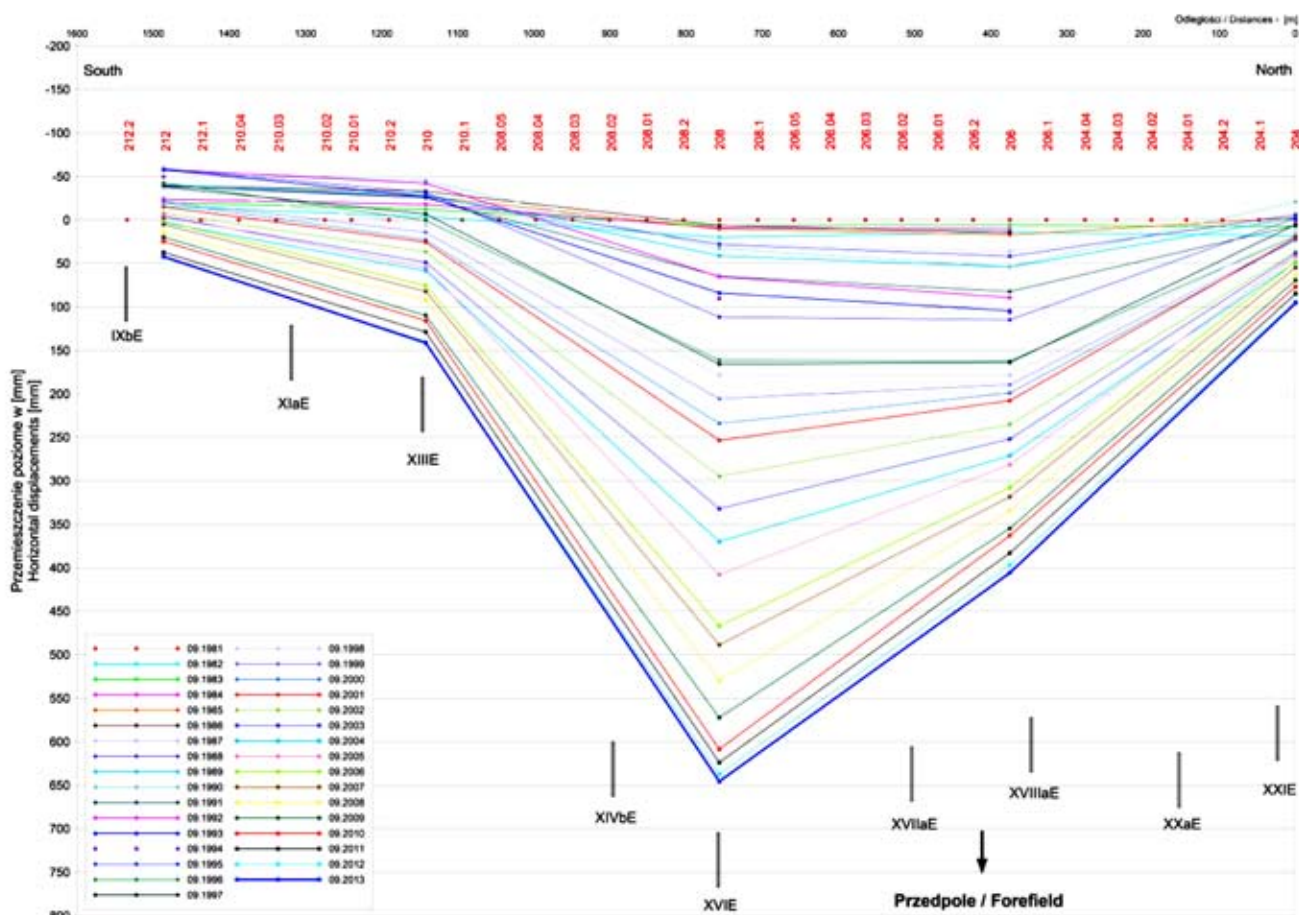
Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most jest jedynym miejscem deponowania odpadów z flotacji rud miedzi pochodzących ze wszystkich Zakładów Górniczych KGHM Polska Miedź S.A. co powoduje, że stanowi on kluczowe

ogniwo technologiczne, bez którego produkcja koncentratu miedziowego byłaby niemożliwa.

Budowę OUOW Żelazny Most rozpoczęto w 1974 r., a jego eksploatacja i równoczesna rozbudowa trwa od 1977r. Obecnie Obiekt jest rozbudowywany do pojemności całkowitej 700mln m³, przy pojemności użytkowej około 640mln m³, i rzędnej korony zapór 180 m n.p.m., Zbiornik ze wszystkich stron ograniczają zapory ziemne (Ryc. 1). Ze względu na zastosowaną technologię rozbudowy OUOW „do środka”, oprócz początkowego obwałowania – zapory podstawowej, do której budowy wykorzystane zostały rodzime grunty piaszczyste, zapory są wznoszone z deponowanych na OUOW odpadów. Długość obwodu wszystkich zapór wynosi 14,35 km. Wysokość zapór jest determinowana przez morfologię terenu, na którym wzniesiony jest OUOW, i obecnie waha się od ok. 28 m n.p.t.(zapora południowa) aż do ok. 63 m n.p.t. w najwyższym miejscu (zapora wschodnia).

Optymalizacja procesu produkcji miedzi wymagała lokalizację Zakładów Wzbogacania Rudy (ZWR) w pobliżu kopalń, a składowiska odpadów w pobliżu ZWR-ów. Z tego powodu możliwości lokalizacyjne OUOW Żelazny Most były dość ograniczone. Ponadto w okresie, gdy decydowano o miejscu, w którym powstawał obiekt, stan wiedzy i możliwości badawcze były dużo mniejsze niż dziś. Z tego powodu nie rozważano wówczas mocno kwestii jaki wpływ będzie wywierał powstający obiekt na głębokie podłoże.

W podłożu OUOW Żelazny Most, zarówno płytkim jak i głębokim, występują bardzo skomplikowane warunki geologiczne. Na przeważającej części obwodu OUOW jego zapory posadowione są na podłożu zbudowanym z czwartorzędowych gruntów spistych i niespistych. Pomimo tego na ich stateczność największy wpływ mają utwory neogenu, a w szczególności plastyczne iły plioceniczne, które w podczas zlodowaceń uległy deformacjom glaciektonicznymi i występują w podłożu w postaci łusek, nasunięć i porwaków z wychodniami na powierzchnię terenu. Oprócz tego iły te są bardzo zlustrowane co dodatkowo osłabia ich wytrzymałość. Działalności



Rys. 3. Przesunięcia poziome na punktach wzdłuż linii obserwacyjnej na koronie zapory podstawowej na zaporze wschodniej (podano za [10])

lodowców miała również wpływ na przypowierzchniowe warstwy terenu. Grunty spoiste zalegające do gł. 2-3 m p.p.t. w wyniku zamarzania i rozmrażania, podlegały w epoce lodowcowej zjawiskom soliflukcji i krioturbacji, które dziś można zaobserwować np. na północnych krańcach Ameryki Płn. i Azji, gdzie występuje wieczna zmarzlina. Z tego względu również bezpośrednie podłoże zapór jest dodatkowo osłabione.

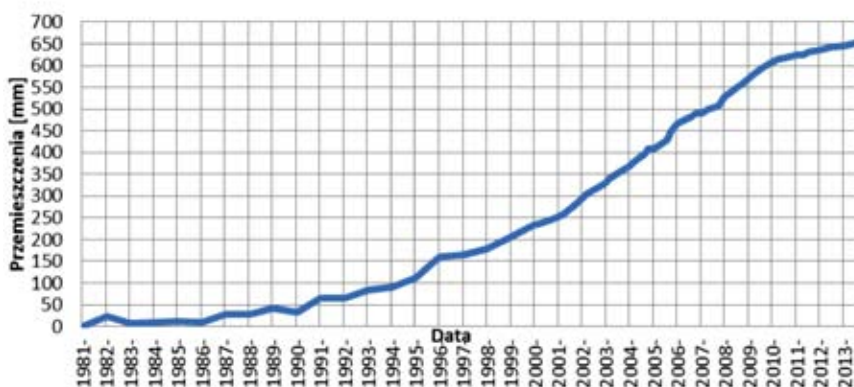
Wszystkie opisywane wyżej niekorzystne warunki gruntowe występują w podłożu środkowej części zapory wschodniej, gdzie obwałowania osiągały największą wysokość (Rys. 2). Z tego względu wywierane przez OUOW obciążenia, wywołują naprężenia w głębokich warstwach podłoża, a co za tym idzie bardzo duży przyrost ciśnienia wody w porach, którego wielkość mierzona w metrach przewyższała aktualny poziom terenu. Największe problemy występowały w rejonie przekrojów pomiarowych XVII i XVIII, gdzie w latach 90-tych wystąpiły zwiększone przemieszczenia powierzchniowe. Aby

przeciwdziałać temu zjawisku podjęto decyzję o zastosowaniu zabiegów stabilizacyjnych, z których jednym było wykonanie głębokich pionowych studni odciążających z tzw. ciągłym filtrem.

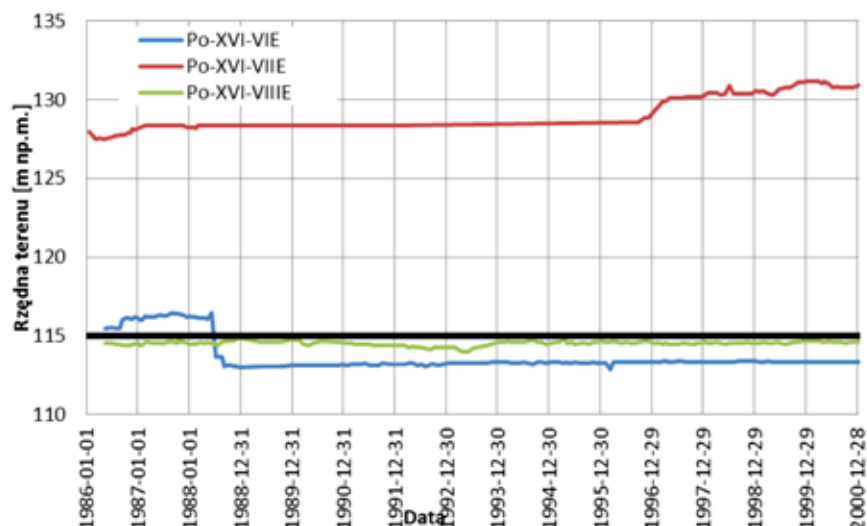
2. Analiza wyników z monitoringu

Ze względu na rozmiary obiektu i jego znaczenie dla KGHM Polska Miedź S.A., a co za tym idzie zapewnienie

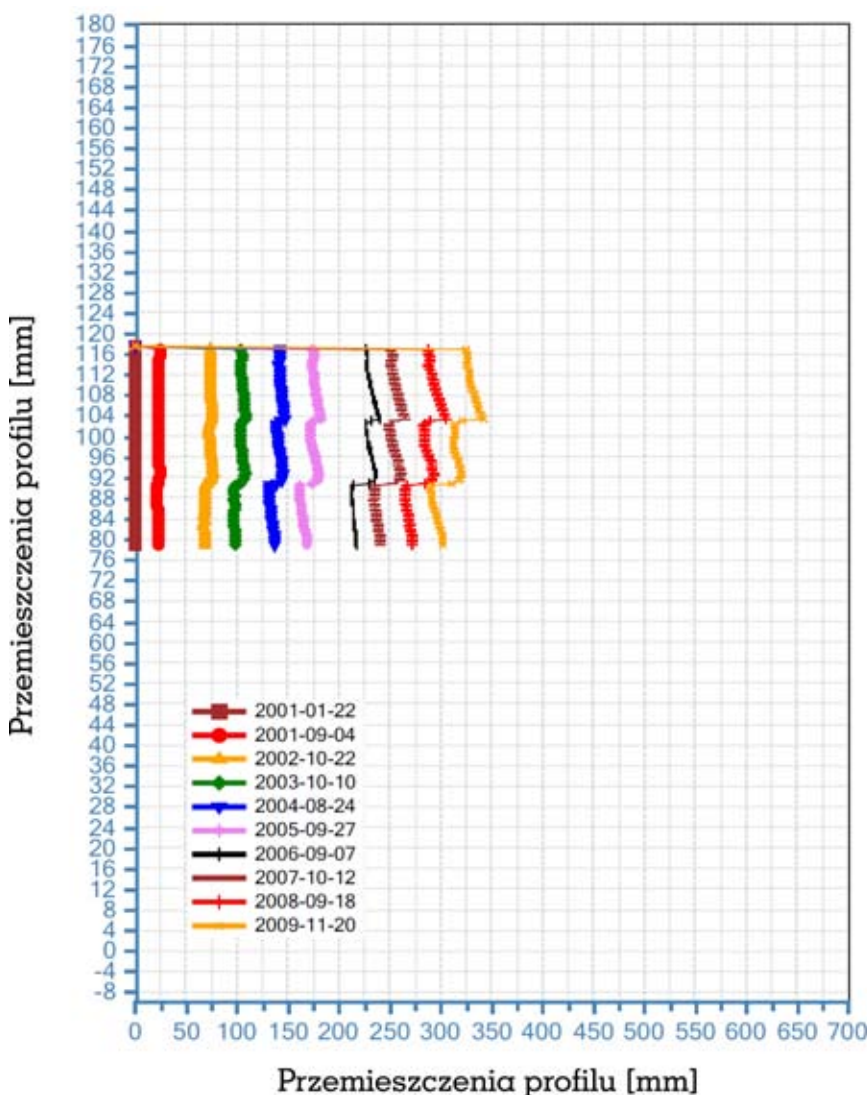
nieprzerwanej i bezpiecznej eksploatacji OUOW Żelazny Most, w latach 90-tych ubiegłego wieku powołano grupę konsultantów międzynarodowych – Zespół Ekspertów Międzynarodowych (ZEM), w skład której weszli uznani specjaliści z zakresu mechaniki gruntów, geotechniki i geologii. Po przeprowadzeniu wielu analiz ZEM zalecił zastosowanie tzw. „metody obserwacyjnej” przy projektowaniu OUOW Żelazny Most i jego dalszej rozbudowy [2]. Projektowanie przy wykorzystaniu metody obserwacyjnej polega głównie



Rys. 4. Przemieszczenia poziome punktu kontrolowanego pk208 zainstalowanego w przekroju XVIIE



Rys. 5. Poziom zwierciadła wody w wybranych piezometrach otwartych zainstalowanych w przekroju XVII w latach 1986-2001



Rys. 6. Przesunięcia inklinometru 16E-2 zainstalowanego w przekroju XVII

na ocenie aktualnych parametrów geotechnicznych otrzymanych z analizy wyników prowadzonego monitoringu oraz wykonywanych badań, dzięki cze-

mu można wyciągać wnioski na temat zachowania się obiektu będącego przedmiotem obserwacji [1].

Jednak elementy metody observa-

cyjnej, choć nie nazwanej z imienia, na OUOW Żelazny Most funkcjonowały już wcześniej. Prowadzony był monitoring, który opierał się głównie na pomiarach geodezyjnych i piezometrycznych, a także wykonywano otwory i wykopy badawcze z poborem próbek gruntów do badań laboratoryjnych.

Na zaporze wschodniej od 1981 r. prowadzone są ciągle pomiary geodezyjne na linii pomiarowej założonej na koronie zapory podstawowej (rz. 135.0 m n.p.m.) [10]. Na początku lat 90-tych zaobserwowano zwiększanie się tempa powierzchniowych przemieszczeń poziomych punktów kontrolowanych w przekrojach pomiarowych XVII i XVIII (Rys. 3). Obserwowane do tej pory przemieszczenia poziome punktu kontrolowanego pk208 zainstalowanego w przekroju XVII, na linii pomiarowej na koronie zapory podstawowej, które nie były większe niż ok. 10 mm rocznie, podwoiły swoją wielkość (Rys. 4).

Do monitorowania ciśnień w podłożu wykorzystywano zainstalowane na zaporze i przedpolu zapory piezometry otwarte, z filtrami zlokalizowanymi w przepuszczalnych soczewkach i przewarstwieniach spoistych utworów neogenicznych, przeobrażonych glaciektogenicznie. Obserwowane w tych piezometrach zwierciadło wody układało się blisko powierzchni terenu naturalnego i ponad nią (Rys. 5).

Informacje na temat przemieszczeń w podłożu przekroju XVII dostarczyły instalowane od 2001 r. inklinometry. Początkowo były one dość płytkie a ich głębokość instalacji nie przekraczała 56 m p.p.t. Inklinometry te monitorowały przemieszczenia w łusce nasunięcia przeobrażonych glaciektogenicznie utworów neogenicznych, zbudowanych głównie z ilów i glin płoceńskich. Interpretacja wyników pomiarów inklinometrycznych w nawiązaniu do powierzchniowych przemieszczeń mierzonych geodezyjnie wykazała brak stabilizacji dna rury inklinometrycznej w stabilnym podłożu i przemieszczenia się całego profilu inklinometru wraz z podłożem. Pomimo to w inklinometrze 16E-2 zaobserwowano wystąpienie stref ścięcia (Rys. 6).

Wykorzystując dane uzyskane z urządzeń aparatury kontrolno pomiarowej (AKP), przeprowadzone zostały analizy

stateczności, zapory wschodniej. Na tej podstawie ZEM zalecił wykonanie środków stabilizacyjnych, które pozwoliłyby na opanowanie sytuacji i zmniejszenie przemieszczeń poziomych [3 i 4].

Głównym zabiegiem stabilizacyjnym mającym poprawić stateczność zapory w rejonie zwiększonych przemieszczeń poziomych było dociążenie podstawy zapory. Jednak ZEM podkreślał, że samo dociążenie może nie przynieść zadowalających rezultatów, ze względu na występowanie w zalegającej w podłożu warstwie ilów plicieńskich o znacznej miąższości i niskiej przepuszczalności znacznych ciśnień wody w porach. Z tego powodu zalecono wspomóc wpływ dociążenia przez instalację głębokich studni drenażowych – odciążających, które miały wpłynąć na redukcję ciśnienia wody w porach podłoża, a tym samym zwiększenie jego sztywności i wytrzymałości przez zwiększenie naprężeń efektywnych w obserwowanych w inklinometrach powierzchniach poślizgu.

Podkreślono jednak, że dla osiągnięcia pełnego efektu, czyli obniżenia ciśnień porowych poniżej ciśnienia hydrostatycznego niezbędne jest prowadzenie ciągłego pompowania w zainstalowanych studniach.

Ponadto oprócz tych dwóch zabiegów postanowiono również o przesunięciu nadbudowy korony zapory do środka obiektu, na odcinku największych przemieszczeń, co miało natychmiastowy wpływ na poprawę warunków stateczności.

3. Studnie odciążające w rejonie przekroju XVIIE

Instalację studni odciążających w rejonie przekroju XVIIE, można podzielić na trzy etapy. W pierwszym etapie w roku 2005 (wg zaleceń w [3]), u podstawy zapory w przekroju XVIIE wykonano cztery pierwsze studnie odciążające ST-XVIIE/1,2,3,4, które zostały zafiltrowane w przepuszczalnych przewarstwieniach i soczewkach w spoiстых utworach neogenicznych. Studnie wykonano w rozstawie $2,5 \div 5$ m, jednak każda z nich miała za zadanie ujmować wody z innej warstwy

przepuszczalnej, w związku z tym tak niewielka rozstawa nie miała wpływu na wzajemną pracę tych studni. Lokalizacja studni została przedstawiona na Rys. 7. Wydajność studni wahała się w granicach $0,5 \div 8,0$ m³/h, generując depresję $10 \div 30$ m. Niestety studnie te pompowały wodę jedynie okresowo, co wskazywało na zafiltrowane w zamkniętych przewarstwieniach i soczewkach, nie mających kontaktu hydraulicznego z warstwami wodonośnymi. Z tego powodu jedynie piezometr Po-XVI-VIIE zafiltrowany w tej samej warstwie, co studnia ST-XVIIE/1 wykazał obniżenie się zwierciadła wody o około 6 m. W pozostałych piezometrach zainstalowanych w pobliżu nie zaobserwowano wpływu

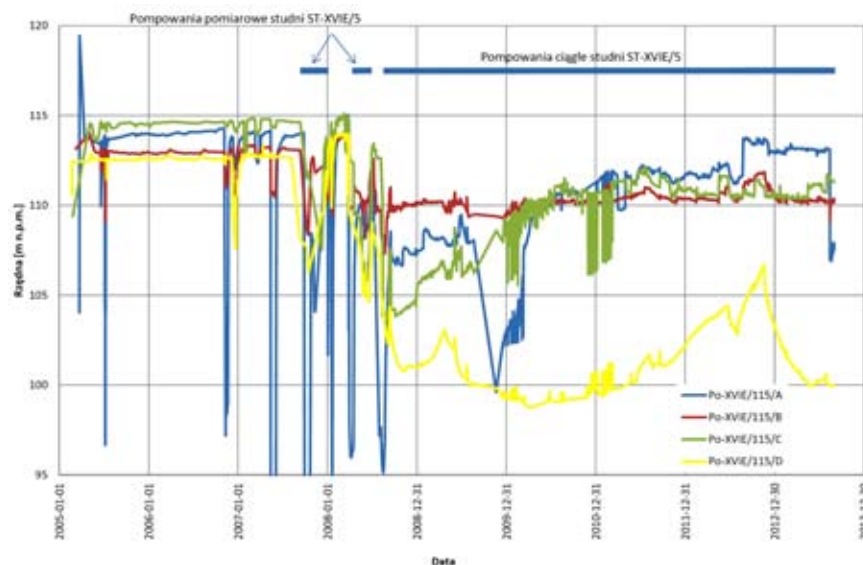
prowadzonych pompowań.

Okresowa praca studni powodowała problemy z wytrącaniem się związków żelaza i manganu na elementach pomp, w czasie przestojów. Z tego powodu oraz ze względu na mały wpływ na zmniejszenie ciśnień w podłożu zdecydowano o wyłączeniu tych studni z eksploatacji.

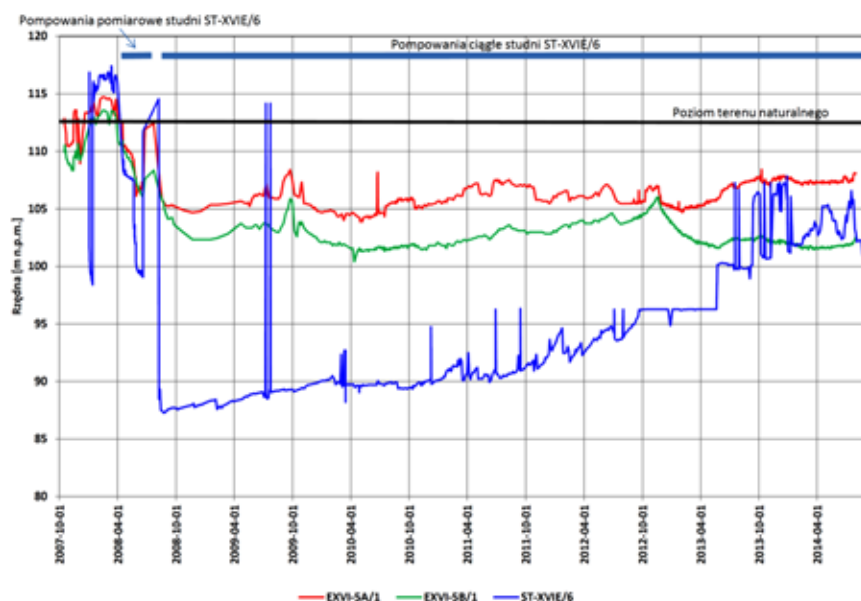
Wypełniając zalecenia ZEM [5 i 6] równoległe z eksploatacją studni ST-XVIIE/1,2,3,4 o krótkich, ograniczonych do pojedynczych warstw filtrach, w rejonie przekroju XVIIE wykonano w roku 2007 pięć głębokich studni odciążających. Filtry tych studni zostały zabudowane w całym profilu utworów neogenu, przecinając zarówno utwory przepuszczalne jak i bardzo mało



Rys. 7. Lokalizacja studni odciążających w rejonie przekroju XVIIE



Rys. 8. Poziom zwierciadła wody w wybranych piezometrach otwartych zainstalowanych na przedpolu przekroju XVIIE reagujących na pompowania studni ST-XVIIE/5



Rys. 9. Wpływ pompowania studni ST-XVIE/6 na redukcję ciśnienia wody w porach podłoża, obserwowaną w wybranych przetwornikach strunowych

przepuszczalne. Studnia ST-XVIE/5 została wywiercona u podstawy zapory w sąsiedztwie ww. studni a jej filtr zabudowano na rz. 103 ÷ 15 m n.p.m.. Studnie ST-XVIE/6,7,8,9 wykonano na koronie zapory podstawowej na rz. 135.0 m n.p.m, zaś zafiltrowano w zakresie rzędnych 90 ÷ 23 m n.p.m. Zabudowa studni ciągłymi filtrami miała na celu przejście wód z jak największej liczby warstw wodonośnych. Studnie ST-XVIE/6 i ST-XVIE/7 wykonano w odległości ok. 30 m od siebie, natomiast rozstawa pomiędzy studniami ST-XVIE/7,8 i 9 wynosi 15 m. Ich pompowania rozpoczęto w 2008 r.

Na Rysunku 8 pokazano wykresy wybranych piezometrów otwartych reagujących na pompowania studni odciążającej ST-XVIE/5, zafiltrowanych w przepuszczalnych przewarstwieniach iłów pliocenijskich. Widać na nim wyraźne obniżenie się poziomu zwierciadła wody w tych piezometrach podczas prowadzenia pompowań pomiarowych, po zakończeniu których zwierciadło wody wracało do wcześniejszego poziomu. Można zauważyć również niewielkie wahania związane z przerwami w pracy studni oraz zmianami wydajności.

Przeprowadzona analiza próbnych pompowań tych studni [8] wykazała wpływ na piezometry zafiltrowane w podłożu zapory i pozwoliła sformułować wniosek, iż efekt w postaci obniżenia na stałe ciśnienia wód w podłożu w tym rejonie jest możliwe

w przypadku prowadzenia ciągłych pompowań ze studni odciążających. Oznacza to, że ujmowane studniami warstwy wodonośne posiadają łączność z hydrauliczną z wyżej położonymi warstwami wodonośnymi. Wahania poziomu wody obserwowano w piezometrach otwartych w promieniu ok. 200 m, przy osiągnięciu leja depresji o promieniu 120 m.

Rozbudowa OUOW Żelazny Most powodowała wzrost naprężeń w podłożu oraz aktywację osłabionych stref – tzw. stref ścinania zlokalizowanych w zlustrowanych iłach pliocenijskich, w których ze względu na dużo niższe parametry wytrzymałościowe występowały przemieszczenia. Określenie ich lokalizacji było możliwe dzięki instalacji nowych głębokich inklinometrów.

Istotną sprawą stało się określenie ciśnienia wody w porach iłów pliocenijskich a w szczególności w rozpoznanych strefach ścinania. Dla realizacji tego zadania w latach 2006-2007 do pomiarów ciśnienia wody w porach gruntów podłoża rozpoczęto wykorzystywanie strunowych przetworników ciśnienia, zlokalizowanych w spoiistych utworach neogenu. Instalowanie przetworników w wiązkach po minimum dwa przetworniki w jednym profilu, najczęściej w tych samych otworach co inklinometry, pozwoliło na dokładne oszacowanie rozkładu ciśnień porowych w całym profilu podłoża. Ponadto dzięki przetwornikom strunowym

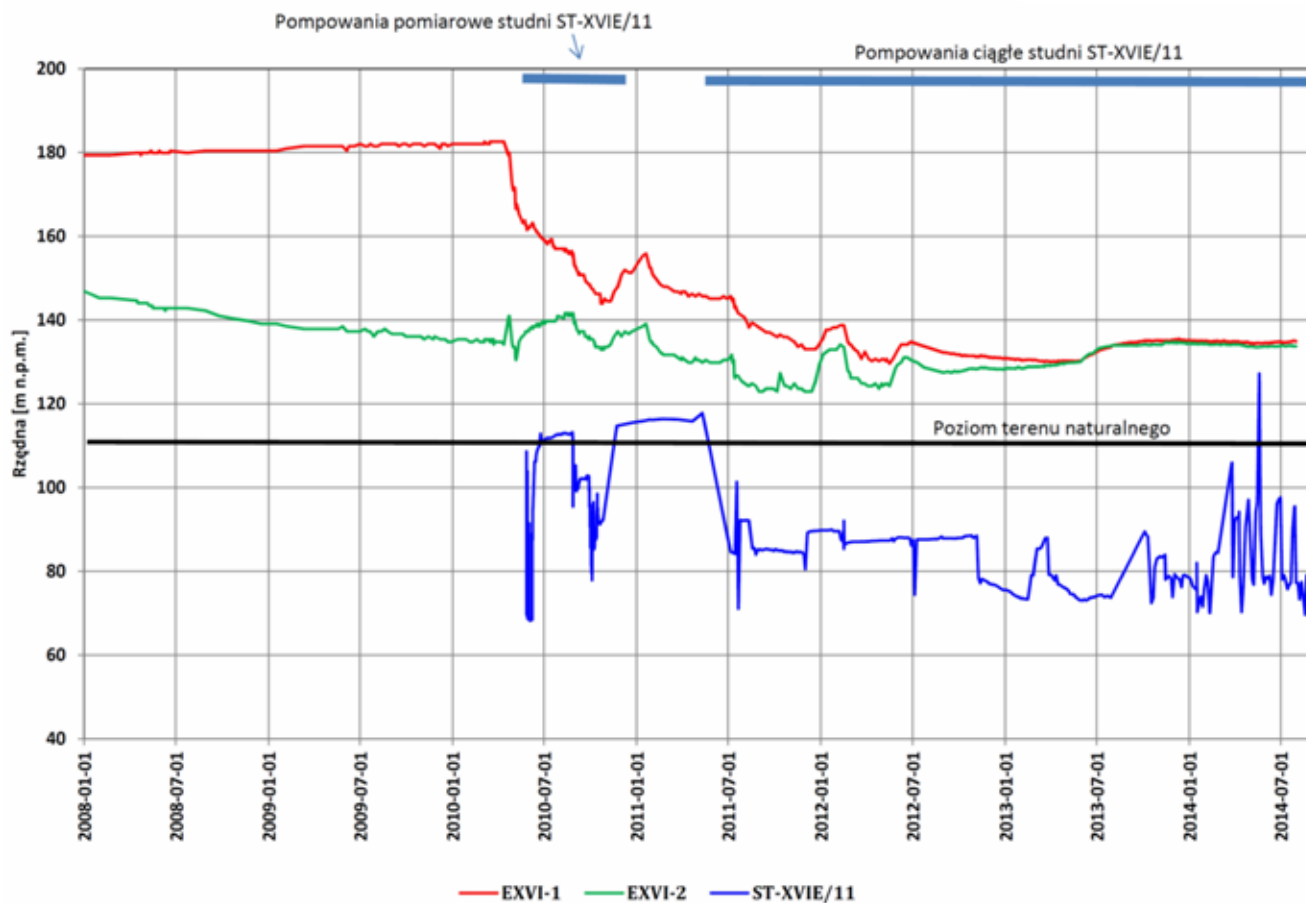
możliwa była dokładna ocena wpływu prowadzonych pompowań ze studni odciążających na redukcję ciśnienia wody w miąższach warstwach przeobrażonych glaciektogenicznie iłów pliocenijskich oraz w rozpoznanych strefach ścinania.

Pompowania odciążające prowadzone w studniach ST-XVIE/5,6,7,8,9 przyniosły spodziewane rezultaty, w postaci zmniejszenia się ciśnienia wody w porach zainstalowanych w przekroju XVIE przetworników (Rys. 9). Reakcja przetworników nie była taka sama w każdym przypadku i zależała głównie od odległości profilu z przetwornikami od studni oraz od lokalizacji przetworników strunowych w profilu względem przewarstwień gruntów przepuszczalnych, z których wody ujmowane są prowadzonymi pompowaniami.

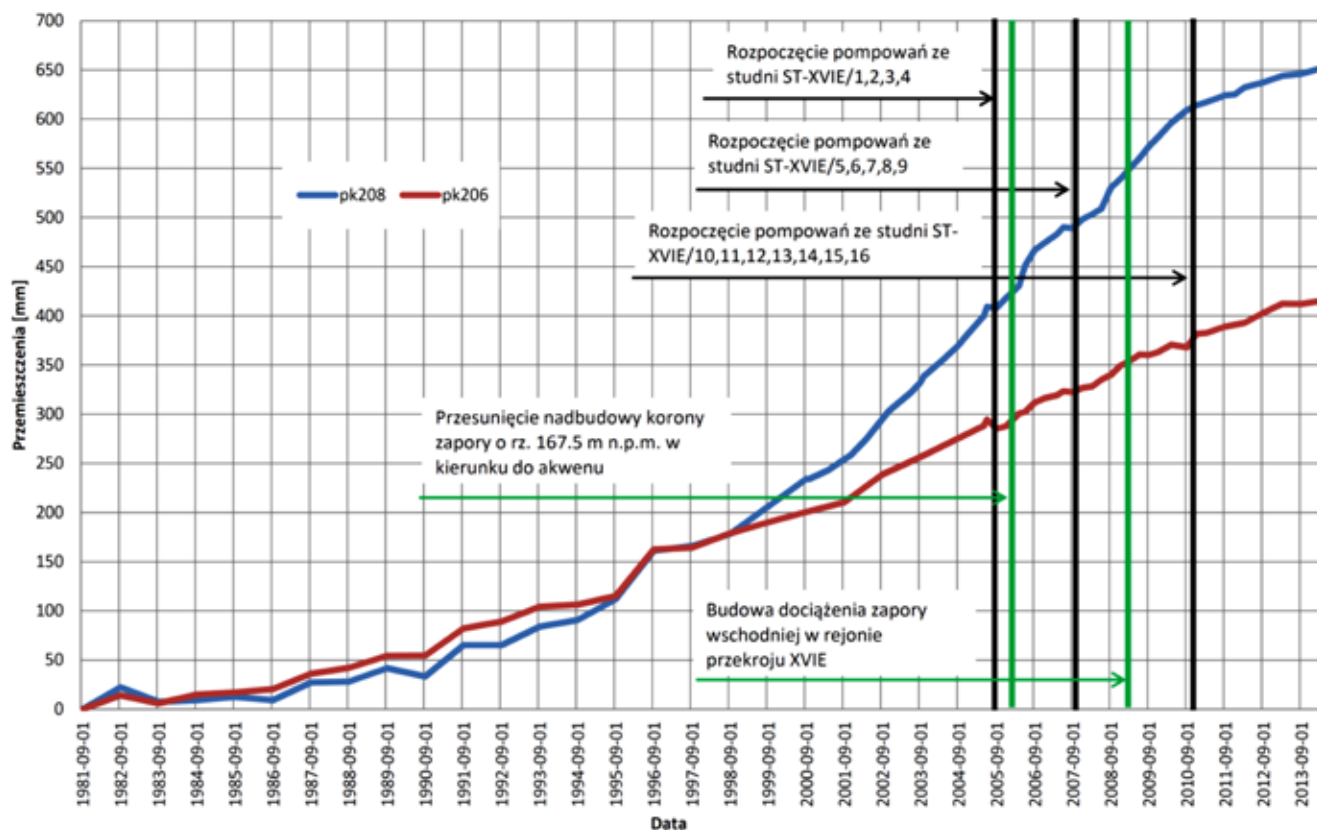
Ze względu na obserwowane zmniejszenie ciśnień wody w porach podłoża, dla zwiększenia ich efektywności oraz objęciem wpływu większego obszaru, ZEM zalecił wykonanie kolejnych studni odciążających w rejonie przekroju XVIE [7]. Realizacja trzeciego etapu instalacji studni odciążających w tej części zapory odbyła się w 2010 r. Wówczas wykonano siedem głębokich studni odciążających z długim filtrem, z których cztery ST-XVIE/10,11,12,13 i 14 zlokalizowane są na półce zapory na rz. 155.0 m n.p.m. zaś dwie ST-XVIE/15 i 16 na plateau na rz. 165.0 m n.p.m., utworzonym po przesunięciu nadbudowy korony zapory do wewnątrz obiektu. W tym etapie instalacji została zwiększona rozstawa studni odciążających do 45 ÷ 55 m, aby zmniejszyć wzajemny wpływ pompowań w studniach oraz aby jak najbardziej powiększyć obszar na którym pompowania będą powodowały redukcję ciśnień porowych w podłożu (Rys. 7).

Studnie odwiercone w tym etapie także wyposażone zostały w ciągłe filtry zabudowane w całym profilu utworów neogenicznych. Rzędna górnej granicy filtra jest różna w poszczególnych studniach (zawiera się w zakresie rz. 81,1 ÷ 103,9 m n.p.m.) i zależy od aktualnej głębokości zalegania stropu spoiistych utworów neogenicznych, natomiast doły filtrów znajdują się zbliżonych rzędnych średnio ok. 17,5 m n.p.m.

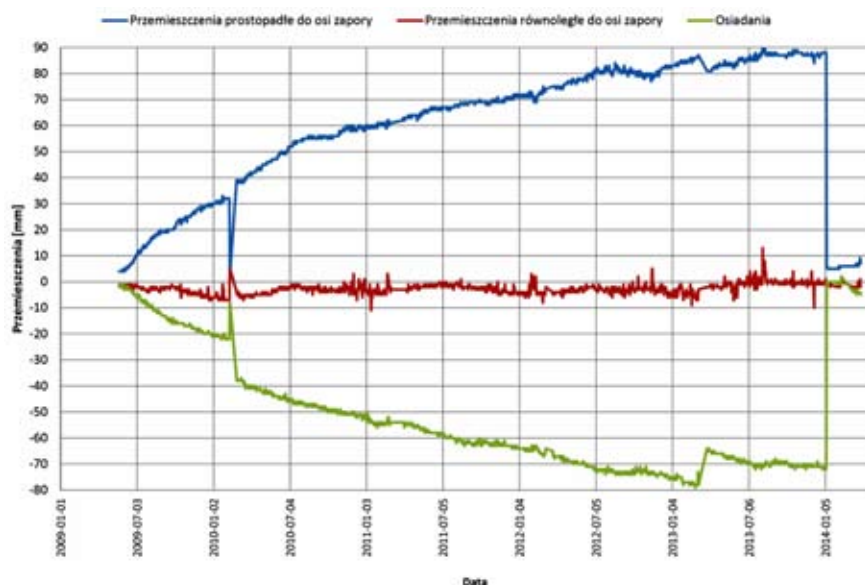
Rezultaty ich działania były widocz-



Rys. 10. Wpływ pompowania studni ST-XVIE/11 na redukcję ciśnienia wody w porach podłoża, obserwowaną w wybranych przetwornikach strunowych



Rys. 11. Przemieszczenia punktów kontrolowanych pk208 (przekrój XVII) i pk206 (przekrój XVIII)



Rys. 12. Przeszaczenia punktu PKA10 (przekrój XVIIE) wchodzącego w skład sieci automatycznego pomiaru GeoMos – systemu Totalstation

ne już podczas pompowań próbnych, które miały miejsce w drugiej połowie 2010 r. Redukcja ciśnienia wody w porach spowodowana tymi pompowaniami była obserwowana w znacznej liczbie strunowych przetworników ciśnienia, zainstalowanych zarówno w przekroju XVIIE jak i w przekrojach sąsiednich, których podłoże również zostało objęte wpływem wywołanej depresji. Na Rys 10. na tle pompowania ze studni ST-XVIIE/11 pokazano wyniki pomiarów ciśnienia wody w dwóch przetwornikach strunowych EXVI-1 i EXVI-2. Widać wyraźne, duże obniżenie się ciśnienia wody o ponad 50 m w przetworniku EXVI-1 oraz 10 m w przetworniku EXVI-2.

4. Wpływ zabiegów stabilizacyjnych

W 2005 r. nastąpił największy roczny przyrost przeszaczeń powierzchniowych mierzonych na linii obserwacyjnej korony zapory podstawowej wyniósł ponad 55 mm (Rys. 3). W tym samym roku w celu poprawy stateczności zapory rozpoczęto wprowadzanie pierwszych zabiegów stabilizacyjnych. Rysunek 11 pokazuje historię realizacji zabiegów stabilizacyjnych na tle przeszaczeń punktów kontrolowanych pk208 (przekrój XVIIE) oraz pk206 (przekrój XVIIIIE). Na wykresach przeszaczeń punktu kontrolowanego pk206 widać niewielkie spadki tempa przyrostów

przeszaczeń poziomych po rozpoczęciu pompowań I i II etapu. Jednak po każdym zmniejszeniu tempa przyrostów po ok. pół roku przyrosty przeszaczeń zwiększały się osiągając wcześniejsze wysokie wartości. Jednak po zastosowaniu wszystkich zabiegów stabilizacyjnych tj. przesunięcia nadbudowy korony zapory na rz. 167.5 m n.p.m. w kierunku do akwenu, budowy dociążenia podstawy zapory oraz rozpoczęciu pompowania odciążającego ze studni zainstalowanych w ostatnim III etapie, w 2010 r. zaobserwowano znaczne zmniejszenie się tempa przyrostów przeszaczeń powierzchniowych.

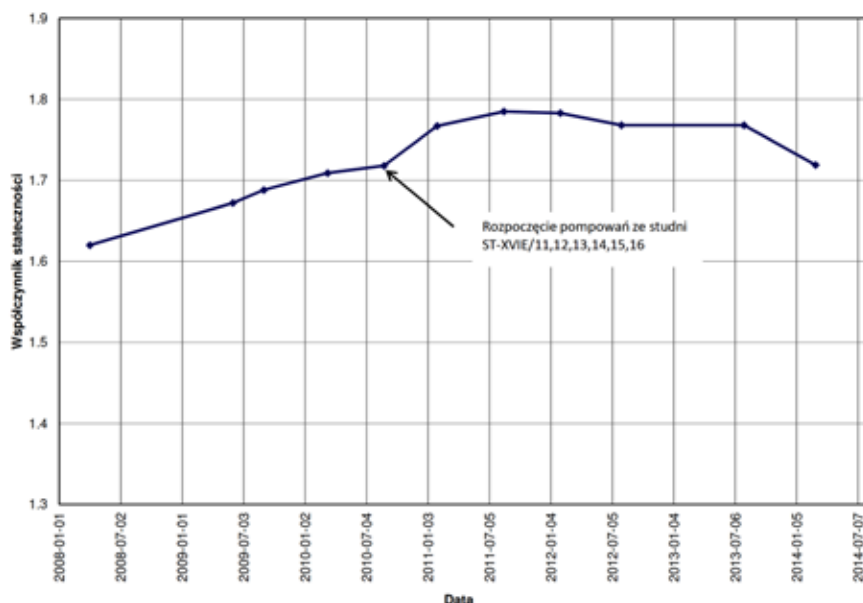
Wyniki pomiarów geodezyjnych przeprowadzanych w tradycyjny sposób potwierdzają wyniki pomiarów przeszaczeń powierzchniowych automatycznego systemu pomiarów Totalstation – GeoMos, zainstalowanego w celu prowadzenia ciągłego monitoringu przeszaczeń tego rejonu zapory wschodniej. Na wykresach przeszaczeń punktu PKA10 (Rys. 12) sieci GeoMos, zlokalizowanego w przekroju XVIIE, na koronie zapory podstawowej (rz. 135.0 m n.p.m.) w bezpośrednim sąsiedztwie punktu kontrolowanego pk206, również widać zmniejszenie się przeszaczeń poziomych prostopadłych do osi zapory, które nastąpiło w drugiej połowie 2010 r., czyli w okresie rozpoczęcia pompowania ostatnich studni. Do tego czasu czyli w ciągu ok. roku od jego instalacji, przeszaczenia punktu PKA10 wy-

nosiły ok. 50 mm/rok. W latach 2010 ÷ 2012 wynosiły od 15 do 20 mm/rok, a od 2012 r. przyrost przeszaczeń poziomych prostopadłych do osi zapory nie jest większy niż 10 mm.

Wpływ pompowania ze studni odciążających potwierdzono również przy pomocy obliczeń stateczności w przekroju XVIIE. Obliczenia zostały przeprowadzone przy zastosowaniu metody GLE, przy przyjęciu faktycznego rozkładu ciśnienia wody w porach podłoża zapory, na podstawie wyników uzyskanych z pomiarów strunowych przetworników ciśnienia. Głównym celem tak prowadzonej analizy było obliczenie aktualnego współczynnika stateczności jako wyjściowego do oceny wpływu pompowań ze wszystkich studni odciążających na stateczność zapory w przekroju XVIIE. Wyniki tak prowadzonej analizy stateczności pozwoliły na znalezienie związku pomiędzy pompowaniami studni odciążających i wielkością współczynnika stateczności. Można zaobserwować dwa wyraźny wzrost współczynnika stateczności pokrywający się w czasie z prowadzeniem pompowań ze studni ST-XVIIE/11,12,13,14,15,16 wykonanych w ostatnim etapie (Rys. 13). Na wykresie widoczne jest także zahamowanie zwiększania się oddziaływania studni odciążających w wyniku osiągnięcia najwyższego wzrostu współczynnika stateczności i osiągnięcia nowego stanu równowagi w podłożu.

5. Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu metody obserwacyjnej w procesie projektowania rozbudowy OUOW Żelazny Most, możliwa była identyfikacja zagrożenia stateczności zapory wschodniej w rejonie przekroju XVIIE. Rozbudowana sieć monitoringu AKP w skład której wchodziły urządzenia monitoringu geodezyjnego (punkty kontrolowane i repery), hydrogeologicznego (piezometry i przetworniki strunowe) oraz geotechnicznego (inklinometry) zaobserwowano zwiększanie się tempa przeszaczeń powierzchniowych zapory i połączono je z obserwowanymi wysokimi ciśnieniami wody w podłożu oraz z aktywacją osłabionych stref w podłożu (strefy ścinania), w których



Rys. 13. Wyniki obliczeń stateczności w przekroju XVIIE, prowadzone od 2008 r. (wg [9])

następowały przemieszczenia poziome, które wykazały pomiary inklinometryczne.

Analiza uzyskanych danych umożliwiła podjęcie decyzji o wprowadzeniu środków zaradczych – zabiegów stabilizacyjnych mających przeciwdziałać zwiększającym się przemieszczeniom:

- wykonanie dociążenia podstawy zapory wschodniej w rejonie przekroju XVIIE,
- instalacja głębokich studni odciążających w rejonie przekroju XVIIE,
- przesunięcie nadbudowy korony zapory o rz. 167.5 m n.p.m. w kierunku do akwenu, na całym odcinku zapory wschodniej w sekcjach namywu E0-E3.

Stałe pompowania wody ze studni odciążających dały efekty w postaci znacznej redukcji ciśnienia wody w porach w miąższych ilach plicieńskich przeobrażonych glacytektonicznie, w których występują strefy ścinania. Zmniejszenie ciśnień spowodowało wzrost naprężeń efektywnych podłoża a tym samym zwiększenie jego sztywności.

Efekt pompowań w połączeniu z pozostałymi zabiegami stabilizacyjnymi można zaobserwować w postaci znacznego zmniejszenia się tempa obserwowanych przemieszczeń powierzchniowych zapory na analizowanym obszarze oraz we wzroście współczynnika stateczności potwierdzonego przeprowadzonymi obliczeniami stateczności, w których przyjmowano

aktualne ciśnienia wody w porach na podstawie wyników z przetworników strunowych.

Powodzenie zastosowanych zabiegów stabilizacyjnych pozwoliło na przeniesienie rozwiązań zastosowanych w przekroju XVIIE w innych zagrożonych rejonach OUOW Żelazny Most. W 2012 r. przeprowadzono instalację pięciu studni odciążających w rejonie przekroju XVIIIIE, zlokalizowanego w odległości ok. 300 m na północ od przekroju XVIIE. Niestety ze względu na bardzo dużą zmienność warunków geologicznych w podłożu tego rejonu zapory wschodniej, w profilach w których wykonane zostały studnie występuje mniej przepuszczalnych przewarstwień, w związku z czym wydajność studni jest dużo mniejsza, choć zainstalowane tam przetworniki strunowe także wykazują redukcję ciśnienia wody w porach, choć już nie tak dużą jak w przypadku przekroju XVIIE.

Wszystkie trzy zabiegi stabilizacyjne wykonane zostały również na zaporze północnej, na której od roku 2011, w dwóch rejonach (przekrój VIIIN, XVIN) obserwuje się zwiększony przyrost przemieszczeń poziomych powierzchni zapory oraz w zainstalowanych tam inklinometrach. W tym przypadku kompleksowymi działaniami postanowiono objąć całą zapórę północną. W sekcjach N1 ÷ N3 w rozpoczęto wykonywanie dociążenia podstawy zapory. Przesunięto nadbudowę korony zapory o rz. 177,5 m n.p.m. na całej długości zapory północnej. Wykonano instalację głę-

bokich studni odciążających na całej długości zapory północnej. Obecnie na zaporze północnej wykonanych jest 57 studni odciążających natomiast ciągle pompowania prowadzone są w 15 studniach. Pozostałe studnie zostaną uzbrojone w zestawy pompowe do końca 2015r. Już teraz przetworniki strunowe zlokalizowane w rejonach instalacji pracujących studni odciążających wykazują zatrzymanie się tendencji wzrostowych oraz zmniejszanie się ciśnień wody w porach podłoża. Można przypuszczać, że efekty zastosowania zabiegów stabilizacyjnych przyniosą większą poprawę stateczności zapory niż w rejonie przekroju XVIIE, ze względu na objęcie swym działaniem całej długości zapory.

Literatura

- [1] Peck R.B., 1969, Advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics, *Geotechnique*, 19, Nr. 1, str. 171–187, London 1999.
- [2] Jamiolkowski M., Carrier W.D., Chandler R.J., Höeg K. (Zespół Ekspertów Międzynarodowych), 1999, Raport Końcowy. Ocena bezpieczeństwa formowania nasypów składowiska Żelazny Most do rzędnej korony 200 m n.p.m.
- [3] Jamiolkowski M., Carrier W.D., Chandler R.J., Höeg K., 2004, III Raport Roczny ZEM 2004, Zespół Ekspertów Międzynarodowych, Warszawa.
- [4] Jamiolkowski M., Carrier W.D., Chandler R.J., Höeg K., 2005, IV Raport Roczny - Przejściowy ZEM 2005, Zespół Ekspertów Międzynarodowych, Warszawa.
- [5] Jamiolkowski M., Carrier W.D., Chandler R.J., Höeg K., 2007, I Raport ZEM, za okres październik 2006 – marzec 2007, Zespół Ekspertów Międzynarodowych, Warszawa.
- [6] Jamiolkowski M., Carrier W.D., Chandler R.J., Höeg K., 2007, II Półroczny Raport ZEM, za okres kwiecień 2007 – wrzesień 2007, Zespół Ekspertów Międzynarodowych, Warszawa.
- [7] Jamiolkowski M., Carrier W.D., Chandler R.J., Höeg K., 2009, V Półroczny Raport ZEM, za okres październik 2008 – marzec 2009, Zespół Ekspertów Międzynarodowych, Warszawa.
- [8] Dziedzic J., 2008, Sprawozdanie z pompowań studni odciążających i obserwacji piezometrów w rejonie przekroju XVIIE składowiska „Żelazny Most”, PG Proxima S.A., Wrocław.
- [9] Praca zbiorowa, 2012, Raport KEG dla ZEM luty 2012 – lipiec 2012, Geoteko Projekty i Konsultacje Geotechniczne Sp. z o.o., Warszawa.
- [10] Jura J., 2014, Interpretacja wyników geodezyjnych pomiarów deformacji zapór i przedpola oraz obiektów specjalnych w rejonie OUOW „Żelazny Most” – seria 2013, AGH Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej, Kraków.

Zastosowanie nowoczesnych systemów rurowych GRP

firmy HOBAS SYSTEM POLSKA sp. z o.o. w celu poprawy bezpieczeństwa i efektywności kosztowej w kopalniach

Sylwester Sykulski

Firma HOBAS jako światowy lider w produkcji i dystrybucji nowoczesnych materiałów GRP przeznaczonych do transportu i przechowywania różnych substancji chemicznych i różnych mediów działa na rynkach świata już ponad 50 lat. Swoje fabryki i siedziby posiada w wielu krajach.

Produkcja pozwala na wytwarzanie rur o poniższych parametrach: średnica: od DN25mm do 4000 mm; klasa ciśnienia: PN1 do PN40; sztywność SN 2.500 N/m² do 1.000.000 N/m²; asortyment: rury, kształtki, studnie, zbiorniki

Wszystko zaczęło się w 1957 w farbiarni w szwajcarskiej Bazylei, gdzie grupa specjalistów szukała alternatywnego materiału do produkcji rolek odginających, używanych w procesie farbowania. Grupa pomysłów inżynierów mechaników w tej szwajcarskiej farbiarni skonstruowała wirówkę i wyprodukowała wałek wykonany z żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym. Wcześniej materiały kompozytowe były używane jedynie w przemyśle samochodowym, lotniczym i stoczniowym. Natomiast niewielki ich ciężar, odporność na ko-

rozję i substancje chemiczne czynił z nich idealny materiał do wielu innych zastosowań. Nowatorski proces odlewania odśrodkowego pozwolił na stworzenie gładkiej powierzchni zewnętrznej i jednolitej średnicy zewnętrznej, przy wcześniejszym określeniu średnicy wewnętrznej formy. W ten sposób wynaleziono doskonały wałek do farbowania tkanin. Produkcja, początkowo traktowana

jako działalność dodatkowa, została w pełni zautomatyzowana na początku lat siedemdziesiątych. Krok po kroku, kolejne produkty i przygotowywane na zamówienie kształtki z biegiem czasu wzbogacały asortyment. Od tego czasu wraz z rozwojem technologii następowało sukcesywne i stopniowe powiększanie możliwości zastosowań systemów GRP, które dziś z powodzeniem często wypierają standardowe rozwiązania.



Instalacja rur HOBAS w kopalni Escondida w Chile



inż. Sylwester Sykulski

Kierownik Regionu HOBAS System Polska Sp. z o.o., Dąbrowa Górnicza

The application of the modern HOBAS POLSKA sp. z o.o. GRP pipe systems

to improve safety and cost efficiency in mines.

Применение современных трубовых систем ГРП

фирмы ХОБАС СИСТЕМ ПОЛЬША о.о.о. с целью повышения безопасности и стоимостной эффективности в шахтах

Dzięki licznym zaletom, m.in. odporności na korozję i substancje chemiczne, niewielkiemu ciężarowi, szerokiej gamie produktowej, dużej możliwości zabudowy, szerokiemu wachlarzowi połączeń oraz stosunkowo przystępnej cenie stają się coraz bardziej cenionym produktem również w sektorze przemysłowych.

Zastosowanie rur GRP produkcji HOBAS można znaleźć w wielu różnych, odpowiedzialnych i skomplikowanych inżyniersko projektach nie tylko w Polsce, ale w ponad 50 krajach całego świata. Kilka z nich zasługuje na szczególną uwagę i analizę możliwości zastosowania:

Pośrodku pustyni Atacama, 3200 metrów n.p.m., znajduje się kopalnia Minera Escondida – największa na świecie kopalnia miedzi. Atacama to najsuchsza pustynia świata oraz jeden z kilku rejonów naszego globu, które są niezwykle bogate w surowce mineralne. Chile posiada jedno z największych złóż miedzi na świecie i tym samym niemal jedną czwartą światowych zasobów. Dlatego kraj ten jest również światowym liderem pod względem produkcji miedzi – w 2010 roku wydobycie tego metalu wyniosło 5,42 mln ton. Biorąc pod uwagę czterokrotny wzrost cen miedzi i ogromny popyt na ten metal w Azji, z dużą dozą pewności można założyć, że także w przyszłości wydobycie miedzi w Chile będzie bardzo dochodowe. Miedź pozyskuje się z wykorzystaniem kilku metod. W kopalni Minera Escondida duże połacie pokruszonych skał polewa się kwasem siarkowym. Następnie wyekstrahowany siarczek miedzi transportowany jest rurociągiem do miejsca, w którym przeprowadza się elektrolizę, w wyniku której otrzymuje się płyty czystej miedzi. W kopalni, zatrudniającej 20 tys. pracowników, przerzuca się w sumie milion ton skał dziennie. Tak ogromna skala przedsięwzięcia, a także konieczność pokonywania znacznych odległości to nie lada logistyczne wyzwanie.

Ze względu na transportowane rurociągiem substancje: kwas siarkowy w dużym stężeniu oraz inne związki chemiczne, a także wysoką temperaturę rzędu 50°C i więcej, materiał na rury musi spełniać surowe wymagania.

Początkowo inwestor ogłosił przetarg na rury wykonane z czystego CPVC.

Jednak praca przy instalowaniu takich rur DN600 na podporach byłaby bardzo trudna. Barbara Prommegger, Dyrektor Sprzedaży HOBAS Latin America, dostrzegła szansę i zdołała przekonać klienta, że rury HOBAS znacznie lepiej nadają się do jego celów. Po porównaniu materiałów (dostarczono kompletną dokumentację w języku hiszpańskim) oraz prezentacji i testów GRP, które nie było wcześniej stosowane w tej kopalni, w lutym 2011 roku firma HOBAS oraz jej lokalny partner, Buildtek, podpisali umowę. Łącznie

HOBAS dostarczył 800 m rur z wykładziną z CPVC, które nie tylko zadowalały Klienta, ale również gwarantowały lepsze warunki montażu aniżeli ważące więcej rury CPVC.

Kolejnym projektem, o którym warto

wspomnieć jest projekt: Rurociągi firmy HOBAS to transportu wody chłodzącej w elektrowni CCPP

W maju 2011 roku firma German Siemens AG, specjalizująca się w kompleksowym wykonawstwie projektów (usługi inżynierskie, dostawy i budowa), podpisała z HOBAS umowę na opracowanie, wyprodukowanie, dostawę i instalację podziemnego rurociągu wody chłodzącej dla jednej z najnowocześniejszych na świecie elektrowni o cyklu przełączanym (CCPP). Wybudowana w pobliżu elektrowni Statkraft (w parku chemicznym Knapsack, niedaleko Kolonii w Niemczech). Elektrownia będzie produkować około 430 MW energii, a jej planowana wydajność to niemal 60 procent. Już od ponad pół wieku rury HOBAS GRP niezmiennie



wykazują się wysoką jakością i doskonałymi właściwościami, dzięki czemu idealnie nadają się do różnorodnych zastosowań. Te cechy, a także usługi i know-how, jakie zapewnia HOBAS, są doskonale widoczne w projekcie systemu wody chłodzącej, realizowanym w związku z budową nowej elektrowni Statkraft o cyklu przełączanym w Knapsack, w niemieckiej miejscowości Hürth.

Atutem HOBAS był nie tylko system rurowy z CC-GRP (odlewane odśrodkowo tworzywo wzmacniane włóknem szklanym) o dużej wytrzymałości na rozciąganie,

składający się z rur o następujących parametrach: DN 1800 (DE 1842), SN 5000, PN 2,5 oraz 5 łuków i trójników, zaprojektowanych do pracy w temperaturach roboczych rzędu 40-50 stopni. Firma zdeklasowała konkurencję także dzięki kompleksowym środkom zapewniającym najwyższą jakość oraz rygorystycznemu systemowi zarządzania jakością, wdrożonemu w każdym zakładzie HOBAS, który gwarantuje niezmiennie wyso-

Kolejnym projektem jest projekt: Transportu gazu ubogiego w spalarni odpadów w Austrii.

W roku 2009 rozpoczęto budowę nowego zakładu spalania odpadów dla holdingu Linz AG.

Celem przedsięwzięcia z jednej strony było zapewnienie odbioru śmieci, a z drugiej dostarczenie energii elektrycznej dla aglomeracji Linzu. Zakład składa się z dwóch podstawowych obiektów: jednostki przetwarzania odpadów ze zintegrowanym zasobnikiem paliwa oraz elektrociepłowni, w której odpady są spalane, a następnie przetwarzane na energię elektryczną w kotle ze złożem fluidalnym. Gorąca para oraz wysokie ciśnienie wytwarzane w podgrzewaczu przetwarzane są na energię elektryczną za pomocą turbiny parowej, a pozostałe ciepło wykorzystywane jest do podgrzewania wody zasilającej miejski system ciepłowniczy. Dzięki nowej elektrociepłowni Linz AG może dostarczyć energię dla kolejnych 37.000 gospodarstw domowych oraz zapewnić ogrzewanie 11.000 mieszkań.

transportujący gaz pod ciśnieniem 1,5 bar, zainstalowany został na stalowych podporach. HOBAS został wybrany jako dostawca rur, proponując specjalnie dostosowany do potrzeb klienta projekt obejmujący ukośne kątowe cięcia rur oraz obejmę przytwierdzające łączniki do podpory. Jako że rurociąg biogazu zamontowany jest nad ziemią, jest on narażony na zmiany temperatur w ciągu roku. Ponadto kondensaty zanieczyszczone substancjami agresywnymi, takimi jak kwasy organiczne, oleje i rozpuszczalniki przepływające wewnątrz rury, stanowią ogromne wyzwanie dla materiału, z którego wykonano rurę. Dzięki niskiemu współczynnikowi rozszerzalności cieplnej systemów rurowych HOBAS zmiany długości czy odchylenia występują bardzo rzadko i są one całkowicie niwelowane przez elastyczne łączniki FWC HOBAS.

Idąc naprzeciw rosnącym wymaganiom klientów oraz chcąc sprostać zadaniom jakie są stawiane przed rurociągami dostarczającymi na prze-



ką jakość produktów. Kolejną zaletą wyróżniającą odlewane odśrodkowo rury GRP to możliwość wyłożenia ich wewnętrzną powłoką winyloestrową o grubości 1 mm, czego wymagał klient, firma Siemens.

Dzięki tym i innym zaletą rury HOBAS spełniły wszystkie testy, łącznie z testami przeprowadzonymi przez firmę wykonawczą na placu budowy.

Przygotowany materiał jest przechowywany w zbiornikach paliwa aż do momentu transportu

do zakładu spalania. W celu minimalizacji emisji odoru powietrze ze zbiornika paliwa jest

odsysane i przesyłane bezpośrednio do komory spalania przy wykorzystaniu rurociągu biogazu. Rurociąg o długości 650 metrów i średnicy DN 1200,

różne instalacje firma HOBAS podjęła działania mające na celu poprawę bezpieczeństwa i podniesienia jakości oferowanych produktów dlatego też w chwili obecnej jesteśmy w stanie zapewnić produkty nie tylko posiadające właściwości i zalety materiałów tworzywowych, ale również podwyższoną odporność ogniową i wytrzymałość na substancje abrazyjne.

Osobliwości rozwiązań projektowych

układów rozmieszczenia oraz trudności uruchomienia cykli przygotowania rudy w zakładach wzbogacania

Baranow W.F. – Институт «Механобр Инжиниринг» Санкт Петербург

Rozwiązania projektowe układów rozmieszczenia wydziałów Zakładu Wzbogacania wraz ze schematem wzbogacania, jego wyposażeniem aparaturowym wpływają na warunki eksploatacji i wskaźniki techniczno-ekonomiczne projektu, a rozwiązanie układu rozmieszczenia wydziałów czołowego, najbardziej kapitałochłonnego oddziału przygotowania rudy (PR) określa oblicze projektowego rozwiązania układu rozmieszczenia całego zakładu wzbogacania.

W proponowanym przeglądzie rozpatrzone jest podstawowe wyposażenie i rozwiązania projektowe układów rozmieszczenia cykli PR najnowszych działających i projektowanych zakładów wzbogacania miedzi oraz złota i miedzi, stosujących dwa konkurujące ze sobą sposoby przygotowania rudy – pół samomielenie rudy (PSR) i mielące wałki wysokiego ciśnienia (MWWC).

Ujawniono ważną osobliwość rozwiązań projektowych układów zagranicznych zakładów wzbogacania z PSR na monorudach. Jest to projektowanie cyklu PR w postaci monosekcji wręcz do granicy wydajności 36 milionów ton rudy rocznie.

Przy opracowaniu rozwiązań projektowych układów rozmieszczenia zakładów wzbogacania z MWWC zagraniczne biura projektów dążą do obniżenia wydatków na cykle PR kosztem minimalizacji długości dróg transportowych, pojemności układów i zbiorników rudy i rozwiązaniom blokowym.

Przytoczono szczegółowe porównanie dwóch sposobów PR wg. zużycia energii elektrycznej z uwzględnieniem wentylacji i ogrzewania. Po drodze wyjaśnia się problemy uruchomienia zakładów i drogi ich rozwiązania.

Doświadczenie uruchomienia za-

kładów wzbogacania na bazie PSR podkreśliło swoisty niedostatek tej technologii w części nadzwyczajnej wrażliwości na zmienność wytrzymałościowych właściwości surowca i jeszcze raz wskazał na konieczność bardziej szczegółowego technologicznego zbadania złoża.

Na bazie wyników przeglądu wyciągnięto wnioski i dano zalecenia odnośnie wykorzystania najbardziej racjonalnych rozwiązań układów rozmieszczenia w praktyce projektowania i przedsięwzięć dla osiągnięcia projektowej zdolności przepustowej cykli PR w okresie ich uruchamiania, w przypadkach podaży bardziej wytrzymałego niż planowano surowca.

Słowa kluczowe: rozwiązania projektowe układów rozmieszczenia, monosekcja, pół samomielenie, mielące wałki wysokiego ciśnienia, mielenie wstępne, kruszarka.

Особенности

проектно-компоновочных решений и трудности пуска циклов рудоподготовки современных обогатительных фабрик

Баранов В.Ф. - Институт «Механобр Инжиниринг» Ст. Петербург

Проектно-компоновочные решения цехов фабрики наряду со схемой обогащения, ее аппаратным оформлением влияют на условия эксплуатации и технико-экономические показатели проекта, а компоновка цехов головного, наиболее капиталоемкого рудоподготовительного передела (РП) определяет проектно-компоновочный облик всей обогатительной фабрики.

В предлагаемом обзоре рассмотрены основное оборудование и проектно-компоновочные решения циклов РП новейших действующих и проектируемых медных и медно-золотых фабрик, применяющих два конкурирующих способа рудоподготовки – рудное полусамомельчение (ПСИ) и измельчающие валки высокого давления (ИВВД).

Выявлена важная особенность компоновочных решений зарубежных фабрик с ПСИ на монорудах, – это проектирование цикла РП в виде моносекции вплоть до рубежа производительности 36 млн. т руды в год.

При разработке компоновочных решений фабрик с ИВВД зарубежные проектные фирмы стремятся к снижению затрат на циклы РП за счет минимизации протяженности транспортных коммуникаций, емкостей складов и бункеров руды и блокировочным решениям.

Приведено детальное сравнение 2-х способов РП по потребляемой электроэнергии с учетом вентиляции и отопления. Попутно освещаются проблемы пуска предприятий и пути их решения.

Опыт пуска фабрик на базе ПСИ

подчеркнул свойственный этой технологии недостаток в части ее чрезвычайной чувствительности к изменчивости прочностных свойств сырья и еще раз указал на необходимость более тщательного технологического изучения месторождения.

По результатам обзора сделаны выводы и даны рекомендации по использованию наиболее рациональных компоновочных решений в практике проектирования и мероприятий для достижения проектной пропускной способности циклов РП в период их пусков в случаях поступления более прочного, чем планировалось, сырья.

Ключевые слова: проектно-компоновочные решения, моносекция, полусамомельчение, измельчающие валки высокого давления, преддробление, галечная дробилка.

Складирование сгущенных хвостов обогажительной фабрики

Киби́рев В.И. – Институт «Механобр Инжиниринг» Ст. Петербург

При укладке сгущенных хвостов на пляж будет образовываться крутой уклон достигающий до 5%, но влияние климата (дождь, ветер, весеннее таяние снега) приводят уклоны пляжа из пасты к величинам не более 3-4%.

Для получения технико-экономического эффекта от складирования пасты необходимо высокое расположение точки сброса пасты.

В случае равнинного рельефа или существующего хвостохранилища с одинаковой отметкой гребня ограждающей дамбы потребуются значительные затраты на ежегодный подъем точек сброса пасты в течении ряда лет, пока весь рельеф поверхности хвостохранилища не приобретет уклон более 4%.

Учитывая вышеизложенное понятно, что самым привлекательным в складировании пасты является минимальное количество воды в такой пульпе и в некоторых случаях повышенный уклон пляжа.

В соответствии с проектной документацией ЗАО «Механобр инжиниринг» после 2000 года запущены в работу хвостовые хозяйства с применением гидротранспорта и складирования сгущенных хвостов на ряде обогажительных фабрик.

Опыт эксплуатации хвостовых хозяйств с технологией складирования сгущенной пульпы позволил оценить важность соблюдения проектной технологической схемы и определил необходимость устройства емкости для складирования

хвостов по традиционной схеме на случай отказа в работе сгустителя.

Основные выводы:

1. Опыт эксплуатации хвостового хозяйства с технологией складирования сгущенной пульпы позволяет оценить важность соблюдения проектной технологической схемы и величину ущерба в случае отклонения от проектных параметров.
2. Отказ работы сгустителя и требуемое время для выполнения ремонта определяет необходимость устройства емкости для складирования хвостов по традиционной схеме.

Składowanie zagęszczonych odpadów z zakładów wzbogacania rud

Kibiriew W.I. – Instytut «Механобр Инжиниринг» Sankt Petersburg

Podczas układania zagęszczonych odpadów na plaży tworzyć się będzie strome nachylenie dochodzące do 5%, jednak wpływ klimatu (deszcz, wiatr, wiosenne topnienie śniegu) doprowadzają nachylenia plaży z pasty do wielkości nie większych jak 3-4%.

Dla uzyskania efektu techniczno-ekonomicznego przy składowaniu pasty niezbędne jest wysokie położenie punktu zrzutu pasty.

W przypadku równinnego reliefu terenu lub istniejącego składowiska z jednostkową rzędną grzebieńca ogradzającej zapory, niezbędne będą znaczne koszty na coroczne podnoszenie punktów zrzutu pasty w ciągu szeregu lat dopóki cały relief powierzchni składowiska nie osiągnie nachylenia plaży większego od 4%.

Uwzględniając powyższe, przyjęto,

że najbardziej istotnym w składowaniu pasty jest minimalna ilość wody w takiej pulpie oraz, w niektórych przypadkach, podwyższony kąt nachylenia plaży.

Zgodnie z dokumentacją projektową ЗАО „Mechanobr Inżyniring” po 2000 roku uruchomiono gospodarkę odpadami z zastosowaniem hydrotransportu i składowania zagęszczonych odpadów w szeregu zakładów wzbogacania.

Doświadczenia eksploatacji wydziałów gospodarki odpadami z technologią składowania zagęszczonej pulpy pozwoliło ocenić ważność przestrzegania projektowego schematu technologicznego i określiło niezbędność zorganizowania dodatkowej pojemności dla składowania odpadów wg tradycyjnego schematu na wypadek awarii zęszczacza.

Podstawowe wnioski:

1. Doświadczenie z eksploatacji gospodarki odpadami z technologią składowania zagęszczonej pulpy pozwala ocenić ważność przestrzegania projektowego schematu technologicznego i wielkość straty w przypadku odchylenia od parametrów projektowych
2. Awaria zęszczacza i wymagany czas na przeprowadzenie remontu określa niezbędność zorganizowania dodatkowej pojemności dla składowania odpadów wg tradycyjnego schematu.

Metale szlachetne i inne

w odpadach flotacyjnych polskich złóż miedzi i srebra*

Jan Krasoń

1. Uwagi wstępne

O tej bardzo ważnej Konferencji dowiedziałem się w czasie mojego prywatnego pobytu w Polsce (n.b. w sierpniu do połowy września b.r.) oraz wizyty u dr hab. Stanisława Downorowicza, w jego biurze Hydrogeometal w Lubinie. To on mnie mocno zachęcał do udziału, jeśli nie w Konferencji, to ze względu na bardzo ograniczony czas, po powrocie do USA, skomponowania i przedstawienia niżej zawartych uwag.

*** Od Reakcji: z uwagi na śmierć Autora i brak możliwości autoryzacji tekstu, po ewentualnych korektach redakcyjnych, postanowiono wydrukować artykuł w przysłanej oryginalnej wersji.**

2. Doświadczenie

Odpadami powstającymi ze wzbogacenia rud metali nieżelaznych (t.j. flotacyjnymi), KGHM Polska Miedź, S.A., oraz między innymi, podobnych temu gigantów takich jak Norylsk, na dalekiej Północy Rosji, największego producenta niklu w świecie (Krasoń, 1993) oraz do 20% światowej produkcji platyny i palladu, oraz Muruntau, największej kopalni złota w Uzbekistanie i świecie (Krasoń, 1984), zajmuję się już od wielu lat. Z tym, że polskie złoża miedzi i srebra należą do grupy "sediment hosted", w których główne okruszczowanie występuje w czarnych łupkach, powszechnie znanych jako „kupferschifer”, bogatych w substancję organiczną (Krasoń, 1983).

3. Metody badawcze

substancja organiczna powoduje, że standardowe metody geochemiczne, takie jak fire assay atomic adsorption, nuclear activation, często ICP, małych zawartości metali, w tym również metali szlachetnych, włącznie z PGM, nie zawsze przedstawiają ich nawet pozytywnie anomalne zawartości. Z problemem tym zapewne borykały się nie tylko wielce reputacyjni, włącznie z ACTLAB, zleceniobiorcy KGHM, i wiele innych. Myśmy też tego dobrze doświadczali.

Z tym że od 1974 r. pracowałem i nadal jestem aktywny pod nazwą mojej własnej Geoexplorers International, Inc. Colorado Corporation, USA.

W związku z powyższym, szczegól-



Jan Krasoń

Geoexplorers
International,
Inc. Colorado
Corporation, USA

Streszczenie: Metale szlachetne i inne w odpadach flotacyjnych polskich rud miedzi i srebra są przedmiotem tego artykułu. Rudy te w większości są bogate w substancję organiczną. Substancja ta powoduje trudności w wykrywaniu właściwych zawartości metali szlachetnych szczególnie grupy platyny (PGM). Po wielu próbach stosowania standardowych badań geochemicznych, w rezultacie alternatywnych badań udało nam się skoncentrować wszystkie metale na krążku krzemionkowym. Metale te są widoczne w postaci różnej wielkości kulek (zobacz dokumentację fotograficzną). Ich wielkość waha się od <1 mikrona do >100 mikronów a ich ilość waha się od kilkuset do ponad 5000. Wszystkie były poddane analizie chemicznej do 45 oznaczeń. Dotychczasowe rezultaty tych analiz są przedstawione w załączonej Tabeli. Niewątpliwie podobne badania powinny być kontynuowane przy ścisłej współpracy i finansowym udziale KGHM Polska Miedź S. A.

Precious and other metals in the flotation tailings

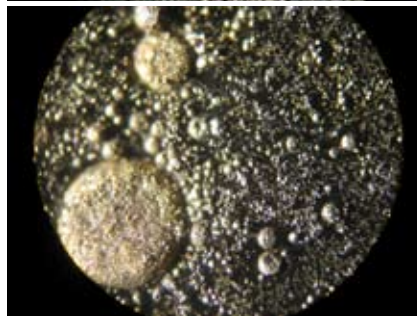
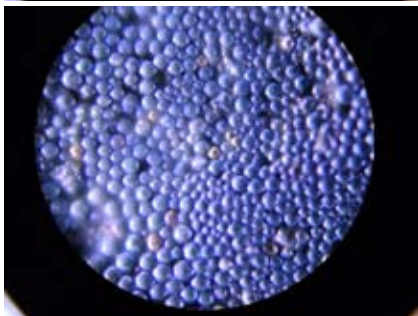
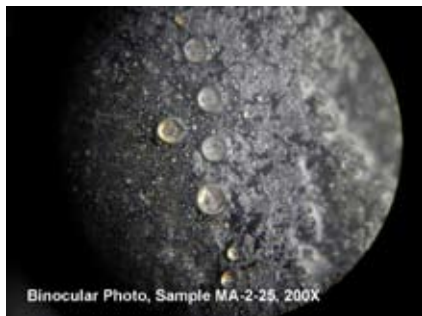
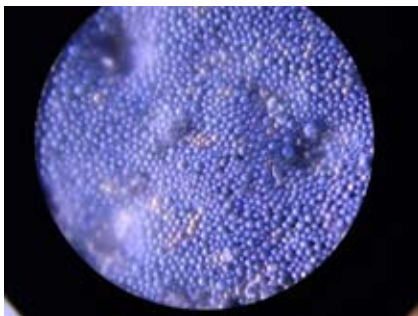
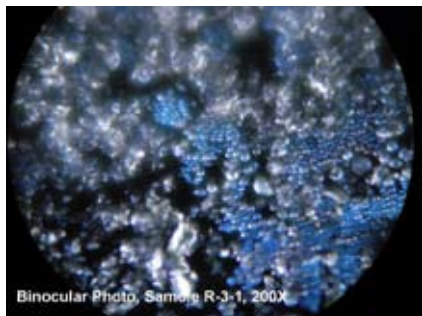
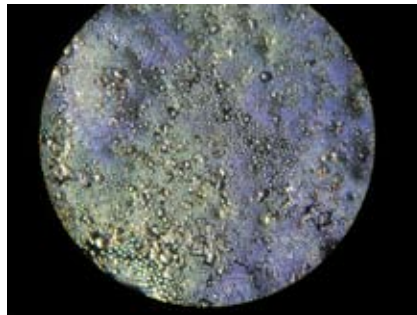
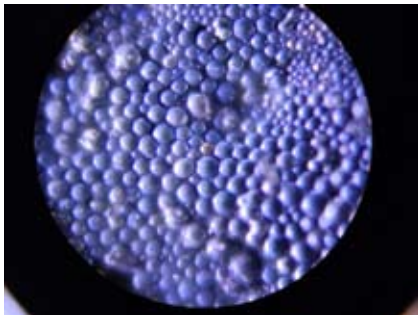
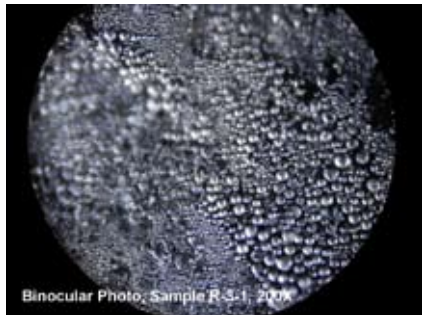
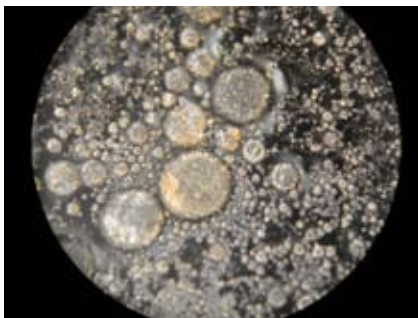
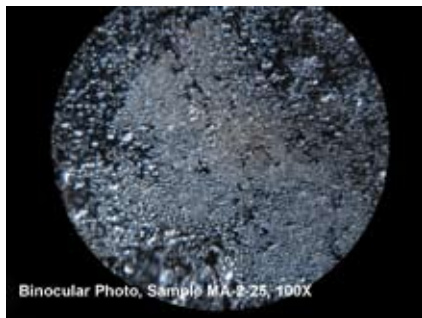
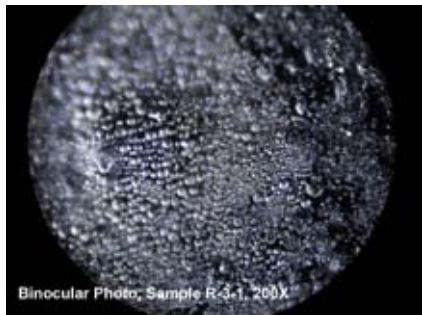
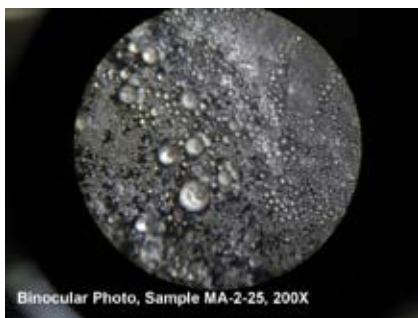
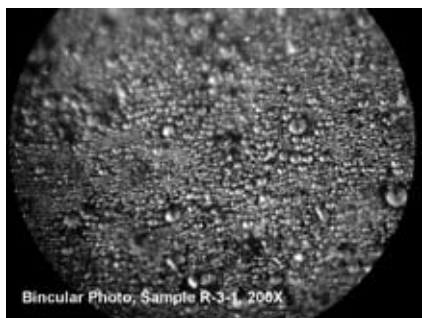
Of Polish copper and silver ores

Abstract: Precious metals and other in flotation tailings Polish copper and silver ores are subject of this article. These ores are in prevailing amounts are reach in organic matter. The latter cause difficulties in determination of appropriate amounts of precious metals, particularly PGM. After attempted try applying standard geochemical analyses, in the results of alternative methods, we have concentrated all metals on the siliceous puck. Metals are visible in the form of beads (see photographic documentation). Their size ranges from <1micron to <100 micron, their amount ranges from several hundred to over 5000. All of them were chemically analyzed up to 45 elements. So far achieved results are shown in enclosed Table. Undeniable similar investigations should be continued in close cooperation and financial support by KGHM Polska Miedź S.A.

Благородные и другие металлы

в флотационных хвостах польских месторождений меди и серебра

Резюме: Благородные и другие металлы в флотационных хвостах польских руд меди и серебра являются темой этой статьи. Эти руды в большинстве богаты в органические вещества. Вещество это вызывает трудности в раскрытию соответствующих содержания благородных металлов особенно группы платина (ПГМ). После многих попыток применения стандартных геохимических исследований, в итоге альтернативных исследований нам удалось сконцентрировать все металлы на кремнеземистом диске. Металлы эти видимы в виде различной величины шариков (смотри фотографии). Их величина заключается в пределах от <1 микрона до >100 микронов, а их количество меняется от нескольких сот до сверх 5000. Все были подданы химическому анализу до 45 означений. Получены до сих пор результаты этих анализов представлены в приложенной таблице. Несомненно похожие исследования должны продолжаться при тесном сотрудничестве и финансовом участии КГХМ Польская Медь А.О.



nie w odniesieniu do badań zawartości metali szlachetnych wraz z PGM, szczególnie w odpadach flotacyjnych KGHM, ale również podobnym potencjalnym złożom sediment-hosted, zaśła potrzeba szukania alternatywnych metod badawczych. Po wieloletnich poszukiwaniach i próbach, udało nam się skoncentrować wszystkie metale występujące w potencjalnej rudzie (Krasoń, 2013), w tym również w odpadach flotacyjnych KGHM. Metale te są zgromadzane na krążku o podłożu krzemionkowym (n.b. 6-cio centymetrowej średnicy i grubości 5 mm, którego, albo których wielkość może być różna w zależności od wielkości badanej próby). Metale te można oglądać, zarysować i sfotografować pod zwykłym mikroskopem binokularowym, z powiększeniami już od 40-tu razy wzwyż. Z tym że metale zgromadzone na indywidualnych krążkach występują w postaci indywidualnych kulek (beads), ich wielkość i ilość bywa różna na indywidualnych krążkach i waha się od mniejszych o mikrona do ponad 100 mikronów. Ich ilość waha się od kilkuset do ponad 5000 tysięcy. Owe krążki były poddawane analizie XRD oraz SEM, najpierw w ELTRON RESEARCH w Boulder, Colorado (n.b. specjalizującej się w badaniach catalytic exchanges i odzysku platyny, paladium oraz rodium. Ponieważ wyniki tych badań wydawały się nam za wysokie, dlatego oraz dla kontroli owych badań, wybrane próby (tj. krążki) wysyłaliśmy do badań przez ASPEX Corp. w Delmont, Pensylwania. ASPEX również używał do badań XRD oraz SEM. Z tym, że na nasze zlecenie, ilość wyżej wspomnianych ziarn (kulek) metali, ich wielkości w mikronach, w przedziałach między: od <1 mikrona do 100 mikronów, skład chemiczny indywidualnych ziarn (kulek) do 45ciu oznaczeń był również badany i raportowany.

Przykłady również tych badań przedstawiłem (n. b. w bardzo wielkim skrócie) w zakończeniu Konferencji "Geolodzy w Służbie Polskiej Miedzi", odbytej 15 marca 2011r. w Lubinie. CD tej prezentacji rozdałem również zainteresowanym (Krasoń, 2011).

Ponadto, wówczas przywiozłem ze sobą pełną dokumentację naszych badań wyżej wymienionych odpadów flotacyjnych KGHM, pokazałem ja Pre-

zesowi KGHM Herbertowi Wirth, ale oczywiście, nie był to właściwy czas na zapoznanie się z indywidualnymi raportami.

Nie jest to również właściwy czas i forum do bardziej wnikliwej prezentacji. Ale uważam, że przynajmniej fotograficzne przykłady wyżej wspomnianych zbiorów oraz indywidualnych kuleczek metali mogą być interesujące i wzbudzić zainteresowanie.

4. Dokumentacja fotograficzna

Wielkie zawartości złota, platyny i palladu w polskich złożach miedzi i srebra są znane w świecie, przede wszystkim z publikacji Prof. H. Kuchy opublikowanych również w wielce reputacyjnych biuletynach naukowych (Kucha, 1981, 1982, 1984), Kucha, H. & Pocheć J., 1983), Kucha H. & Przybyłowicz W., 1999). Znane mi są również inne publikacje, szczególnie tomy zawierające bardzo dobrą dokumentację obecności złota monokliny przedsudeckiej (Pieczonka, Piestrzyński, Mucha, Głuszek, Kotarba, Wieclaw, 2008), (Pieczonka 2000, także w rudzie miedzi i srebra (Piestrzyński, Pieczonka 1997, 2000), Pieczonka, Piestrzyński 2000, Pieczonka 2000).

Ponadto, najlepszym dowodem obecności złota, platyny oraz palladu jest ich produkcja przez KGHM Polska Miedź S. A. oczywiście, prócz produkcji wielkiej – imponującej ilości miedzi i srebra oraz niektórych, ale ekonomicznie też znaczących metali nieżelaznych oraz renu. Dla nas, zainteresowanych przede wszystkim obecnością i ilością metali szlachetnych włącznie z PGM w odpadach flotacyjnych, byłyby dane odnośnie procentowego odzysku tych metali z eksploatowanej rudy. Niestety, mimo wnikliwych poszukiwań takich danych dotychczas nie znalazłem.

5. Wnioski

1. Ponieważ w naszych dotychczasowych badaniach, szczególnie w zastosowaniu wyżej wspomnianej, nie konwencjonalnej metody badawczej, stwierdziliśmy obecność również metali szlachet-

nych włącznie z PGM, renu oraz pozytywnie anomalnych ilości ziem rzadkich, nawet znacznych ilości, które zachęcają i uzasadniają kontynuowanie naszych albo podobnych badań również odpadów flotacyjnych KGHM Polska Miedź, S. A.

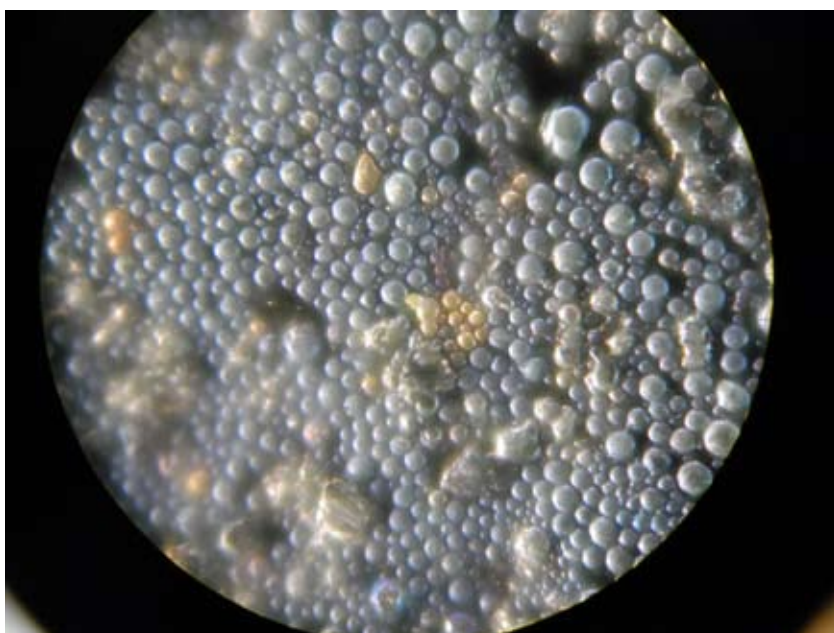
2. Oczywiście, badania te powinny być prowadzone w ścisłej współpracy i przy udziale finansowym KGHM Polska Miedź, S. A., nie tylko jak dotychczas wyłącznie finansowanym zaangażowaniu Geoexplorers International, Inc.
3. Jeśli dalsze badania powiodą się, może się okazać, że odpady flotacyjne prócz rud miedzi i srebra, mogą mieć również bardzo wielką wartość ekonomiczną.
4. Ponadto, wykorzystanie odpadów flotacyjnych, bez odpadów wtórnych, może stać się wielką ulgą dla potencjalnych zagrożeń środowiska.

6. Rekomendacje

również w kontekście powyższego oraz uwzględniając fakt, że już wkrótce, KGHM musi zejść z eksploatacją rud do głębokości poniżej 1000m (Konsulting Polski 2014) a niewątpliwie, na głębokościach tych chłodzenie wyrobisk, przy obecnych kosztach energii, może przewyższyć wartość rudy. Dlatego, prócz badań nad wykorzystaniem odpadów flotacyjnych i zabiegów zdobywania zasobów rudy w innych krajach, równolegle, a nawet z priorytetem, osobiście uważam za stosowne, dlatego rekomenduję żeby również KGHM włączył się do badań nad możliwościami wykorzystania własnej, niekonwencjonalnej, potencjalnie bardzo taniej energii. Badania takie w przeszłości i obecnie są prowadzone przez wielu indywidualnych i instytucjonalnych naukowców w USA. We Włoszech, w Bolonii, prowadzi je z bardzo obiecującym sukcesem, Prof. Rosi, bardzo obiecujące osiągnięcia podobnych badań są raportowane z Turcji, Indii i z Rosji.

Bibliografia

- [1] Krasoń J., 1982. Daugyztau, Amantaitau, and Vysokovoltneye gold deposits, Navoi Region, Republic of Uzbekistan. Unpublished report.
- [2] Krasoń J., 1984. Muruntau: The Worlds' Largest Gold Producing Mine Complex Mining Engineering A Special Issue, p.159-160
- [3] Krasoń J., 1985. Economic Geology of Muruntau – the World's largest Gold Deposit, Uzbekistan, Soviet Union, 125pp. Geoexplorers International, Inc. Not published Federation
- [4] Krasoń J., Proposal for Processing of the Noril'sk 1 Technogenic Deposit, Russian Geoexplorers International, Inc., Not published, 29p.
- [5] Krasoń J., Business Plan Development of Noril'sk Technogenic Deposits, Russian Federation, 25
- [6] Krasoń J., 1992. Base and precious metals mineralization associated with volcanic systems of the Soviet Union Pacific Region: Abstracts, 29th International Geological Congress, v. 3, p. 735, Kyoto, Japan, 1992; co-authored with Y. I. Bakulin and A. B. Ignatiev.
- [7] Krasoń J., 2011. Analytical Results of the Base and Precious Metals From KGHM Polish Copper Flotation Tailings – Summary, Presented w czasie Konferencji w Lubinie, pt. Geolodzy w służbie polskiej miedzi, 15 March 2011.
- [8] Krasoń J., 2013. Invitation for exploration of the sediment-hosted deposits in the Western United States. PowerPoint Presentation, not published.
- [9] Kucha H., 1981. Precious Metal, Alloys and Organic Matter in the Zeshstein Copper Deposits, Poland. TMPM Tscherma's Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 28: 1-16.
- [10] Kucha H., 1982. Platinum-Group Metals in Zeshstein Copper Deposits, Poland, The Distribution of Gold and Platinum in Bituminous Coal, Economic Geology, Vol. 77, Nr. 6, p. 1578-1591. of Gold and Platinum in Bituminous Coal, Economic Geology, Vol. 77, Nr. 6, p. 1578-1591.
- [11] Kucha H. & Pocheć J., 1983. Organogeniczny Wapień Ankerytowy z Glaukonitem i Metalami Rodzimyimi Au, Pt, Pd, i Pb z Rejonu Lubina Zachodniego. (in Polish, English summary), Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 53; 169-176.
- [12] Kucha H. & Przybyłowicz W., 1999. Noble Metals in Organic Matter and Clay-Organic Matrices, Kupferschiefer, Poland. Economic Geology, 94; 1137-1162.
- [13] Pieczonka J., 2000. Strefy Utleniania w Złóżu Rud Miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej. (in Polish) Prace Specjalne Polskiego Towarzystwa Mineralogicznego, 16; 9-54.
- [14] Pieczonka J., Piestrzyński A., 2000. Model Genetyczny Koncentracji Złota w Obszarze Występowania Złóż Rud Miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej. (in Polish) Prace Specjalne Polskiego Towarzystwa Mineralogicznego, 16; 55-82.
- [15] Pieczonka J., Piestrzyński A., Mucha J., Głuszek A., Kotarba M. & Wieclaw D. 2008. The Red-Bed-Type Precious Metal Deposit in the Sieroszowice - Polkowice Copper Mining District, SW Poland. Annales Societatis Geologorum Poloniae. Vol.78; 151-280.
- [16] Piestrzyński A., Pieczonka J., 1997. Gold and PGE an Oxide-Reducing Interfaceing Lower Zechstein Sediments of the Fore-Sudetic Monocline, SW Poland. In: Papuen H. (ed) Mineral Deposits; Research and Exploration. Where do They Meet? Proceedings of the Fourth Biennial. SGA Meeting, Turku, Finland, pp. 99-102.



Ilości skał wydobytych z głębionych szybów

w KGHM Polska Miedź S.A.

Stanisław Downorowicz, Katarzyna Kaczorek

Wstęp

Zgodnie z Ustawą z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz. U. Nr 138, poz. 865 z późn. zm.) urobek z głębionych szybów stanowi odpad wydobywczy. Został on zakwalifikowany do grupy 01 w katalogu odpadów (Rozporz. Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów), którą stanowią odpady powstające przy poszukiwaniu, wydobywaniu, fizycznej i chemicznej przeróbce rud oraz innych kopalin.

Urobek z budowanych szybów ma marginalne znaczenie w globalnym bilansie odpadów wydobywczych KGHM Polska Miedź S.A.

Główne odpady wydobywcze stanowią urobek powstający w procesie wzbogacania rudy jako tzw. odpady przerobcze deponowane w obiekcie

unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (OUOW) - składowisku „Żelazny Most”, których rocznie wytwarza się około 28 mln Mg.

W artykule przedstawiono bilans odpadów wydobywczych z wydrążonych szybów Kopalni „Lubin”, „Rudna”, „Polkowice-Sieroszowice” w rozbięciu na ilości urobku przypadającego na poszczególne rodzaje skał występujących w profilu geologicznym szybów.

Na terenie LGOM wybudowano łącznie 30 szybów, w tym w granicach obszarów górniczych (OG) „Lubin-Małomice” i „Polkowice” po 7 szybów, w granicach „Rudna” 11 szybów i „Sieroszowice” 5 szybów.

Kolejny 31 szyb GG-1 znajduje się w początkowej fazie budowy w granicach kolejnego obszaru górniczego „Głogów Głęboki-Przemysłowy”.

Głębokości szybów wynoszą od 493,0 m p.p.t. (L-VII) do 1219,0 m (SW-4),

a łączny metraż wyłomu ujęty w obliczeniach 27 513,4 m. Łączna kubatura w całości wydobytego urobku wynosi 15 778 43 m³.

Lokalizację zbudowanych szybów na terenie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego przedstawiono na Rys.1.

2. Ogólna charakterystyka skał występujących w przekroju geologicznym szybów

Szyby są głębione w utworach geologicznych typowych dla formacji występujących w środkowej części monokliny przedsudeckiej. Są to utwory kenozoiczne o łącznej miąższości od około 300 (szyb L-III) do około 500 m (szyby SG-1, SG-2), osadzone niezgodnie na monoklinalnie zalegających war-



**Dr hab. inż.
Stanisław
Downorowicz**
PK Hydrogeometal,
Lubin



**mgr Katarzyna
Kaczorek**
PK Hydrogeometal,
Lubin

Streszczenie: Artykuł zawiera bilans odpadów skalnych z 30 szybów wybudowanych w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (LGOM) w latach 1961–2013 w rozbięciu na poszczególne formacje litostratygraficzne występujące w profilu geologicznym. Wyliczono, iż ogólna ilość wydobytego urobku skalnego z szybów wynosi około 1 577 843 m³ (3 789 800 Mg, w tym z Kopalni „Lubin” około 252 927 Mg, z Kopalni „Polkowice-Sieroszowice” około 599 855 Mg i z Kopalni „Rudna” około 725 060 Mg).

Słowa kluczowe: odpady wydobywcze, szyby

The volume of the rock extracted from the mine shafts sinking

in KGHM Polska Miedź S.A.

Abstract: The presentation shows the balance of the waste rock generated during the construction of 30 shafts in (LGOM) between 1961 – 2013 with the breakdown into different lithostratigraphic formations occurring within the geological profile. It has been calculated that during shafts sinking some 1 577 843 m³ (3 789 800 Mg) of the waste rock has been extracted, in Lubin Mine some 252 927 m³, in Polkowice-Sieroszowice Mine some 599 855 m³ and in Rudna Mine some 725 060 m³.

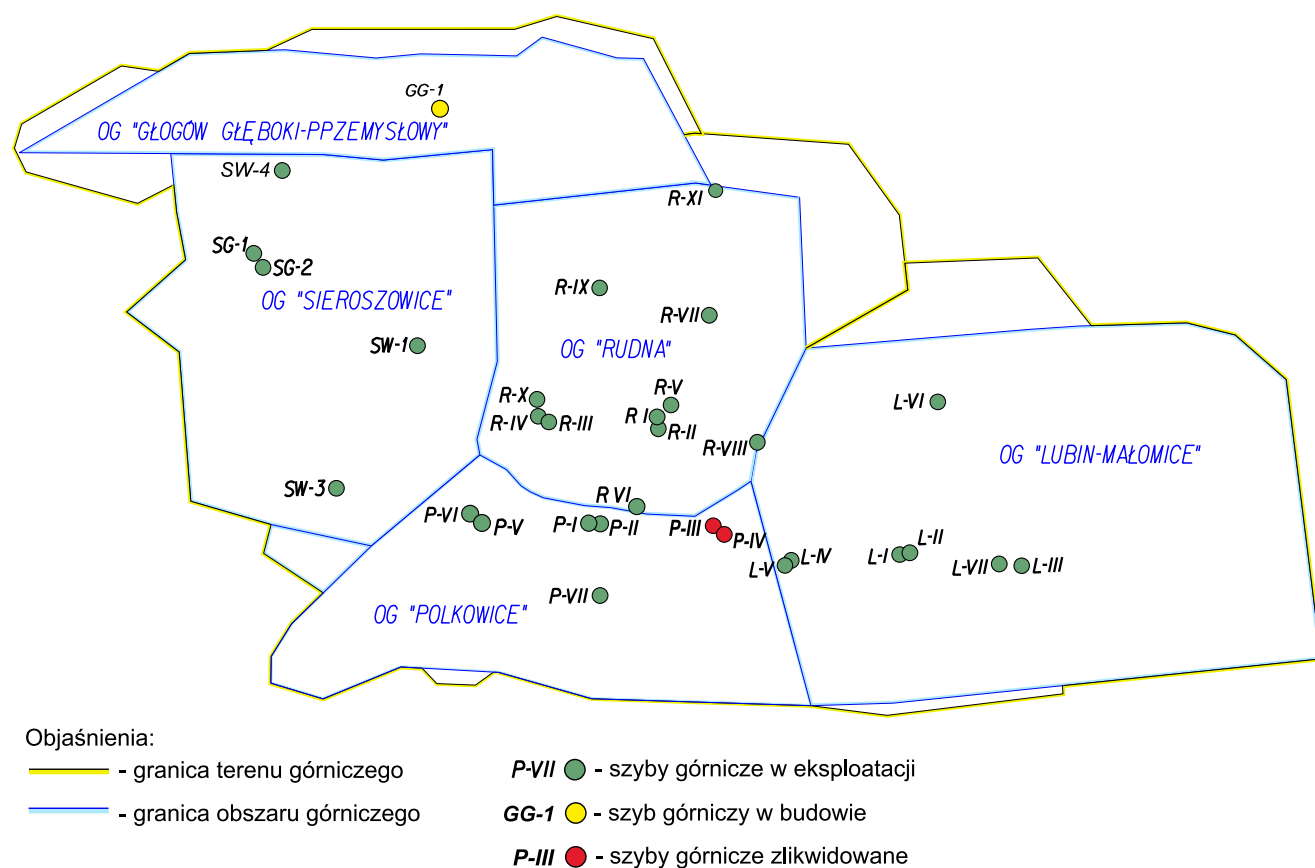
Key words: waste rock mined, shafts

Количество горных пород с углубки стволов

в КГХМ Польша Медь С.А.

Резюме: Статья содержит баланс отвальных пород - созданных при углубке 30 шахтных стволов на территории Легницко-Глоговского Медного Округа (ЛГМО) в годах 1961-2013 с учётом отдельных литостратиграфических формации выступающих в геологическом разрезе. Вычислено, что общее количество добытой горной массы пород из стволов составляет около 1 577 843 м³ (3 789 800 т.), в том числе: из Рудника «Любин» около 252 927 м³, из рудника «Польковице-Серошовице» около 599 855 м³, из рудника «Рудна» около 725 060 м³.

Ключевые слова: отвальные породы при углубке шахтных стволов, шахтные стволы.



Rys. 1. Lokalizacja szybów kopalń rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A.

stwach triasu o miąższości od około 80 m (szyby L-I, L-II) do ponad 570 m (szyb R-XI) oraz utworach cechsztyńskich o ogólnej miąższości warstw od około 206 m (szyb L-III) do ponad 340 m (Szyb SW-4). Strefa kontaktowa spągu utworów cechsztyńskich (wapień podstawowy z łupkami bitumicznymi) z niżej zalegającymi utworami czerwonego spągowca (strop szarych piaskowców) jest okruszczowana siarczkami miedzi i stanowi złożę tego metalu. Po przejściu strefy złożowej, wyłomy szybów wykonywano w czerwonym spągowcu maksymalnie na odcinku do 81,60 m (szyb L-III), a minimalnie poniżej spągu złoża w granicach 0-3,0 m (szyby SG-1, SG-2, SW-4).

Skały wymienionych formacji geologicznych posiadają bardzo zróżnicowaną genezę i specyfikę cech facjalno-litologicznych, zróżnicowane właściwości geologiczno-inżynierskie, skłonności do całkowitej destrukcji przy kontakcie z wodą oraz w procesie zamrażania i urabiania w trakcie głębiania szybu, lub też rozpuszczania w środowisku wodnym (sól kamienna).

Utwory czwartorzędowe reprezentowane są głównie przez utwory fluwioglacjalne jak piaski, żwiry i gliny zwałowe oraz utwory aluwialne, głównie jako pochodne tych pierwszych.

Średnia miąższość utworów czwartorzędowych w szybach poszczególnych kopalń wynosi od 47 do 67 m.

Seria utworów trzeciorzędowych reprezentowana jest przez osady paleogenu (oligocen) i neogenu (miocen, pliocen). Osady te stanowią osady pelityczne (iły, pyły) jako dominujące z udziałem warstw utworów klastycznych (piaski, żwiry) oraz węgla brunatnych. Miąższości poszczególnych warstw, ich rozprzestrzenienie oraz skład petrograficzny są niezwykle zróżnicowane. Miąższość wymienionych utworów w poszczególnych szybach wynosi średnio od 306 m (kopalnia „Lubin”) do 373 m (kopalnia „Sieroszowice”).

Łączna miąższość pokładów węgla brunatnych w poszczególnych szybach wynosi średnio od 24,5 m (kopalnia „Lubin”) do 36,4 m (kopalnia „Rudna”).

W poszczególnych warstwach utworów trzeciorzędowych występują liczne gniazda, a nawet horyzonty koncentracji piritowych i markasytowych. Produkty utlenienia wymienionych siarczków w miejscach deponowania na powierzchni terenu tych odpadów wydobywczych stanowią źródło zanieczyszczeń środowiska wodnego jonami SO_4^{2-} .

Utwory triasu reprezentowane są przez drobnoziarniste, arkozowo-kwarcowe piaskowce o przeważającym lepiszczu ilastym lub ilasto-żelazistym, drobnowarstwowane z laminacjami ilastymi oraz łupków ilastych, wieku dolnego i środkowego pstręgo piaskowca. Górny pstry piaskowiec (ret) wykształcony jest jako dolomity z wkładkami anhydrytu, marglu i wapieni. Występuje na N-W peryferiach obszaru złożowego.

Piaskowce pstręgo piaskowca charakteryzują się b. niskimi parametrami geomechanicznymi i zdolnością do całkowitego rozłaskowania się w kontakcie z wodą. Cechy te dyskwalifikują tą skałę do gospodarczego wyko-

Uśrednione gęstości objętościowe skał występujących w profilu geologicznym szybów kopalni rud miedzi

L.p.	Stratygrafia, litologia	Gęstość objętościowa [Mg/m³]	
		średnia	wartości skrajne
1.	Czwartorzęd	1,95	(1,87 – 2,16)
2.	„Paleogen + Neogen, w tym: - węgiel brunatny”	2,20 1,30	(1,63 – 2,43) (1,14 – 1,53)
3.	Trias (pstry piaskowiec dolny, środkowy i górny)	2,35	(1,98 – 2,74)
4.	„Cechsztyń, w tym: - seria ilastkowa - seria anhydrytowa (wraz z dolomitami głównymi) - sól kamienna - seria węglanowa”	2,50 2,85 1,90 2,77	(2,11 – 2,85) (2,76 – 3,03) (1,71 – 2,14) (2,71 – 2,83)
5.	Czerwony spągowiec	2,3	(1,85 – 2,73)

Tabela 1.**Ilość urobku wydobytego z 30 wydrążonych szybów kopalni rud miedzi w latach 1960-2013**

Nr szybu	Średnica szybu [m]	Średnica wyłomu [m]	Głębokość wyłomu szybu uwzględniona w obliczeniach [m]	Kubatura urobku (w całym) [m³]	Ilość urobku (w całym) [Mg]
L-I	6,0	7,5	648,5	28635	68026
L-II	6,0	7,5	692,8	30591	72700
L-III	6,0	7,5	754,5	33316	79133
L-IV	6,0	7,5	765,5	33802	80278
L-V	6,0	7,5	768,2	33921	80596
L-VI	7,5	9,0	964,3	61315	145891
L-VII	7,5	9,0	493,0	31347	71941
Razem dla 7 szybów 5086,8				252 927	598 565
R-I	7,5	9,0	1053,0	66955	158925
R-II	7,5	9,0	1071,2	68112	161551
R-III	7,5	9,0	1001,0	63648	152394
R-IV	7,5	9,0	940,3	59789	143411
R-V	7,5	9,0	1025,9	65232	155350
R-VI	7,5	9,0	900,7	57271	137016
R-VII	7,5	9,0	1122,6	71381	170734
R-VIII	7,5	9,0	974,2	61945	147679
R-IX	7,5	9,0	1119,9	71209	169189
R-X	7,5	9,0	984,2	62581	149880
R-XI	7,5	9,0	1210,0	76938	183451
Razem dla 11 szybów 11403,0				725061	1729580
P-I	6,0	7,5	889,4	39273	93737
P-II	6,0	7,5	911,7	40257	95961
P-III	6,0	7,5	826,5	36495	87123
P-IV	6,0	7,5	826,4	36491	87149
P-V	6,0	7,5	874,0	38593	92613
P-VI	6,0	7,5	874,6	38619	92627
P-VII	7,5	9,0	760,5	48356	116842
SW-1	7,5	9,0	1029,1	65435	168587
SW-3	7,5	9,0	706,0	44891	106157
SW-4	7,5	9,0	1219,0	77510	183736
SG-1	7,5	9,0	1055,5	67114	173904
SG-2	7,5	9,0	1050,9	66821	163215
Razem dla 12 szybów 11023,6				599855	1461651
Łącznie dla 30 szybów 27516,4				1577843	3789796

Tabela 2.

jonów Cl^- i SO_4^{2-} . Wymieniona woda występująca w porach wydobywanego urobku z szybów stwarza zagrożenie dla środowiska wodnego na powierzchni przy hałdowaniu tego odpadu.

Utwory cechsztyńskie reprezentowane są generalnie przez następujące osady 4-ch cyklotemów sedimentacyjnych morza cechsztyńskiego:

- łupki ilaste oraz iłowce o miąższości 21,5 – 31,6 m;
- anhydryty gruboławicowe z nie-licznymi przewarstwieniami szarych iłowców i dolomitów (dolomit płytowy i dolomit główny) – o łącznej miąższości od 109 m (kopalnia „Lubin”) do 169 m (kopalnia „Polkowice”);
- sól kamienna – występuje tylko w części północno-zachodniej obszaru złożowego (złoża „Sieroszowice” i fragment złoża „Rudna”) – miąższość pokładu soli wynosi od kilku do 152,7 m (szyb SW-4);
- dolomity i wapienie (wapienia podstawowego) – o przeciętnej miąższości około 60 m i skrajnych wartościach 6,30 m (szyb R-XI) i 214,50 (szyb SW-3).

Czerwony spągowiec reprezentujący w części stropowej szare piaskowce i głębiej zalegające czerwone piaskowce, kruche, rozsypliwie, lasujące się w wodzie i nieprzydatne do gospodarczego wykorzystania.

3. Obliczenia ilości skał wydobytych z wyłomów głębinowych szybów

Obliczenia ilości wydobytego urobku z głębinowych szybów poszczególnych kopalni obliczono na podstawie następujących danych:

- profilu geologicznego i stratygraficznego danego szybu (Tabela 3);
- średnic i końcowych głębokości wyłomu dla każdego z budowanych szybów (Tabela 2);
- uśrednionych gęstości objętościowych skał (Tabela 1).

Obliczenia wykonano przy następujących założeniach:

- dla wszystkich szybów przyjęto jednakowe gęstości objętościowe skał dla danych formacji lito-stratygraficznych [Mg/m³];
- w obliczeniach nie uwzględniono

ryzowania. Średnia miąższość triasu w szybach wynosi od 114 m dla kopalni „Lubin” do 342 m dla kopalni „Rudna”.

W obrębie piaskowców pstrego pia-

skowca, głównie środkowego, w nieciągłościach strukturalnych występuje woda o mineralizacji od kilku do kilkudziesięciu g/dm³ rozpuszczonych

ciężaru wody porowej;

-objętość skał $V [m^3]$ wyliczono dla skał w caliznie na podstawie formuły:

$V = h_n \pi r^2$, gdzie:

h_n – miąższość rozpatrywanych warstw skalnych [m];

r – promień wyłomu szybu [m],

stąd dla obliczenia kubatury urobku loco hałda należałoby zastosować odpowiedni współczynnik rozluźnienia skał, stosowny do ich rodzaju, granulacji lub konsystencji, ciężaru nasypowego i in.

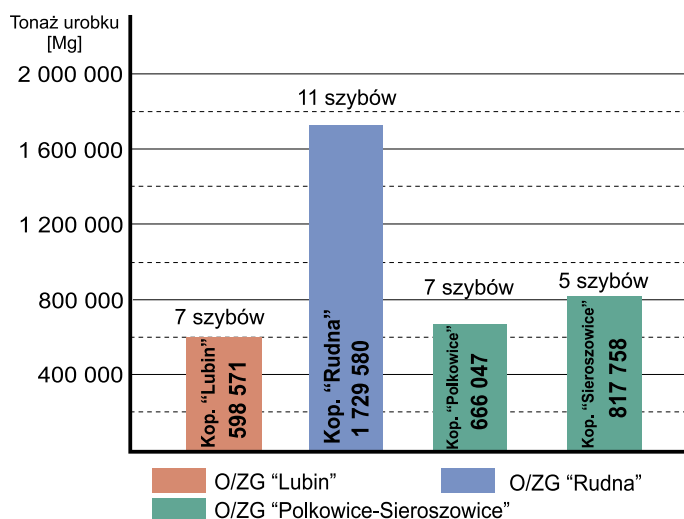
Przy wymienionych założeniach wyliczono ogólną ilość skał dla poszczególnych szybów, kopalń i KGHM Polska Miedź S.A. Wyniki obliczeń przedstawiono na Rysunku 2.

Wykonano również obliczenia wydobytego urobku skalnego z szybów w rozbiciu na poszczególne formacje stratygraficzno-litoliczne skał z uwzględnieniem ilości wydobytej rudy miedzi ze strefy okruszczowanej siarczkami Cu i in. metali. Wyniki wymienionych obliczeń dla każdej z kopalń przedstawiono na Rys. 3, 4 i 5, a na Rys. 6 – w skali całego holdingu KGHM Polska Miedź S.A.

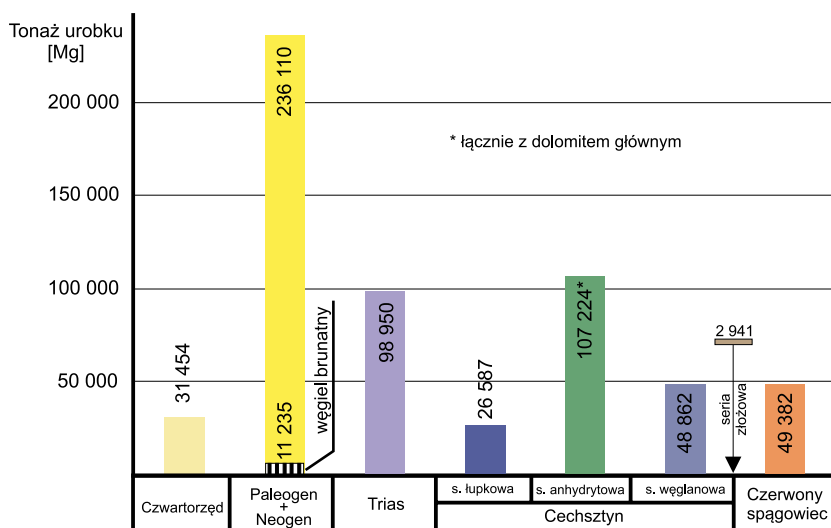
4. Uwagi i zalecenia na temat możliwości gospodarczego wykorzystania i deponowania odpadów wydobywczych z szybów

Zwraca się uwagę na fakt, iż stosowane specjalne technologie budowy szybów nie sprzyjają reżimowi utrzymania czystości urobku skalnego jak i też jego selektywnego wydzielania i odstawy na powierzchnię do różnych celów. Wynika to m.in. z dużej zmienności miąższości warstw skalnych, z wielkości cykli technologicznych urabiania górotworu za pomocą kombajnu w strefie mrożonej, wielkości zabiorów przy stosowaniu techniki strzelniczej, na odcinkach wyprzedzającego uszczelniania lub wzmacniania górotworu za pomocą cementacji lub żywicowania stref zawodnionych i in.

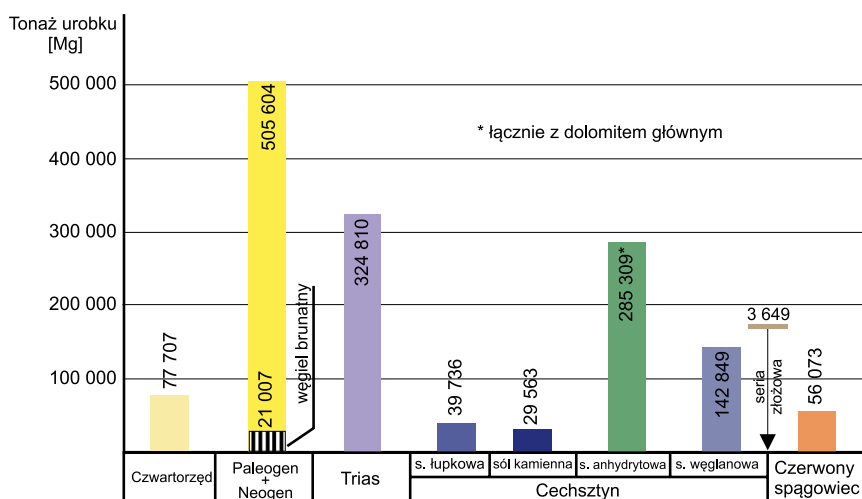
Środowisko technologiczne w przestrzeni wyłomu drążonego szybu nie daje gwarancji utrzymania na całej głębokości lub na wybranych odcinkach robót selektywnego i czystego



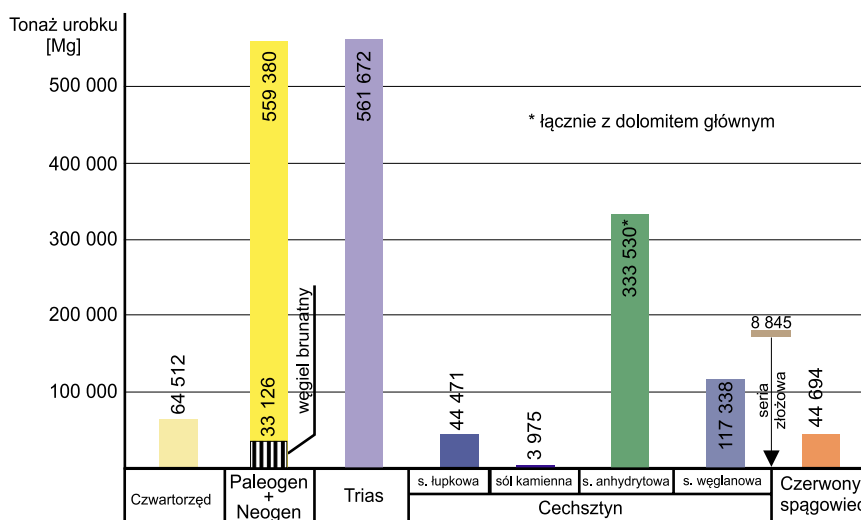
Rys.2. Ilość urobku skalnego wydobytego z drążonych szybów kopalń rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A.



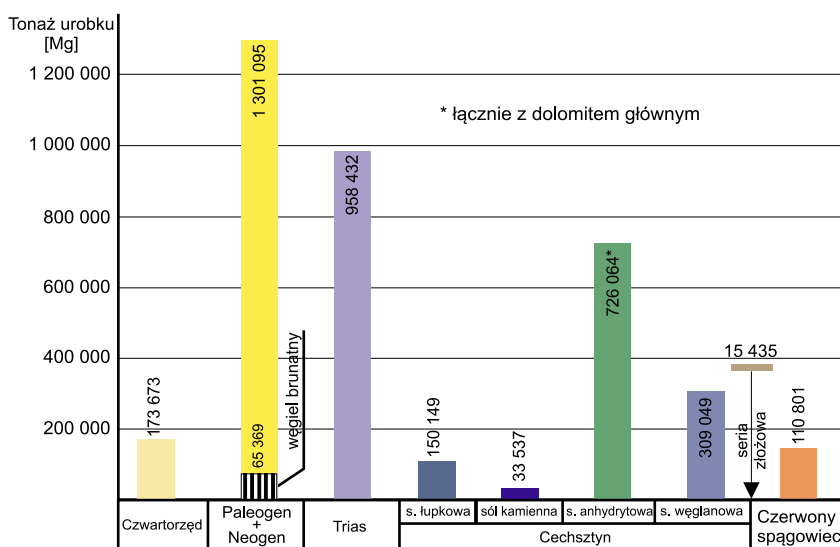
Rys. 3. Ilość urobku skalnego z drążenia 7 szybów kopalni „Lubin”.



Rys. 4. Ilość urobku skalnego z drążenia 12 szybów kopalni „Polkowice-Sieroszowice”



Rys. 5. Ilość urobku skalnego z drążenia 11 szybów kopalni „Rudna”



Rys. 6. Ilość urobku skalnego z drążenia 30 szybów KGHM Polska Miedź S.A. w latach 1960-2013

wybierania skał i zachowania ich pierwotnej jakości w celu ich wykorzystania w ściśle określonym kierunku. Stąd możliwości gospodarczego wykorzystania odpadów wydobywczych z szybów będą zawsze kompromisem pomiędzy technologią, kosztami i ekologią.

Problemy selektywnego odbioru urobku z szybu, przejściowego deponowania na placach składowych lub w zadaszonych magazynach (sól) lub też bezpośredniego transportu do miejsc lokalnego zagospodarowania (hałdy, nasypy, drogi, place i t.p.) muszą być ujęte w odpowiednim projekcie branżowym (OUOW) budowanego szybu przy zachowaniu zdrowego rozsądku, rachunku ekonomicznego i wymagań ochrony środowiska.

W projekcie takim należałoby wska-

zywać potencjalnych odbiorców poszczególnych materiałów.

Dotychczasowy i zalecany sposób zagospodarowania urobku skalnego z szybów przedstawiono w Tabeli 3.

I tak np. tylko dla warstw o większych miąższościach o charakterze użytkowym np.: piaski, żwiry, pospółki zalecane jest selektywne składowanie wydobytego materiału i wykorzystanie stosownie do potrzeb lokalnych w budownictwie przemysłowym, drogowym itp.

Pozostały urobek może być użytkowany w dotychczasowy sposób w formie nasypów, wypełnień wykopów lub też w formie hałd i składowisk z różnorodnym ukierunkowaniem zagospodarowania i rekultywacji terenu, pod warunkiem jednak, że jest to odpad wydobywczy o neutralnym charakte-

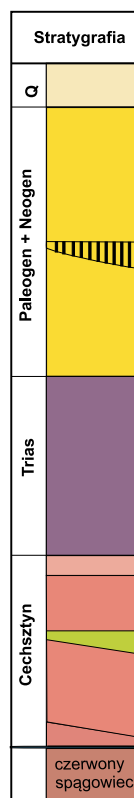
rze w stosunku do środowiska.

W większości przypadków hałdy wkomponowywano w geomorfologię terenu z leśnym kierunkiem rekultywacji lub z wykorzystaniem terenów do celów rekreacyjnych i użytkowych w formie placów lub lekkiej zabudowy itp. Te kierunki są właściwe i należy je kontynuować.

Przy organizacji trwałych składowisk w postaci OUOW, w szczególności w odniesieniu do skał pstrego piaskowca oraz skał serii anhydrytowej cechsztyń i czerwonego spągowca, hałdowiska należy realizować na podstawie projektów określających warunki techniczne uszczelnienia podłoża, sposób odprowadzania odcieków (wody porowej zawierającej wysokie ładunki Cl^- i SO_4^{2-} zdeponowanych skał o wysokiej mineralizacji, a także pro-

Klasyfikacja i sposób zagospodarowania urobku wydobytego z szybów kopalń rud miedzi.

Tabela 3.

Stratygrafia	Litologia	Rodzaj i kod odpadu	Dotychczasowy sposób zagospodarowania	Zalecany sposób zagospodarowania
	żwiry, piaski, pyły i gliny	odpady skalne 01.01.80	wykorzystanie do lokalnych nasypów ziemnych lub składowanie na hałdach	1. Kontynuacja wykorzystania węgla brunatnych oraz soli kamiennej dla potrzeb lokalnych. 2. Zbyt anhydrytu do zakładów chemicznych lub prefabrykacji materiałów budowlanych. 3. Selektywne wydobycie, deponowanie i zagospodarowanie w budownictwie kruszyw naturalnych (piaski, pospółki, żwiry) i węglanowego kruszywa skalnego (wapień i dolomity formacji cechsztyńskiej oraz górnego retu). 4. Organizacja OUOW dla urobku skalnego z szybów, (piaskowce triasowe oraz utwory permskie, w tym osady chemiczne), powinna uwzględnić ich hermetyzację (uszczelnienie podłoża) wraz z monitoringiem hydrogeochemicznym.
	żwiry, piaski, pyły, iły, ilowce, żwirowce	odpady skalne 01.01.80		
	węgla brunatne	*ZKT	częściowe wykorzystanie gospodarcze węgla z warstw o większej miąższości	
	żwiry, piaski, pyły, iły, ilowce, żwirowce	odpady skalne 01.01.80	wykorzystanie do lokalnych nasypów ziemnych lub składowanie na hałdach	
	piaskowce kwarcowe droboziarniste o spoiwie ilastym z wkładkami iłolupków		składowanie na hałdach	
Cechszyn	iłolupki	odpady skalne 01.01.80	lokowanie na hałdach z wykorzystaniem dolomitu głównego jako kruszywa skalnego do podbudowy nasypów budowlanych pod place składowe, drogi lokalne itp.	
	anhydryty z przewarstwieniami dolomitu płytowego i głównego			
	sól kamienna	*ZKT	zbyt dla potrzeb drogownictwa w okresie zimowym	
	anhydryty	odpady skalne 01.01.80	wykorzystanie jako kruszywa skalnego do budowy nasypów, placów składowych i w lokalnym budownictwie dróg technologicznych oraz lokowanie na hałdach	
	wapień podstawowy			
czerwony spągowiec	okruszczone dolomity, łupki dolomitczno-łłaste, piaskowce	**KG	zagospodarowanie w ZWR-ach	
	piaskowce kwarcowe, drobnoziarniste o spoiwie ilastym	odpady skalne 01.01.80	lokowanie na hałdach	

*ZKT - zbilansowana kopalina towarzysząca

**KG - kopalina główna - złożo rud miedzi

duktów ługowania anhydrytów (SO_4^{2-}), oraz monitoring hydrogeochemiczny wód gruntowych wokół składowiska odpadów wydobywczych.

Wnioski

- Łącznie z 30 szybów KGHM Polska Miedź S.A. wydobyto 3 811 956 ton urobku stanowiącego odpady skalne zakwalifikowane do odpadów wydobywczych, z których do celów gospodarczych, wykorzystano następujące rodzaje i ilości skał:
 - węgiel brunatny – ok. 65 370 t,
 - sól kamienna – ok. 33 537 t,
 - ruda miedzi – ok. 15 435 t,
 - skały węglanowe – ok. 295 365 t, w części wykorzystane w budownictwie nasypów, placów składowych, dróg lokalnych w postaci rozkruszonego materiału skalnego. Pozostała ilość skał składowana była w postaci hałd.

- Odpady skalne z utworów czwartorzędowych z uwagi na występującą fluwioglacjalną i postglacjalną litologię, co najwyżej w minimalnym stopniu mogą oddziaływać na środowisko glebowo-wodne w miejscu ich deponowania ze względu na neutralny charakter osadów i wód porowych.
- Odpady wydobywcze z formacji trzeciorzędowej, deponowane na hałdach w pobliżu głębionych szybów nie pozostają bez wpływu na środowisko. Charakteryzują się one, szczególnie w obrębie utworów burowęglowych obecnością licznych wtrąceń piritowych i markasytowych, ulegających procesowi oksydacji, w wyniku którego siarczki przechodzą w siarczany, zanieczyszczające środowisko wodne.
- Odpady skalne z formacji pstręgo piaskowca (triasu) oraz czerwonego spągowca stwarzają relatywnie największe zagrożenie dla środowiska w miejscach deponowania na powierzchni z uwagi na

obecność w przestrzeni porowej urobku skalnego wysoko zmineralizowanych wód z dominującą zawartością chlorków Cl^- i siarczanów SO_4^{2-} . Materiał ten pod wpływem opadów atmosferycznych generuje przejściowo, z tendencją malejącą zanieczyszczenia chemiczne podłoża i wód gruntowych. Natomiast występujące anhydryty w wymienionych odpadach skalnych w sposób trwały pod wpływem opadów atmosferycznych będą generowały jony SO_4^{2-} do podłoża i wód gruntowych.

- Przy budowie kolejnych szybów należy w możliwym stopniu przewidzieć selektywne deponowanie wydobytych skał odpadowych z ich odpowiednim zagospodarowaniem, w tym z organizacją miejsc składowania wykluczającą infiltrację zanieczyszczeń w podłoże i wody gruntowe wraz z monitorowaniem zachodzących procesów hydrochemicznych.

Sposób zagospodarowania soli kamiennej

pozyskanej z przebudowy szybu SW-4 na odcinku solnym.

Sławomir Fabich, Jan Kudelko, Dorota Nitek

1. Wprowadzenie

Pod koniec roku 2013 zakończono głębienie szybu SW-4 zlokalizowanego w północnej części Obszaru Górniczego „Sieroszowice”. W profilu geologicznym tego szybu, w interwale głębokości od około 1026 do 1182 m występuje warstwa soli kamiennej (Rys. 1). Specyfika wła-

sności reologicznych soli kamiennej, powiązana z dużą głębokością jej zalegania wraz ze znaczną miąższością powoduje, że wyrobisko szybowe ulega zaciskaniu o znacznej intensywności. Sam proces tego pełzania nie jest zjawiskiem nieoczekiwanym, gdyż powszechnie znane są własności reologiczne soli kamiennej. W przypadku szybu SW-4 dużym zaskoczeniem była natomiast

bardzo duża dynamika tego procesu. W okresie bezpośrednio po wykonaniu szybu obserwowano pełzania o prędkości kilkunastu mm/dobę. W chwili obecnej, po ponad roku od wykonania szybu prędkość konwergencji spadała do wartości od około 1,5 mm/dobę dla środkowych partii pokładu solnego do około 0,6 mm/dobę w partiach przy stropie i spągu pokładu (Rys. 2).



dr inż.
Sławomir Fabich
- Kierownik Zakładu
Budownictwa
Podziemnego i Badań
Materiałowych
KGHM CUPRUM
Sp. z o.o. CBR, Wrocław



dr hab. inż.
Jan Kudelko
Wiceprezes Zarządu
KGHM CUPRUM
Sp. z o.o. CBR,
Wrocław



mgr inż.
Dorota Nitek
Kierownik
Laboratorium Badań
Materiałowych
KGHM CUPRUM
Sp. z o.o. CBR,
Wrocław

Streszczenie: Szyb SW-4 jest pierwszym szybem w LGOM, w którym odcinek solny zabezpieczony został obudową, przejmującą skutki reologicznych procesów zachodzących w masywie solnym. Stwierdzana obecnie, duża dynamika tego procesu, jak również to, że w dalszym okresie funkcjonowania szybu proces ten będzie zachodził, przechodząc w fazę tzw. pełzania ustalonego, co pewien, ściśle określony czas będzie zachodziła konieczność przebudowy odcinka solnego szybu. Jej zadaniem jest odtwarzanie pierwotnego przekroju wyrobiska oraz zabezpieczająca ten przekrój obudowy. Na podstawie dotychczasowych pomiarów prędkości konwergencji stwierdza się, że w okresie funkcjonowania szybu konieczne będą co najmniej trzy przebudowy, pierwsza, planowana w roku 2015, a następne odpowiednio w roku 2024, a następnie 2036. W konsekwencji tych przebudów będzie zachodziła konieczność zagospodarowania (utyliczacji) soli kamiennej z robót wyłomowych. Sol ta może być dodatkowo zanieczyszczona tworzywem sztucznym, pochodzącym z demontażu natryskowej obudowy powłokowej. W artykule została przedstawiona problematyka zagospodarowania tych odpadów wraz z uwarunkowaniami prawnymi towarzyszącymi temu procesowi.

Słowa kluczowe: reologia złoża soli, zanieczyszczona sól, utylizacja soli, przebudowa szybu, aspekty prawne

Utilization of the salt

mined during the SW-4 shaft reconstruction from its salt stratum

Abstract: The SW-4 shaft is the first shaft in LGOM where its "salt part" has been protected with the tubing taking the outcome of the rheological processes in the salt bed. It is being found now that the large dynamics of this process which will be continued in the future operation of the shaft, transforming into the phase of the so called solid state creeping, will necessitate the reconstruction of the "salt part" of the shaft in the strictly predetermined time schedules. The purpose of this reconstruction will be the regeneration of the original passage as well as its protecting tubing. Based upon the measurements of the velocity of the convergence of strata carried out up to now it has been estimated that during the future operation of the shaft at least its three reconstructions will be necessary, the first planned in 2015 then in 2024 and then in 2036. As an outcome of these reconstructions it will be necessary to find the method of utilization of the salt rock mined from the workings. This salt rock may be contaminated with some plastic material coming from the sprayed part of the stripped tubing. The paper describes the issue of the utilization of the waste generated, indicating its some legal aspects.

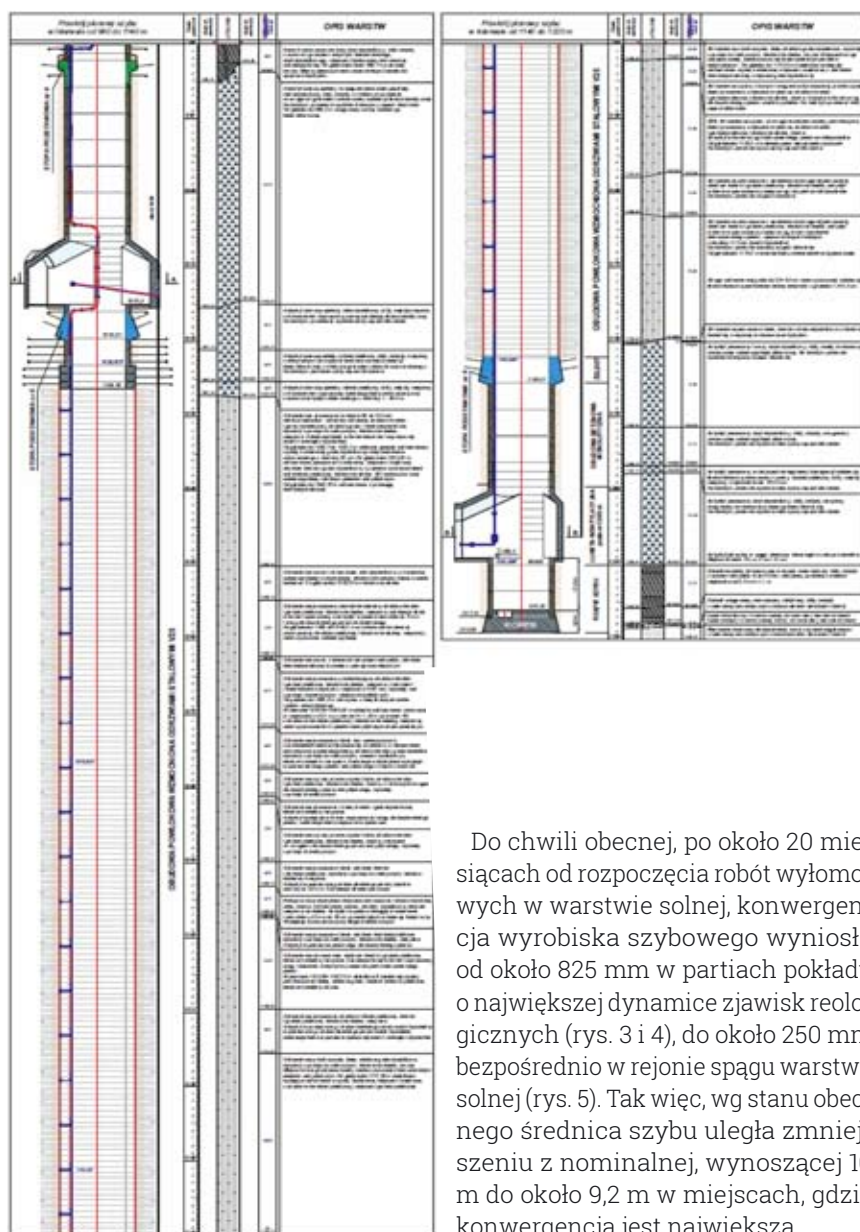
Key words: creeping of the salt bed, contaminated salt, salt utilization, reconstruction shaft, legal aspects

Способ освоивания каменной соли

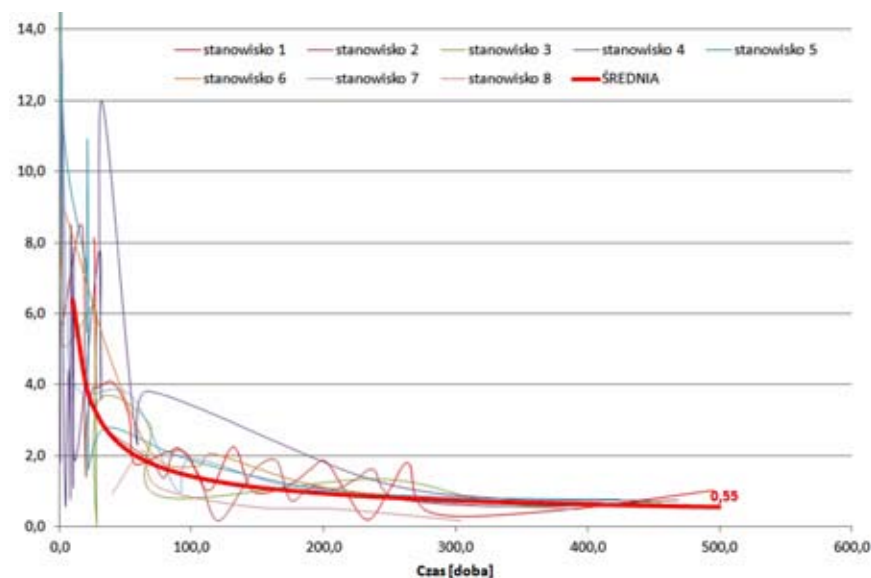
приобретанной перестройкой ствола SW-4 в сольном отложении

Резюме: ствол SW-4 является первым стволом в ЛГОМ в котором в сольных отложениях применено крепёж обеспечивающий влияния реологических процессов наблюдаемых в массиве каменной соли. Определяемая на сегодняшний день динамика этого влияния как тоже то, что в дальнейшем времени действия ствола, процесс этот будет продолжаться переходя фазу так называемого устойчивого пользования, в некое точно определены время будет существовать необходимость перестройки крепёжа ствола в пласте каменной соли. Задачей этой перестройки есть реконструкция первичного сечения горной выработки обеспечивающую данный разрез крепёжа. На основе существующих до сих пор измерений скорости конвекции установлено, что в периоде эксплуатации ствола необходимые будут как минимум три перестройки ствола, первая планирована в 2015 году, а следующие ответственно в годах 2024, 2036. В результате этих перестроек возникнет необходимость утилизации каменной соли отработанного пространства. Соль эта может быть добавочно загрязнена пластмассовым материалом из демонтажа с набрызганным поверхностным крепёже. В статье представлено вопросы связанные с утилизацией этих отходов вместе с юридическими условиями присутствующими в этой процедуре.

Ключевые слова: реология залежи соли, соль загрязнена, утилизация соли, перестройка ствола, юридические аспекты



Rys. 1. Szyb SW-4 w warstwie solnej



Rys. 2. Chwilowa prędkość konwergencji [mm/dobę] wyłomu solnego szybu SW-4 na podstawie wyników pomiarów konwergencji realizowanych na ośmiu stanowiskach pomiarowych od 01.02.2013

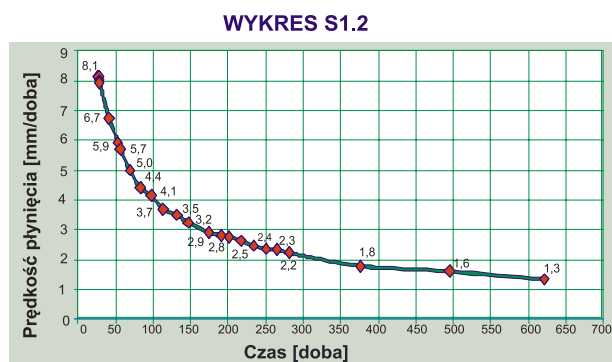
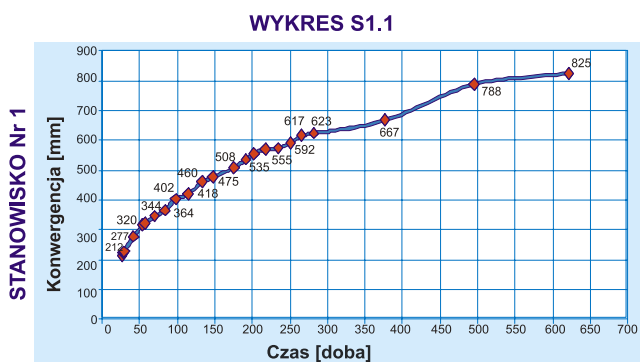
2. Przebudowa szybu SW-4 na odcinku solnym

Obecnie, największym problemem związanym z obecnością soli w obrębie nowo wybudowanego szybu są zatem jej właściwości reologiczne, uwidaczniające się w postaci konwergencji szybu na całym odcinku solnym, której towarzyszy łuszczenie się ociosów solnych. Łuszczenie ociosów solnych jest konsekwencją towarzyszącemu procesowi reologicznego pełzania zjawisku dylatacji. Zjawisko to jest powszechnie obserwowane w wyrobiskach solnych kopalni „Polkowice-Sieroszowice” i przejawia się w pojawianiu się na ociosach oraz stopie wyrobiska płaszczyzn odspojen calizny solnej, grożąc obwałami w wyrobisku. W przypadku szybu SW-4, dopuszczenie do powstania tego zjawiska zagrażałoby bezpieczeństwu jego funkcjonowania. Z tego też względu nadrzędnym celem towarzyszącym procesowi projektowania obudowy szybu na odcinku solnym było pełne zabezpieczenie wyrobiska szybowego obudową spełniającą dwie funkcje. Funkcja pierwsza - izolująca ocios solny od płynącego szybem powietrza oraz migracji w masę solną wód z nieszczelności w obudowie – funkcję tę pełni obudowa powłokowa. Funkcja druga zabezpieczająca wyrobisko szybowe przed skutkami dylatacji masywu solnego – funkcję tę pełni obudowa stalowa, kołowa podatna z profilu V25.

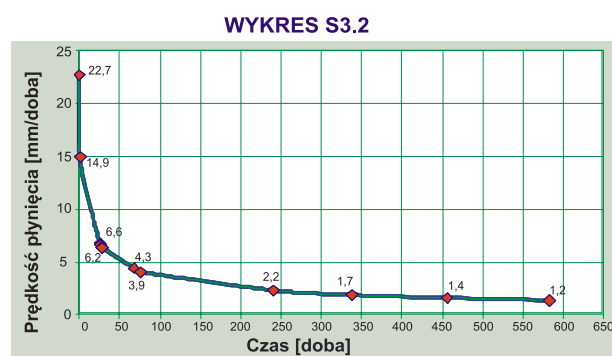
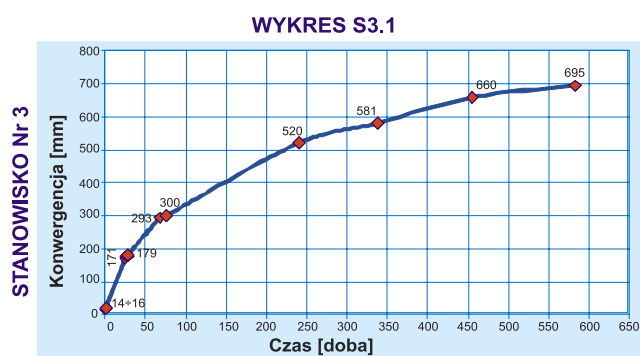
Konsekwencją reologicznego płynięcia oraz dylatacji jest konieczność okresowej przebudowy szybu na odcinku solnym. Każda z przebudów będzie polegała na odtworzeniu pierwotnego przekroju szybu na odcinku solnym wraz z odtworzeniem jego obudowy.

Zakładając, że aktualny stan reologiczny jest już ustalony (0,5 mm/dobę), to można przyjąć, że szyb będzie podlegał cyklicznym przebudowom (co 12 lat). Pierwsza przebudowa wykonana zostanie na początku 2015 r., a następne odpowiednio do końca 2024 r. i 2036 r. W wyniku tych czynności powstawać będą znaczne ilości skruszonej soli kamiennej, która jako odpad wydobywczy będzie składowana na Obiekcie Unieszkodliwiania Odpadów wydobywczych w Jakubowie.

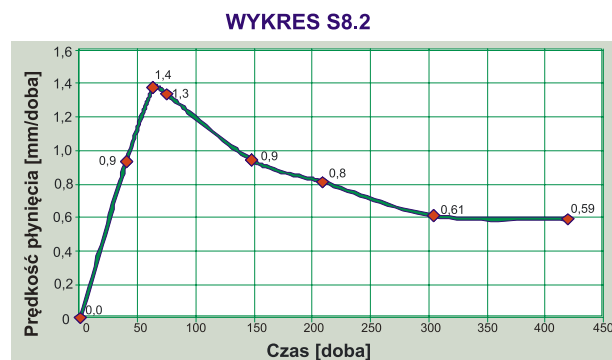
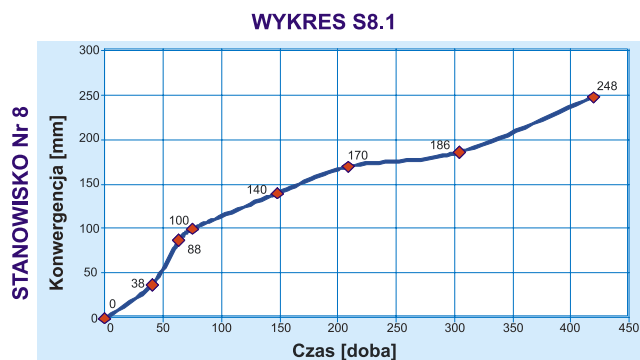
Jak już wcześniej wspomniano, do



Rys. 3. Konwergencja wyrobiska szybowego w warstwie solnej – poz. 1060,7 m



Rys. 4. Konwergencja wyrobiska szybowego w warstwie solnej – poz. 1099,6 m



Rys. 5. Konwergencja wyrobiska szybowego w warstwie solnej – poz. 1174,6 m



Rys. 6. Obudowa powłokowa wzmocniona pierścieniami obudowy stalowej kołowej podatnej

zabezpieczenia ociosów solnych szybu SW-4 zastosowano obudowę kotwowo-powłokową, zabezpieczając dodatkowo ocios solny przed skutkami procesu dylatacji pierścieniami stalowymi z profili V25 tworząc obudowę pierścieniową podatną (Rys. 6). Jako powłokę zabezpieczającą ocios solny przed oddziaływaniem atmosfery panującej w funkcjonującym szybie zastosowano aplikowany natryskowo system składający się z poliuretanowego podkładu Ekopur LS/G (warstwa o grubości ~2 mm), siatki opinkowej z tworzywa sztucznego oraz właściwej membrany zabezpieczającej ocios o grubości warstwy ~5 mm wykonanej z Krzemopuru. Mocowanie siatki do ociosu celem do-

Zestawienie rodzajów wytworzonych odpadów podczas przebudowy szybu SW-4 na odcinku solnym

Tabela 1.

Lp.	Kod i nazwa odpadu	Sposób zagospodarowania
1	01 01 80 Odpady skalne z górnictwa miedzi, cynku i ołowiu – odpad wydobywczy	Unieszkodliwienie przez składowanie na Obiekcie Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych w Jakubowie
2	17 02 03 Tworzywa sztuczne	Przekazanie do odzysku lub unieszkodliwienia uprawnionym odbiorcom
	17 09 04 Zmieszane odpady z budowy, remontów i demontażu inne niż wymienione w 17 09 01, 17 09 02 i 17 09 03	
3	17 04 05 Żelazo i stal z demontażu obiektów budowlanych	Przekazanie do odzysku lub unieszkodliwienia uprawnionym odbiorcom

brego jej z nim powiązania odbywało się z wykorzystaniem gwoździ Hilti. System membrany został dociśnięty łukami obudowy stalowej podatnej (co 0,75 m). Dodatkowo do mocowania systemu w ociosie szybu początkowo użyto wklejane kotwie urabialne z tworzywa sztucznego. W późniejszym okresie z racji niekorzystnych warunków ich pracy w masywie solnym, wynikających z procesów deformacyjnych tam zachodzących (pękające podkładki) zmniejszono długość żerdzi, a kotwy

3. Rodzaj odpadów wytwarzanych podczas przebudowy odcinka solnego szybu

Podczas demontażu wspomnianych elementów obudowy, należy zachować pewien reżim (zgodnie z wymogami ustawy o odpadach i ustawy o odpadach wydobywczych), polegający na systematycznym segregowaniu poszczególnych elementów obudowy oraz skały z robót wyłomowych, tak aby można było nie

17 04 05 po wywiezieniu górnictwem wyciągiem szybowym kubłowym na zrąb szybu będą segregowane na określone grupy, zgodnie z kodem odpadu. Część stalowych elementów obudowy podatnej (segmenty pierścieni, rozporu rurowe) będzie powtórnie wykorzystana jako obudowa szybu po jego przebudowie.

Sposób zagospodarowania odpadów wydobywczych o kodzie 01 01 80 będzie zgodny z opisem w Programie Gospodarowania Odpadami Wydobywczymi (PGOW) dla ZG „Polkowice-Sieroszowice”. Odpady będące skruszoną skałą solną i bryłami po wyciągnięciu na powierzchnię, umieszczane będą w zbiornikach przyszybowych. Zdeponowane odpady sukcesywnie będą z miejsca magazynowania wywożone do OUOW w Jakubowie (rys. 7) lub przekazywane do odzysku lub unieszkodliwiania.

4. Badania odpadów solnych dla potrzeb składowania

Zgodnie z obowiązującymi przepisami okres magazynowania wynosi 1 rok dla odpadów przeznaczonych do unieszkodliwiania (składowania), a 3 lata dla odpadów przeznaczonych dla odzysku.

Przed unieszkodliwieniem na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne każdy odpad musi zostać poddany badaniom (testy zgodności) w sprawie kryteriów dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu zgodnie z Załącznikiem nr 3 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz.U.2013.38). Dla potrzeb składowania odpadów solnych z szybu SW-4 badania takie zostały przeprowadzone.

Odpadowa skała płonna - frakcja soli kamiennej powstająca podczas dołowych robót górniczych związanych z utrzymaniem obudowy szybu na odcinku soli kamiennej. Jest to materiał o dużych rozmiarach o strukturze krystalicznej. Podstawowe własności geotechniczne tej frakcji skały płonnej podano poniżej:

- gęstość objętościowa: 1,97÷2,20 (średnio 2,12) [kg/dm³];



Rys. 7. Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych w Jakubowie w fazie budowy

upodatniono węzem gumowym. Ze względu na deformacje plastyczne ociosu solnego, których konsekwencją jest osłabienie strukturalne masywu solnego i wynikające stąd zagrożenie odpadaniem fragmentów masywu solnego do szybu na przedmiotowym odcinku zastosowano obudowę wspomagającą pracę obudowy powłokowej. Jej zadaniem jest przejmowanie procesu reologicznego pełzania masywu solnego, gwarantując jednocześnie w całym zakresie założonej podatności określoną podporność. Do tego celu zastosowano obudowę stalową kołową.

tylko zminimalizować ilość wytworzonych odpadów (w postaci rozkruszonej soli i soli połączonej z tworzywem sztucznym (np. z powłoką membraną), ale także odzyskać np. część materiału stalowego. W trakcie przebudowy szybu SW-4 wybierana będzie skała w postaci brył solnych (kod odpadu: 01 01 80), powłoka zabezpieczająca ocios, wykonana z poliuretanowego podkładu i siatki opinkowej z tworzywa sztucznego (kod odpadu: 17 02 03 i 17 09 04) oraz stalowe elementy obudowy (żelazo i stal z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych kod odpadu 17 04 05) - Tabela 1.

Podczas pierwszej przebudowy ww. odpady z grup 17 02 03, 17 09 04 oraz

Stężenia zanieczyszczeń w wyciągach wodnych (1:10) frakcji soli kamiennej wielkogabarytowej w odpadowej skale płonnej z szybu SW-4**Tabela 2.**

Oznaczany składnik	Stężenie w wyciągu wodnym [mg/l]	Wymywalność [mg/kg s.m.]
Arsen (As)	<0,001	<0,010
Bar (Ba)	<0,001	<0,0100
Kadm (Cd)	<0,0005	<0,0050
Chrom całkowity (Cr)	<0,003	<0,030
Miedź (Cu)	<0,001	<0,040
Rtęć (Hg)	<0,009	<0,009
Molibden (Mo)	<0,004	<0,040
Nikiel (Ni)	<0,004	<0,040
Ołów (Pb)	<0,01	<0,100
Antymon (Sb)	<0,05	<0,50
Selen (Se)	<0,0013	0,013
Cynk (Zn)	<0,005	<0,050
Chlorki (Cl-)	37500	375000
Fluorki (F-)	<0,1	<1,0
Siarczany (SO42-)	415,1	4151
Rozpuszczony węgiel organiczny (DOC)	3,25	32,5
Stale związki rozpuszczone (TDS)	>99990	>999900
pH	8,2	8,2

Uziarnienie odpadowej soli kamiennej z przebudowy szybu SW-4**Tabela 3.**

Lp.	Klasa [mm]	Udział [%]
1	> 25	20
2	25,0 - 2,5	40
3	2,5 - 1,6	20
4	1,6 - 0,63	10
5	0,63 <	10

- gęstość nasypowa: 0,94 [kg/dm³];
- wilgotność: 1,5÷3,0 [%];
- porowatość: 0,12÷0,19 (średnio 0,17) [%];
- wytrzymałość na ścinanie: 1,5÷35 [MPa];
- kąt tarcia wewnętrzny: 28÷33 [°];
- kohezja: 8,8 [MPa];

Ze względu na rodzaj materiału zamiast konsolidacji wyznaczono:

- współczynnik Poissona: 0,32 [-];
- moduł odkształcenia: 1,65 [GPa];
- ściśliwość przy ciśnieniu 15 MPa wynosi 16,5 [%];
- właściwości geochemiczne (tabela 2);
- uziarnienie (Tabela 3).

Cechą charakterystyczną skały płonnej jest jej zasadowy charakter wynikający z obecności dużych ilości dolomitu i kalcytu. Obecność minerałów węglanowych zapobiega zjawisku zakwaszania środowiska i utleniania siarczków, a tym samym zapobiega ługowaniu metali z odpadów zarówno

no w trakcie transportu, deponowania oraz unieszkodliwiania odpadów skały płonnej w obiekcie unieszkodliwiania. Specyficzny dla złoża LGOM charakter skały płonnej powoduje, że w przypadku unieszkodliwiania odpadów nie ma niebezpieczeństwa generowania kwaśnych odcieków, stanowiących podstawową uciążliwość gospodarowania odpadami wydobywczymi z rud siarczkowych z innych złóż. Ponadto odpadowa skała płonna nie zawiera części palnych. Frakcja skalna skały płonnej nie ulega przemianom wskutek kontaktu z czynnikami atmosferycznymi, natomiast frakcja solna, jako materiał o doskonałej rozpuszczalności w wodzie, ulega rozpuszczeniu pod wpływem wilgoci.

5. Podsumowanie, wnioski

Przedstawione odpady nie należą do grupy odpadów niebezpiecznych, ale ich znaczna ilość stanowi dość istotny problem, z jakim należy dodatkowo się zmagać podczas przebudów szybu. Przy pierwszej przebudowie planuje się częściowe wykorzystanie aktualnie zabudowanych w szybie elementów obudowy stalowej, pozostała część powinna być posegregowana i skierowana na składowiska odpadów. W związku z tym, że w okolicy aktualnie funkcjonuje OUOW

w Jakubowie to nie ma problemu z szukaniem składowiska. Należy mieć jednak świadomość, że wzrastająca z roku na rok dbałość o środowisko narzuca coraz wyższe opłaty za składowanie odpadów, a także wymusza na przedsiębiorcach opracowywanie technologii bezodpadowych. Dlatego też należy zastanowić się jak przy okazji realizacji kolejnych przebudów szybu na odcinku solnym zagospodarować możliwie jak największą ilość powstających odpadów, tak, aby dodatkowo nie generować kosztów za składowanie odpadów. Jednym z rozwiązań jest wykorzystanie skały solnej z procesu przebudowy w procesach technologicznych prowadzonych w wyrobiskach dołowych kopalni, np. jako warstwa profilująca nawierzchnię dróg w wyrobiskach solnych lub podszycie komór. Z tego też względu przy następnych przebudach odcinka solnego szybu sól będzie transportowana na podszycie szybu SW-4 i stamtąd będzie skierowana do komór solnych, gdzie zostanie technologicznie wykorzystana do celów j.w.

Literatura

- [1] Fotografie – Archiwum PeBeKa SA Lubin;
- [2] Decyzja Marszałka Województwa Dolnośląskiego nr PGOW 56/2012 z dnia 11 września 2012 zatwierdzająca program gospodarowania odpadami wydobywczymi wytwarzanymi w KGHM „Polska Miedź” S.A. O/ ZG Polkowice-Sieroszowice w związku z wydobywaniem rudy ze złoża miedzi oraz prowadzeniem obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczymi w Jakubowie;
- [3] Fabich S. z zespołem. Projekt techniczny obudowy i głębinienia szybu SW-4 na odcinku poniżej głębokości 668,7 m. Projekt nr U-0091/NG-1/09, KGHM CUPRUM, Wrocław, 2009 r.
- [4] Fabich S. z zespołem. Projekt obudowy w interwale solnym szybu SW-4 dla wariantu I – obudowa powłokowa”. Etap III. Projekt nr U-088/NG-1/08, KGHM CUPRUM, Wrocław, 2009r.
- [5] Aktualizacja stanu środowiska rejonu lokalizacji szybu GG-1 w Kwielicach wraz z analizą uwarunkowań środowiskowych, CPM „Cuprum-Projekt”, Wrocław, 2011 r.
- [6] Projekt budowlany nowego składowiska dla odpadów wytworzonych podczas głębinienia szybu SW-4 : Raport środowiskowy, KGHM Cuprum CBR Sp. z o.o., Wrocław, 2008 r.
- [7] Program gospodarowania odpadami wydobywczymi dla ZG „Polkowice-Sieroszowice”, KGHM Cuprum sp. z o.o. CBR, Wrocław, 2012 r.
- [8] Szubert A.: Raport środowiskowy dla składowiska odpadów wytworzonych podczas głębinienia szybu SW-4, KGHM Cuprum Sp. z o.o., CBR, Wrocław, sierpień 2008 r.,
- [9] Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r.;
- [10] Ustawa o odpadach wydobywczymi z dnia 16 listopada 2012 r.

Rola badań mineralogicznych

z wykorzystaniem techniki MLA, w analizie produktów procesu wzbogacania na przykładzie i ciągu technologicznego rejonu ZWR Lubin

Michał Garbacki, Katarzyna Raczyńska, Julia Włodek, Bartosz Bazan

1. Wstęp

Proces produkcji miedzi polega na wydzielaniu metalu, który stanowi około 1,6 % masy urobku wydobywanego przez zakłady górnicze w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. Niezbędnym etapem zagospodarowania rudy miedzi jest proces wzbogacania realizowany przez Oddział Zakłady Wzbogacania Rud, którego zadaniem jest możliwie kompleksowe odzyskanie zawartych w rudzie minerałów użytecznych i skierowanie ich w postaci koncentratu miedzi, do przetworzenia w hutach.

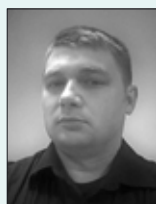
Pozostały po procesie wzbogacania materiał - odpady flotacyjne, które stanowią 94-96% masy wydobytego surowca, deponowane są w Obiekcie Unieszkodliwiania Odpadów Wydobyczych (OUOW) „Żelazny Most” (Kotarska, 2012; Łuszczkiewicz, 2000).

W O/ZWR, w trzech istniejących zakładach (Rejon ZWR Lubin, Rejon ZWR Polkowice, Rejon ZWR Rudna) poddaje się procesom przeróbki mechanicznej trzy współwystępujące typy litologiczne rudy – piaskowcową, węglanową oraz łupkową. Spośród najbardziej powszechnych minerałów kruszcowych miedzi występujących w rudach wy-

różnia się głównie: chalkozyn, bornit, chalkopiryt, kowelin, oraz digenit.

Układ technologiczny każdego z rejonów produkcyjnych O/ZWR przystosowany jest do przerobu innych proporcji poszczególnych typów rud, jako nadawy. Z uwagi na charakter przerabianych nadaw, odpady flotacyjne powstające w poszczególnych rejonach O/ZWR są silnie zróżnicowane pod względem resztkowej zawartości oraz formy występowania minerałów rudnych oraz skałotwórczych (Kotarska, 2012).

Ze względu na postęp technologiczny oraz potrzebę zminimalizowania strat



**inż.
Michał Garbacki**
Starszy Specjalista ds
Mineralogii
KGHM PM S.A. Zakłady
Wzbogacania Rud Polkowice



**mgr inż. Katarzyna
Raczyńska**
Centrum Badań
Jakości S.A.
Lubin



**mgr inż.
Julia Włodek**
Centrum Badań
Jakości S.A.
Lubin



**mgr inż.
Bartosz Bazan**
KGHM International Ltd.,
Ajax Project,
124 Seymour Street,
Kamloops BC Canada

Streszczenie: W artykule opisano obecnie wykorzystywaną metodę analiz litologiczno-mineralogicznych, która ma posłużyć do bieżącej kontroli i optymalizacji procesów technologicznych prowadzonych w Oddziale Zakłady Wzbogacania Rud. Dzięki zastosowanej technice MLA, możliwe było, na podstawie elektronicznie stworzonych nadaw, scharakteryzowanie strat miedzi w odpadach flotacyjnych. Zaznaczono możliwość wykorzystania uzyskanych wyników do dokumentowania aktualnie powstających złóż antropogenicznych w postaci obiektów unieszkodliwiania odpadów.

Słowa kluczowe: SEM, MLA, analizy mineralogiczne, odpady flotacyjne, złoża antropogeniczne

Application of automated mineralogy technics (MLA)

in mineral processing, based on
KGHM division of concentrators
Lubin plant trial

Abstract: This article highlights the value of an on-site Mineral Liberation Analyzer (MLA) technique used nowadays by KGHM Division of Concentrators, to monitor the concentrator performance and identify areas of potential improvement. Thanks to this technique, using electronically blended feed, it was possible to characterize and balance copper losses in flotation tailings. Paper also points additional, possible way of utilization of gained, mineralogical and structural data to document an anthropogenic deposit actually being created from flotation tailings.

Key words: SEM, MLA, mineralogy, tailings, anthropogenic deposit

Роль минералогических исследований с использованием техники МЛА

в анализе продуктов процесса
на примере предприятий
обогащения руды региона Любин

Резюме: В статье указано применяемый в настоящее время метод литологическо-минералогических анализов, который будет использован для оптимизации Предприятий Обогащения Руды. Одновременно, подчеркнута возможность его использования в документировании современно возникающих антропогенических рудных месторождений. Применение этой техники дало возможность, на основании электронно созданных исходных материалов, определить затраты меди во флотационных хвостах.

Ключевые слова: СЕМ, МЛА, минералогические анализы, флотационные хвосты, антропогеническое месторождение, затраты меди.

na etapie przerobczym coraz powszechniej wykorzystuje się techniki analizy mineralogicznej jako narzędzia kontroli jakości rudy. Wśród powszechnie używanych metod stosuje się techniki analizy fazowej takie jak np. dyfrakcja rentgenowska (XRD), metody chemiczne np. atomowa spektroskopia absorpcyjna (ASA), fluorescencja rentgenowska (XRF) oraz metody teksturalno-fazowe takie jak mikroskopia optyczna oraz skaningowa mikroskopia elektronowa z mikroanalizą rentgenowską (SEM-EDS). W ostatnich latach dla usprawnienia identyfikacji minerałów powstają techniki zautomatyzowanej analizy mineralogicznej, w szczególności dedykowanych dla zakładów przerobczych. Najważniejszymi spośród technik integrujących analizy mineralogiczne wraz z metodą SEM-EDS są systemy Mineral Liberation Analyzer oraz QEMSCAN.

W grudniu 2012 r., w ramach projektu „Uruchomienie techniki MLA w zakresie analiz mineralogicznych”, została uruchomiona w Centrum Badań Jakości sp. z o.o. innowacyjna technika SEM-MLA (Mineral Liberation Analyzer). Wykorzystując nowe rozwiązania analityczne pojawiła się możliwość współpracy pomiędzy O/ZWR a CBJ sp. z o.o. z w ramach projektu „Zarządzanie optymalizacją procesu” (ZOP), którego celem jest opracowanie i wdrożenie metodyki zarządzania optymalizacją procesu technologicznego O/ZWR.

System SEM-MLA składa się ze skaningowego mikroskopu elektronowego wraz z wbudowanym detektorem EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) odpowiedzialnym za analizę charakterystycznych promieni rentgenowskich. Wysokoenergetyczna wiązka elektronowa generowana przez źródło emisji polowej bombarduje próbkę punkt po punkcie. W ten sposób wytworzone sygnały są wychwytywane przez odpowiednie detektory: detektor BSE (Backscattered Electrons) umożliwia otrzymanie obrazu w skali szarości na podstawie liczby atomowej pierwiastków, detektor SE (Secondary Electrons) dostarcza informacji na temat morfologii i topografii próbki.

Dzięki oprogramowaniu MLA, współpracując z mikroskopem SEM możliwe jest przetwarzanie danych pomiarowych w mapy minerałów. Aplikacja

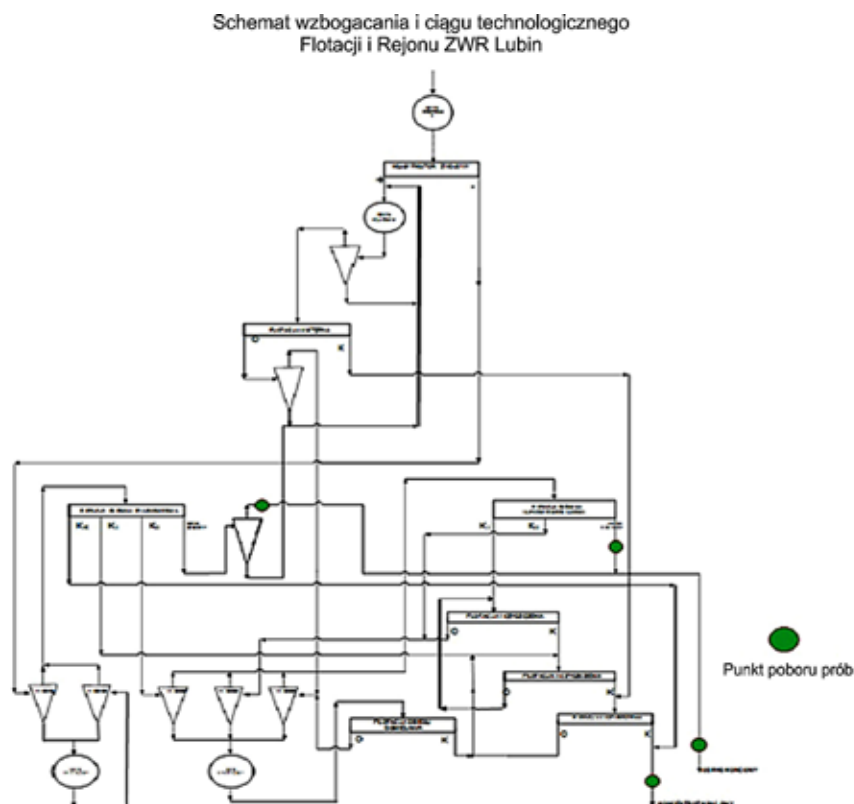
MLA 3.1. składa się z pięciu modułów, umożliwiających pełną analizę litologiczno-mineralogiczną, na które składają się: Mineral Reference Editor (służący do tworzenia Listy Standardowej minerałów w danej próbce), MLA Image Processing (służący do operacji na wynikach uzyskanych z pomiarów na mikroskopie), MLA Data View (prezentacja i wizualizacja danych uzyskanych z pomiaru), MLA System Manager oraz MLA Measurement (służący do programowania trybów pomiarowych). Do analizy chemicznej służy program Esprit. Dzięki analizom na mikroskopie MLA można uzyskać między innymi następujące dane: skład chemiczny próbki, procentowy udział poszczególnych minerałów w próbce, formy występowania minerałów, rozkład pierwiastkowy w poszczególnych minerałach, wielkość minerałów w próbce oraz w poszczególnych klasach ziarnowych. Ustawienia trybu pomiarowego oraz pomiary każdej próbki zależą od rodzaju frakcji, materiału, informacji jaką operator chce uzyskać. W mikroskopie MLA 650FEG można wyróżnić następujące tryby pomiarowe: XBSE, XBSE_STD, GXMAP, SPL, XMOD.

Wykorzystując nowe rozwiązania analityczne w Centrum Badań Jako-

ści sp. z o.o. pojawiła się możliwość współpracy w ramach projektu „Zarządzanie optymalizacją procesu” (ZOP), którego celem jest opracowanie i wdrożenie metodyki zarządzania optymalizacją procesu technologicznego w O/ZWR w oparciu o analizy mineralogiczne MLA. Jako obiekt pilotowy wdrożenia wybrano I ciąg technologiczny w Rejonie ZWR Lubin z uwagi na węglanowo-lupkowy charakter nadawy zdefiniowanej, jako najtrudniej wzbogacalna, kierowanej na ten ciąg.

2. Metodyka

Do analiz mineralogicznych wytypowane zostały 4 strumienie produktów procesu wzbogacania (Rys. 1), dwa główne czyli odpad ostateczny i koncentrat ostateczny oraz odpady składowe: węglanowy i piaskowcowy. Pobór próbek realizowany był w dwóch cyklach: tygodniowym oraz weekendowym. Cykl tygodniowy obejmował pięć serii poborów czterodniowych, kiedy do zakładu dostarczana była ruda z bieżącej eksploatacji. Cykl weekendowy objął pięć serii poborów trzydniowych, kiedy nadawa do zakładów przerobczych pochodziła z magazynu rudy pokruszonej. Próbkę zostały pobrane w okresie od 04 lutego do 07 kwietnia



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów poboru próbek do analiz mineralogicznych

2014 r. W sumie poddano analizie 420 próbek. W celu zminimalizowania błędu przy ręcznym poborze, próbki koncentratu ostatecznego i odpadu ostatecznego wydzielone zostały ze zmianowych próbek bilansowych. Natomiast próbki składowe odpadu ostatecznego wydzielone zostały za pomocą multipleksa ze strumienia odpadu z maszyn flotacji głównej ciągu węglanowego oraz z przelewu baterii hydrocyklonów stanowiącego odpad piasków.

Po każdej serii poborów, uśrednione próbki przekazywano do przygotowania na analizy MLA do Centrum Badań Jakości sp. z o.o. do Oddziału Opróbowania i Przygotowania Prób „Lubin” – JP3.

Zgodnie z obowiązującymi instrukcjami w CBJ sp. z o.o., próbki zostały przesiane na 3 klasy ziarnowe: 0,036 mm, 0,020 mm oraz -0,020 mm. Próbki koncentratu ostatecznego, odpadu ostatecznego, odpadu flotacji głównej węglanów oraz odpadu flotacji głównej piasków zostały dostarczone do Działu Laboratorium Analiz Fizykochemicznych WKJ-4/CK-4/B w Polkowicach w celu przeprowadzenia analizy mineralogicznej. Z przygotowanej próbki wydzielono 2 gramy próbki reprezentatywnej, które zostały połączone w stosunku 1:1 z grafitem o odpowiedniej frakcji. Do wykonania zgładów zastosowano żywicę epoksydową EpoFix.

Do przeprowadzenia analiz mineralogicznych pod skaningowym mikroskopem elektronowym, próbki zostały wypolerowane na polerko-szlifierce firmy Struers i napyłone warstwą węglową.

Analizy mineralogiczne wykonano na skaningowym mikroskopie elektronowym FEI Quanta 650 FEG, który jest wyposażony w system do analizy w mikroobszarze EDS, jak również w detektor elektronów wstecznie rozproszonych (BSE). Natężenie wiązki elektronowej wynosiło 10 nA, napięcie wiązki 25 kV.

W związku z faktem, że badane odpady mogą zawierać znaczne ilości miedzi, srebra oraz innych metali i związków chemicznych, próbki zostały zanalizowane w programie MLA 3.1 w trybie pomiarowym GXMAP, z zadaniem zakresem BSE na minerały siarczkowe.

Tabela 1. Porównanie zawartości wybranych pierwiastków w nadawach pomierzonych i elektronicznych

Element	18.03.2014 Nadawa pobr. %	18.03.2014 Nadawa el. %	05.04.2014 Nadawa pobr. %	05.04.2014 Nadawa el. %
Cu	0.65	1.00	0.75	1.05
Fe	0.48	0.71	0.50	0.76
Pb	0.20	0.52	0.25	0.46
Ca	5.62	6.43	7.82	7.43
Mg	1.95	2.01	2.20	2.32
Si	33.35	31.80	30.54	30.43

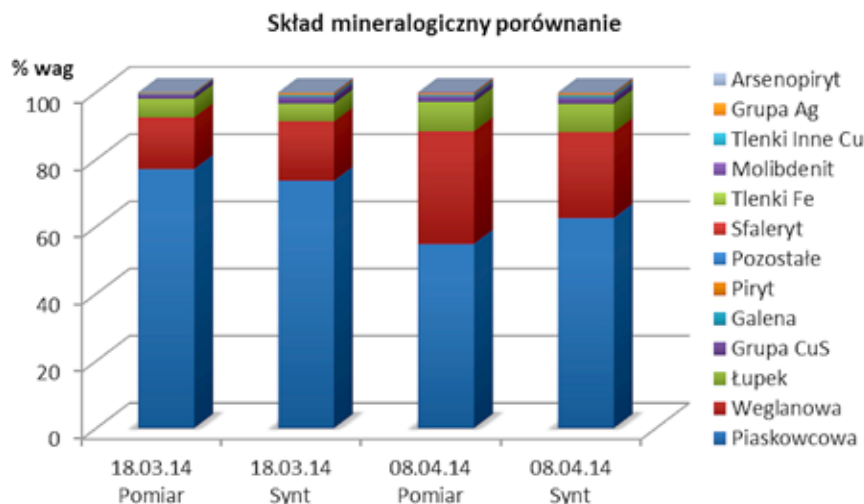
3. Wyniki badań

Wynikiem analizy jest cyfrowy obraz wszystkich ziaren widocznych w analizowanej powierzchni próbki wraz z wydzielonymi ziarnami mineralnymi. Na podstawie analiz opisane są szczegółowe parametry badanego materiału takie jak: gęstość, skład chemiczny, współczynniki kształtu oraz wielkości ziaren i ziaren mineralnych itd. Na ich podstawie możliwe jest określenie między innymi: składu mineralnego próbki, form występowania minerałów, całosciowego składu chemicznego próbki wraz z udziałem procentowym pierwiastków w poszczególnych minerałach, rozkład wielkości ziaren oraz rozkład wielkości minerałów.

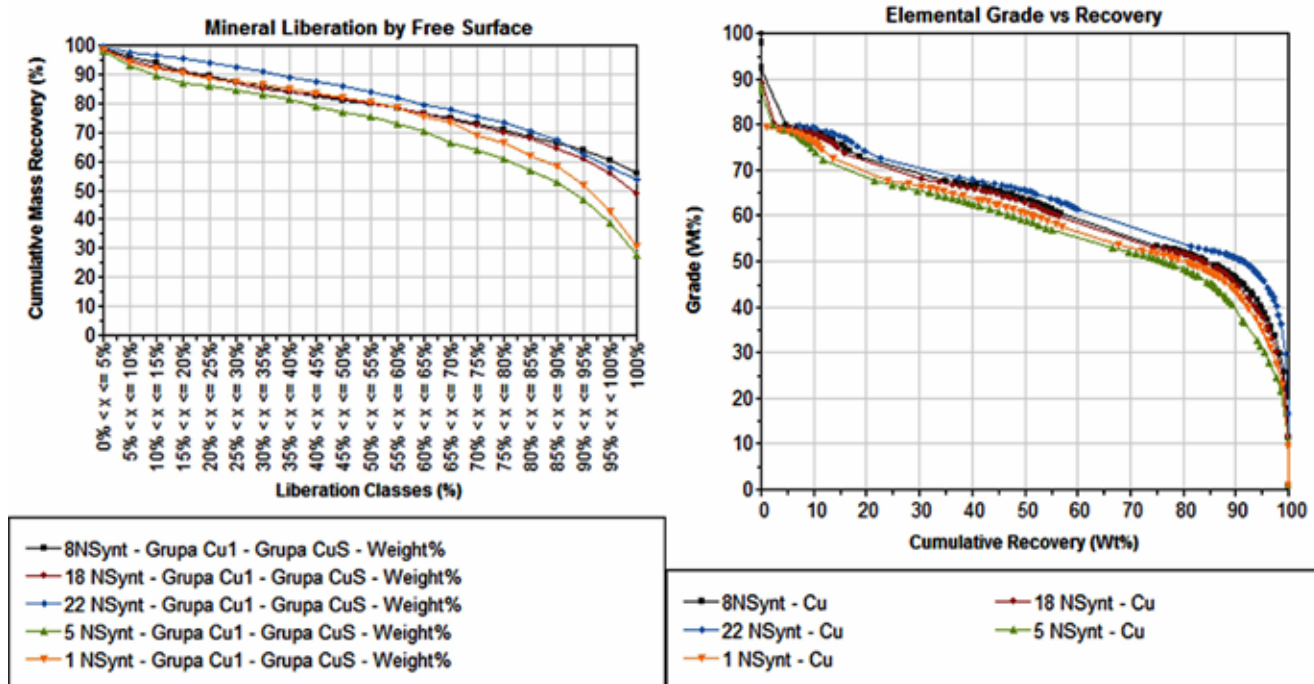
Po wykonanej analizie mineralogicznej na mikroskopie MLA dane zostały poddane obróbce elektronicznej w oprogramowaniu MLA DataView, polegającej na wydzieleniu z wszystkich próbek, z frakcji 0,036 mm, dodatkowej frakcji 0,100 mm. Następnie stworzono elektronicznie próbkę nadawy poprzez złączenie koncentratów i odpadów ostatecznych, proporcjo-

nalnie do wyliczonych wychodów tych strumieni na podstawie oznaczeń chemicznych Cu. Ze względu na dość skomplikowany układ technologiczny I ciągu Rejonu ZWR Lubin, zawierający znaczną ilość zawrotów oraz rozdział na część piaskowcową i węglanową, aproksymowana w ten sposób nadawa nie ma swojego odpowiednika w rzeczywistości. Z uwagi na występujące w obiegu technologicznym zawroty i fakt kumulowania się w nich określonej partii kruszców, zawartość minerałów kruszczowych w stosunku do nadawy ogólnej jest w niej podwyższona (Tabela 1). Różnica w składzie litologicznym między nadawami jest nieznaczna (Rys. 2).

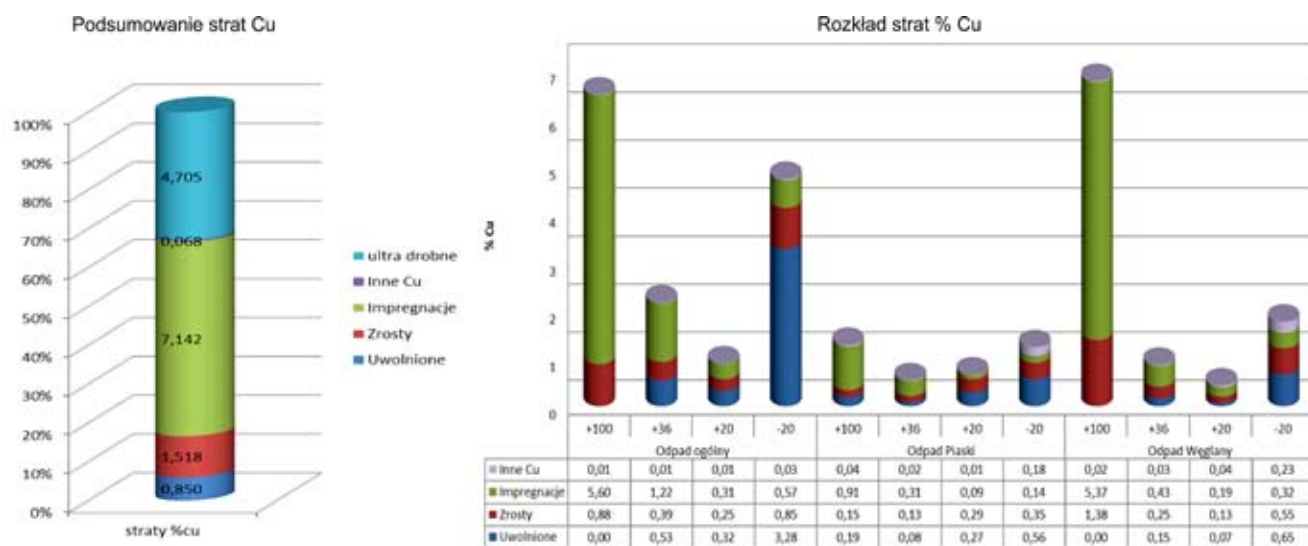
Tak symulowana nadawa pozwala określić przede wszystkim efektywność procesów rozdrabniania i klasyfikacji pod kątem przygotowania materiału do flotacji. Na podstawie określenia stopnia uwolnienia minerałów kruszczowych (Rys. 3 a) w tej nadawie, możliwe jest wyznaczenie teoretycznej krzywej wzbogacalności (Rys. 3b) opisującej jakość przygotowania nadawy we wszystkich stadiach rozdrabniania i klasyfikacji.



Rys. 2. Rozkład poszczególnych minerałów w nadawach pomierzonych i elektronicznych.



Rys. 3. Wykresy przedstawiające stopień uwolnienia minerałów w nadawach syntetycznych, (a). Teoretyczna krzywa wzbogacalności nadaw syntetycznych (b).



Rys. 4 a, b. Analiza strat miedzi w odpadach

Stanowi ona również podstawę do wyliczenia uzysków i zbilansowania strat poszczególnych faz mineralnych, w określonych klasach uwolnienia, dla wybranych frakcji ziarnowych.

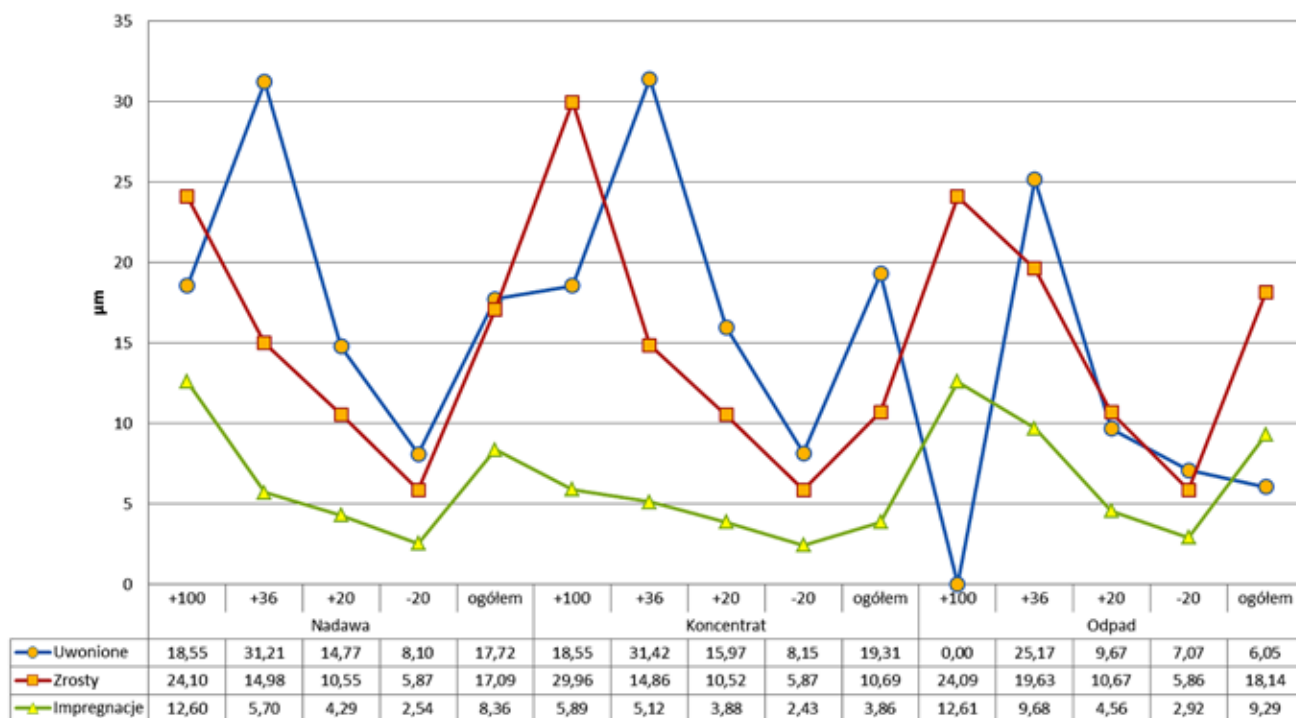
W celu interpretacji wyników analiz mineralogicznych z prowadzonych procesów technologicznych, minerały zostały zaklasyfikowane do poszczególnych grup. W charakterystyce stopnia uwolnienia, wszystkie siarczkowe minerały miedzi zostały pogrupowane w grupę „CuS”, tak aby interpretowana była całkowita, rzeczywista powierzchnia minerałów użytecznych. Pogrupowane zostały również minerały płonne

w grupy reprezentujące dany typy litologiczny rudy.

Interpretacja wyników analiz objęła dwa etapy. W pierwszym etapie opracowany został raport technologiczny, opisujący charakterystykę produktów oraz przebiegu procesu technologicznego z danej serii oprobowania. Interpretacja w głównej mierze oparta była na charakterystyce i zbilansowaniu strat miedzi w odpadach powstających w procesie przeróbki (Rys. 4 a,b). Na podstawie wyliczonych wychodów poszczególnych frakcji ziarnowych i wyznaczonych stopni uwolnienia dla grupy minerałów „CuS” w tych

klasach, wyznaczono rozkład strat Cu w stosunku do ogólnej zawartości Cu w nadawie dla odpadu ostatecznego. Aby zidentyfikować kierunek pochodzenia strat w odpadach ostatecznych (Rys. 4 b) przeprowadzono analizę odpadów składowych. Pozwoliło to na określenie, że straty miedzi (ok. 50% strat stanowiących 7,1% miedzi ogólnej wprowadzonej do procesu w prezentowanym okresie) związane były z impregnacjami minerałów kruszcowych głównie w klasach ziarnowych powyżej 0,036 mm oraz w klasie poniżej 0,020 mm, w większości w formie uwolnionej (ok. 32% strat stanowiących

Średnia wielkość minerałów Cu



Rys. 5. Rozkład średniej wielkości minerałów w grupie CuS

4,7% miedzi ogólnej wprowadzonej do procesu w prezentowanym okresie).

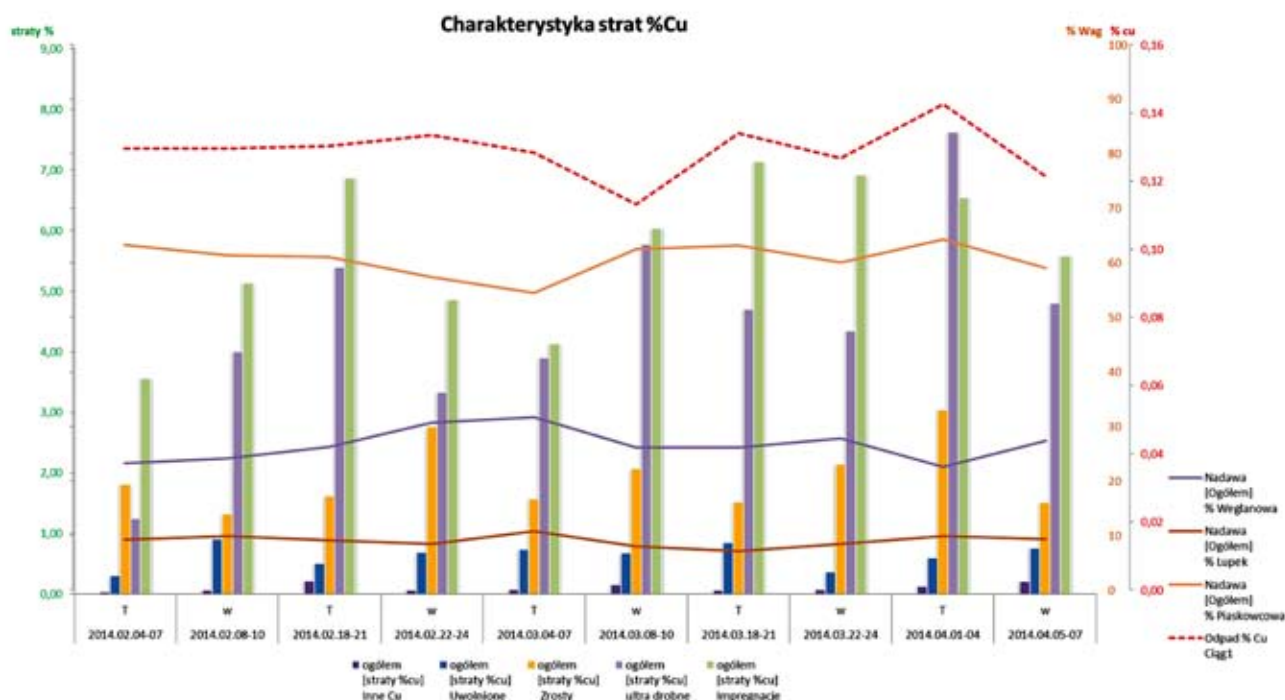
Biorąc pod uwagę składowe odpadu ostatecznego widać, że głównym źródłem pochodzenia strat w impregnacjach jest strumień węglanowy. Straty we frakcjach, w formie uwolnionych minerałów miedzi, rozkładały się stosunkowo równomiernie między

oba odpady składowe z niewielką tendencją wzrostu ku strumieniowi piaskowcowemu.

Rozwijając aspekt impregnacji minerałów grupy CuS w odpadach wyznaczono średnie wielkości tych minerałów, których rozkład przedstawiono na Rys 5.

Występujące w odpadzie impregna-

cje siarczoków związane są z bardzo drobną mineralizacją a nie wynikają z nieprawidłowego reżimu w procesach mielenia i klasyfikacji. Uwagę natomiast przykuwają straty we frakcji 0,036 mm, w grupie uwolnionych minerałów miedzi, gdzie średnia ich wielkość wskazywałaby na możliwość ich flotacji, a mimo wszystko przedo-



Rys. 6. Wykres przedstawiający wpływ litologii nadaw na wielkość i charakter strat miedzi w odpadach

stały się w znaczącej ilości do odpadu. Może to świadczyć o spadku skuteczności procesu flotacji w analizowanym okresie.

W celu identyfikacji obszarów perspektywicznych pod kątem optymalizacji procesu technologicznego, zebrano chronologicznie dziesięć powstałych raportów z poszczególnych serii opróbowań. Umożliwiło to wytyczenie trendów i wzajemnych zależności między mierzonymi parametrami (Rys. 6). Docelowo, w zakresie projektu ZOP, stworzona w ten sposób baza danych mineralogicznych skorelowana będzie z gromadzonymi danymi technologicznymi, umożliwiając w ten sposób statystyczną analizę przyczynowo-skutkową na wielu płaszczyznach.

Utworzona pilotażowa baza danych posłużyła do scharakteryzowania strat w dwóch cyklach pomiarowych (Rys. 7), które podzielono na cykl tygodniowy (T) i cykl weekendowy (W). Założeniem takiego podziału było sprawdzenie, czy ruda składowana w magazynie rudy pokruszonej, przerabiana podczas weekendowego postoju kopalni ulega utlenieniu, tym samym generując straty miedzi w odpadach.

Przedstawione porównania strat, będące wynikiem analiz obu cykli nie wykazało znaczących różnic w ich rozkładzie, a utlenione związki miedzi przedstawione na wykresie jako „inne Cu” stanowią odpowiednio 0,92% dla cyklu weekendowego i 0,86% dla cyklu tygodniowego.

3. Podsumowanie

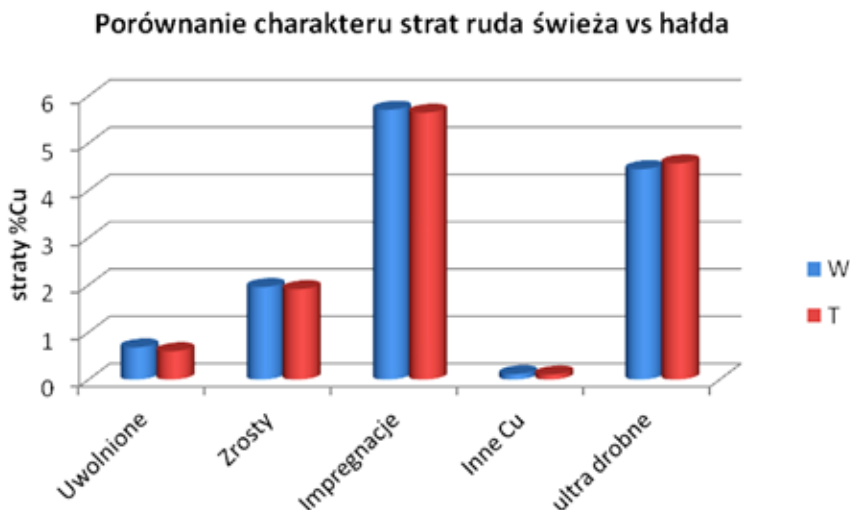
Wdrożenie metody zautomatyzowanej analizy litologiczno-mineralogicznej w Centrum Badań Jakości sp. z o.o. umożliwia szczegółową analizę jakościowo-ilościową rud miedzi i produktów jej przerobu, dając szansę na wgląd w dotychczas niedostępne aspekty procesu. Uruchomiony w O/ZWR projekt ZOP, którego głównym zadaniem jest opracowanie metodyki wykorzystania analiz mineralogicznych, zakłada, że dane mineralogiczne będą na bieżąco gromadzone i wykorzystywane do monitorowania między innymi odpadów flotacyjnych na wszystkich rejonach O/ZWR.

Odpady flotacyjne są dominującym rodzajem odpadów wytwarzanych w górnictwie miedzi i stanowią około 94 % ich masy. Mimo podjętych wielu prób, między innymi: budowy dróg i autostrad (wykorzystanie mączki mineralnej), produkcji bentonitów górniczych, betonu ciężkiego, doszczelniania zrobów zwałowych, podsadzania pustek poeksploatacyjnych oraz technologii lityfikacji (Łuszczkiewicz, 2000), nie ma jednoznacznie zdefiniowanej technologii ich wykorzystania w innych dziedzinach przemysłu.

Jedną z koncepcji wykorzystania odpadów flotacyjnych jest potraktowanie obiektów unieszkodliwiania odpadów, takich jak Żelazny Most, lub ich części jako złóż antropogenicznego (Łuszczkiewicz, 2000) stanowiącego potencjalną rezerwę surowcową. Kryterium nadrzędnym, do wykorzy-

stania OUOW „Żelazny Most” pozostaje jakość surowcowa, która zależy od wielu czynników między innymi znajomości składu mineralnego.

Słabą stroną złóż antropogenicznych jest niewielka ilość danych dotyczących właściwości surowców skladowanych (Ratajczak, 2009). Analizy mineralogiczne odpadów flotacyjnych prowadzone na wszystkich rejonach O/ZWR mogą stanowić cenne źródło informacji o charakterystyce powstającego złoża.



Rys. 7. Charakterystyka strat miedzi w odpadach – w cyklu tygodniowym (T) i w cyklu weekendowym (W)

Bibliografia

- [1] Kijewski P., Downorowicz S., 1987, Odpady flotacyjne rud miedzi jako potencjalna rezerwa surowcowa, *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 19, 205-211.
- [2] Kotarska I., 2012, Odpady wydobywcze z górnictwa miedzi w Polsce – bilans, stan zagospodarowania i aspekty środowiskowe, *Cuprum* nr 4 (65), 2012.
- [3] Łuszczkiewicz A., 2000, Koncepcje wykorzystania opadów flotacyjnych z przeróbki rud miedzi w regionie legnicko-głogowskim, *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*.
- [4] Ratajczak T., Hycnar E., Jończyk W., 2009, Złóża antropogeniczne a wartość surowcowa zgromadzonych kopalni na przykładzie KWB „Bełchatów” SA, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 33, Zeszyt 2.

Problemy niezawodności dużych transformatorów

uszkodzalność, przyczyny, diagnostyka

Waldemar Olech, Halina Olejniczak, Daniel Pawłowski

1. Wstęp

Utrzymanie wysokiej dyspozycyjności transformatorów stanowi podstawowe zadanie personelu zarządzającego ich eksploatacją. Niezawodność pracy tych urządzeń wymaga sprawności wszystkich elementów tworzących całość konstrukcji. Są to: obwód magnetyczny, uzwojenia i układ izolacyjny papierowo-olejowy, struktury mechaniczne, system chłodzenia, podobciążeniowy przełącznik zacze- pów, izolatory przepustowe oraz system zabezpieczeń, sterowania i monitoringu.

W krajowej energetyce eksploatacja transformatorów prowadzona jest zgodnie z procedurami Ramowej Instrukcji [1], która wyróżnia w zależności od mocy i napięć, trzy grupy transformatorów olejowych. Liczba pracują-

cych jednostek zakwalifikowanych do grupy I wynosi ok. 500 sztuk. Te, które zainstalowane są w elektrowniach i elektrociepłowniach mają moc od 100MVA do 670MVA, z czego przeszło 50% populacji stanowią transformatory do bloków 200MVA.

Z kolei, transformatory eksploatowane w krajowych sieciach energetycznych mają moc od 100MVA do 500MVA, przy czym największa grupa to autotransformatory 160MVA produkowane w kraju już od ponad 40 lat.

Ilość transformatorów zaliczanych natomiast do grupy II szacuje się na ok. 3 tys. Najliczniejszą populację w polskiej energetyce stanowią jednak transformatory rozdzielcze III grupy, których ilość określić można na ok. 250 tysięcy.

Struktura wiekowa tych urządzeń w obrębie wszystkich trzech grup jest bardzo zróżnicowana, przy czym

znaczna ich część, stanowiąca blisko 40% to jednostki o długim stażu pracy, często ponad 30-letnim. Wśród nich transformatory grupy I, które traktowane są jako strategiczne, charakteryzują się przestarzałymi konstrukcjami zarówno uzwojeń (słaba wytrzymałość dynamiczna), jak i rdzeni (konstrukcje wieloramowe o stosunkowo wysokim poziomie strat). Ponadto, występują w nich pewne problemy eksploatacyjne, do których należą głównie: częściowe zesterzenie i zawilgocenie układów izolacyjnych. Za dalszym utrzymaniem ich w ruchu przemawia duży zapas bezpieczeństwa wynikający zarówno z przewymiarowanej konstrukcji, jak i braku oznak termicznego wykorzystania izolacji stałej [2, 3]. Dlatego też, dla doraźnej poprawy ich stanu technicznego i wydłużenia żywotności prowadzone są niezbędne prace konserwacyjno-remontowe w dość szero-



Waldemar Olech

Zakład Pomiarowo-
-Badawczy
Energetyki
ENERGOPOMIAR –
ELEKTRYKA Spółka
z o.o. Gliwice



Halina Olejniczak

Zakład Pomiarowo-
-Badawczy
Energetyki
ENERGOPOMIAR –
ELEKTRYKA Spółka
z o.o. Gliwice



Daniel Pawłowski

Zakład Pomiarowo-
-Badawczy
Energetyki
ENERGOPOMIAR –
ELEKTRYKA Spółka
z o.o. Gliwice

Streszczenie: Wybrane problemy niezawodności dużych transformatorów. Najważniejsze przyczyny ich niedomagań, uszkodzeń i awaryjnych wyłączeń podczas eksploatacji. Narażenia decydujące o rozwoju uszkodzeń, nieuchronnie prowadzących do awarii. Metody badań, interpretacja wyników, strategia postępowania, kryteria oceny. Optymalny program diagnostyki w układach off-line i on-line. Przykłady. Wnioski. Literatura.

Problems of the operational reliability of high-power transformers

breakdowns, causes, diagnostics

Abstract: Some selected problems of the operational reliability of transformers. Most important causes of their malfunctioning, breakdowns and emergency shut-off. Risks deciding of the development of defects invariably leading to the breakdown. Methods of evaluation, interpretation of data, strategies of action, evaluation criteria. Optimal on-line and off-line diagnostics programmes. Results, literature.

Проблемы надежности мощных трансформаторов

поврежденность, причины, диагностика

Резюме: Избранные проблемы надежности больших трансформаторов. Основные причины их недостатка, повреждений и аварийных отключений во время эксплуатации. Факторы развития дефектов, неизбежно ведущих к аварии. Методы испытаний, интерпретация результатов, стратегии управления, критерии оценки. Оптимальная диагностическая программа в системах офф-лайн и он-лайн. Примеры. Выводы. Литература.

kim zakresie, tym bardziej, że wymiana tej populacji transformatorów na nowe przebiega powoli, głównie ze względów ekonomicznych [3].

I tak, w przypadku jednostek do bloków 200MVA przeprowadzono szereg prac modernizacyjnych, które objęły: zmianę konstrukcji uzwojeń i izolacji, układu chłodzenia, ekranowania kadzi (wymiana ekranów miedzianych na magnetyczne), obniżenie poziomu strat, a także zwiększenie mocy z 240MVA na 263MVA lub 270MVA.

Nadto, niektóre transformatory blokowe wykonano w wersji przełączalnej, dającej możliwość wyprowadzenia mocy przy napięciu 110kV lub 220kV [3].

Dotychczasowe prace przyniosły korzystne rezultaty, takie jak eliminacja przegrzań: ekranów, blach rdzenia, pierścieni ekwipotencjalnych, a także zwiększenie wydajności układu chłodzenia. Pomimo szeregu pozytywnych rezultatów tych działań, nadal jednak stwierdza się w części transformatorów poddanych modernizacji lub renowacji poprawiającej ich stan, występowanie defektów oraz uszkodzeń.

Znaczny wpływ na problemy związane z niezawodnością transformatorów blokowych – w tym również jednostek zmodernizowanych – ma ograniczenie lub niewłaściwe prowadzenie badań diagnostycznych, a także zła interpretacja wyników. Sytuację pogłębiają również zapisy ustawy „Prawo zamówień publicznych”, którymi należy się kierować przy zlecaniu badań. Są one hamulcem jakości ich wykonania, głównie ze względu na stosowanie ceny, jako jedyne kryterium wyboru ofert.

Nadto, niektóre umowy ubezpieczenia są tak sformułowane, że nie stanowią uzasadnionej podstawy do wyłączenia transformatora z eksploatacji celem uniknięcia awarii, jak i wykorzystania kwoty odszkodowania dla pokrycia kosztów jego remontu.

Typowe jest też ograniczanie nakładów nie tylko na personel i obsługę transformatorów, ale także eliminowanie niezbędnych do wykonania czynności konserwacyjno-rentowych. Jak wynika z omówionych, aktualnych uwarunkowań problemy związane z diagnostyką transformatorów w eksploatacji, zarówno od strony

technicznej, jak i ekonomicznej stają się ważnym i pilnym zadaniem do rozwiązania, szczególnie przy konieczności zachowania niskiego poziomu ryzyka wystąpienia awarii.

2. Przyczyny niedomagań i uszkodzeń transformatorów

Tabela 1. Najczęstsze uszkodzenia transformatorów dużej mocy w energetyce krajowej

Miejsce uszkodzenia	Uszkodzenia wewnętrzne stwierdzone podczas oględzin wewnętrznych
„Układ izolacyjny Uzwojenia i odpływy”	Uszkodzenia dynamiczne i zwarcia zwojowe wywołane strumieniem rozpraszania i lokalnymi przegrzaniem. Uszkodzenia pierścieni potencjalnych oraz przebicia między elementami konstrukcyjnymi odpływów. Uszkodzenie uzwojeń w miejscach przepleceń. Przegrzanie i przepalenie odpływów uzwojeń. Usterki i uszkodzenia wskutek wad materiałowych lub przepięć. Zestarczenie oraz zawilgocenie izolacji papierowo - olejowej. Częstki przewodzące w oleju. Obecność siarki korozyjnej.
Obwód magnetyczny	Uszkodzenia izolacji między pakietami blach rdzenia. Brak lub usterki uziemień elementów konstrukcyjnych. Grzanie pólce belek jarzmowych oraz sworzní ściągających kolumny. Uszkodzenia izolacji sworzní ściągających jarzma i kolumny. Zwarcia oraz doziemienia między elementami konstrukcyjnymi rdzenia, a kadzią.
Podobieżeniowy przełącznik zaczepów	Przegrzanie elementów wybieraka. Uszkodzenia przerzutnika mocy. Usterki i wady napędu przełącznika mocy. Uszkodzenia elementów konstrukcyjnych: przekładni, tulei i innych. Zwarcia lub przerwy na stykach przełącznika. Usterki sprężyn napędu. Wadliwie wykonane przeglądy okresowe lub ich brak.
Izolatory przepustowe	Pęknięcie porcelany izolatorów spowodowane wadami materiałowymi lub czynnikami zewnętrznymi, palenie się łuku, grzanie poluzowanych połączeń śrubowych. Wycieki oleju wskutek wad montażowych lub złej jakości uszczelki. Wyładowania niepełne i zupełne wewnątrz izolatorów. Zestarczenie oraz zawilgocenie izolacji. Eksplozja na skutek nagromadzonego (stopniowo lub gwałtownie) gazu.
Kadź	Przebiegi oleju na uszczelkach głównych elementów konstrukcyjnych. Grzanie się elementów kadzi. Luźne zamocowanie ekranów miedzianych. Luźne ekrany na śrubach spychowych prasujących uzwojenia GN i DN. Niewłaściwe rozmiary ekranów kadzi i pokrywy oraz uszkodzenia mechaniczne.
Inne	Wadliwe działanie zabezpieczeń. Usterki osprzętu transformatora, układu chłodzenia, sterowania i sygnalizacji oraz inne.

Dla każdego z wymienionych elementów, których stan techniczny wpływa na niezawodność transformatora, proponuje się odpowiedni zestaw badań diagnostycznych. Więcej informacji zawierają publikacje [1, 4, 7].

W tabeli 1 zestawiono najczęstsze przyczyny i skutki awarii oraz uszkodzeń dużych transformatorów, głównie blokowych, z wyróżnieniem miejsca ich wystąpienia zlokalizowanego na podstawie oględzin wewnętrznych dokonanych w latach 2004-2014. Powstanie niektórych defektów było sygnalizowane już wcześniej wynikami prowadzonych badań diagnostycznych, choć w pewnych przypadkach uszkodzenie wystąpiło nagle, w sposób nieprzewidywany i to pomimo uzyskiwanych pozytywnych rezultatów pomiarów okresowych.

Niestety, wśród tej grupy odnotowano również jednostki nowe i zmodernizowane, które w fabryce przeszły próby z wynikiem pozytywnym, a pomimo tego, z niezrozumiałych przyczyn uległy awariom, głównie z powodu uszkodzeń układów izolacyjnych w początkowym okresie eksploatacji. Wyjaśnienie przyczyn w niektórych przypadkach, przy pomocy wnikliwych badań prowadzonych dostępnymi me-

todami, okazało się trudne [5, 6].

Nasuwa się pytanie, czy wykonywane pomiary w ramach dotychczasowego programu badań diagnostycznych są wystarczające do właściwej oceny stanu technicznego transformatorów. Rozważyć należy także, czy wydłużanie czasu eksploatacji znacznie ponad przewidziany przez projektantów okres nie stwarza dodatkowego ryzy-

ka wskutek wzrastającej z upływem czasu podatności na uszkodzenie i to pomimo uzyskiwanych wyników badań w trybie off-line nie wykazujących końca ich użytkowania.

Stąd, uzasadnione jest przyjęcie odpowiedniego programu oceny stanu technicznego, dostosowanego do wykrycia tzw. narażeń decydujących, a więc czynników wpływających na: obniżenie zapasów trwałości, ujawniających pojawienie się usterki w realnych warunkach eksploatacji, dynamikę narastającego zagrożenia i przewidywane skutki prowadzące do uszkodzenia z uwzględnieniem cech konstrukcyjnych transformatora. Dokonanie wyboru odpowiednich metod badań diagnostycznych, które służą określeniu przewidywanych i istniejących zagrożeń transformatora, stosowanych w okolicznościach, kiedy zachodzi po temu rzeczywista potrzeba jest ważnym i aktualnym zadaniem.

3. Narażenia decydujące w eksploatacji transformatorów

Niżej omówiono doświadczenia uzyskane na podstawie obserwacji i badań uszkodzonych transformatorów – głównie grupy I – pracujących w elektrowniach i elektrociepłowniach w ostatnim 15-leciu. Wyniki badań eksploatacyjnych oraz oględziny wewnętrzne uszkodzonych jednostek umożliwiły wyróżnienie narażeń, które decydują o rozwoju zagrożenia poza margines bezpieczeństwa, który nieuchronnie prowadzi do awarii. Analiza tych przypadków oraz wyniki pomiarów i badań laboratoryjnych umożliwiły przedstawienie metod diagnostycznych najbardziej przydatnych do określenia rozwijających się defektów, istotnych nieprawidłowości i narastających zagrożeń transformatorów.

Zarówno dla znanych już, jak i nowo powstałych w ostatnich latach narażeń decydujących (siarka aktywna w olejach korozyjnych, obecność cząstek przewodzących w izolacji cieplej transformatorów o materiałoozczędnej konstrukcji), dokonano w ZPBE Energo pomiar - Elektryka:

- doboru odpowiednich technik pomiarowych,
- opracowania metod badań i właściwej interpretacji wyników oraz kryteriów oceny,
- oceny zagrożenia wywołanego rozpoznaniem uszkodzeniem, a także propozycji strategii dalszego postępowania z transformatorem.

3.1. Układ izolacyjny (uzwojenia, odpływy)

Powstanie defektów układu izolacyjnego transformatora wywołane jest różnymi przyczynami, zależnymi nie tylko od rodzaju transformatora (blokowy, sieciowy) lecz również konstrukcji oraz warunków i czasu jego eksploatacji. Wśród nich wyróżnić można takie, które:

- prowadzą do uszkodzenia przy napięciu roboczym,
- związane są ze szczególnymi warunkami pracy takimi jak przeciążenia, czy przebiegi (piorunowe, komutacyjne lub łączeniowe) oraz
- wynikają z długiego okresu eks-

ploatacji, osłabienia częściowo zużytej izolacji, zawilgocenia, a także występowania wyładowań niezupełnych już przy napięciu roboczym oraz innych destrukcyjnie działających czynników, w tym również braku prowadzenia prac konserwacyjno-remontowych lub ich niewłaściwej jakości.

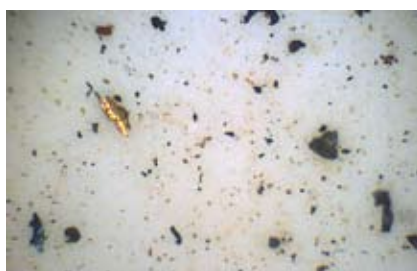
Niżej omówiono ważniejsze przyczyny narażeń układu izolacyjnego transformatorów mocy.

Cząstki przewodzące

Cząstki zanieczyszczeń stałych, szczególnie przewodzące (metale, tworzywa, węgiel, mokre włókna celulozy itp.) zawieszone w oleju i znajdujące się na powierzchni izolacji stanowią poważne zagrożenie. Przy napięciu roboczym, zwłaszcza w przypadku jednostek o wymuszonym obiegu oleju [5], zanieczyszczenia mogą wędrować pod wpływem pola elektrycznego i odkładać się w strefach jego zwiększonego natężenia.

Typowym źródłem tych cząstek jest niestaranny montaż podczas produkcji lub niewłaściwa obróbka oleju, a w eksploatacji zużywające się różne materiały konstrukcyjne, łożyska pomp, migracja węgla ze styków PPZ, a także z obszaru lokalnych przegrzań.

Na Fot. 1 obraz mikroskopowy (w powiększeniu 100-krotnym) typowych zanieczyszczeń stałych występują-



Fot. 1. Opilki miedzi i zaoksydowanego żelaza, włókno celulozy oraz drobne silikaty (ziarna piasku) i cząstki węglowe



Fot. 2. Ślady wypalenia na odpływach fazy A i B biegnących do wyprowadzeń na klatce wybierakowej przełączników zaczepów – widok po otwarciu transformatora i odizolowaniu żył

cych w oleju pracujących transformatorów.

Zdaniem ekspertów, cząstki przewodzące były przyczyną awarii kilku dużych transformatorów grupy I poddanych modernizacji. Jako przykład może posłużyć uszkodzenie autotransformatora 160MVA, które wystąpiło na odpływach biegnących do zacisków klatki wybierakowej przełącznika zaczepów. Pomimo dobrej wytrzymałości dielektrycznej oleju oraz bezpiecznej odległości pomiędzy uszkodzonymi elementami nastąpiło przebicie spowodowane obecnością zanieczyszczeń metalicznych (mosiądz, miedź) nagromadzonych w obszarze największego natężenia pola elektrycznego.

Na Fot. 2 widoczne są ślady wypaleń na odpływach fazy A i B uzwojenia GN.

Zagrożenie, jakie stanowią cząstki zanieczyszczeń stałych jako jednego z kluczowych czynników zmniejszających wytrzymałość elektryczną izolacji transformatora minimalizuje obróbka oleju realizowana z zastosowaniem odpowiednio dobranych filtrów, które skutecznie zatrzymują na swojej powierzchni niepożądane cząstki.

Produkty starzenia oleju i izolacji papierowej

Główną przyczyną degradacji oleju podczas eksploatacji jest utlenianie. Początkowe zmiany ograniczają się



Tabela 2. Przyczyny i skutki starzenia się izolacji papierowo-olejowej transformatorów

Czynniki sprzyjające starzeniu	Produkty starzenia (rozkładu) izolacji:		Skutki starzenia się układu izolacyjnego
	olejowej	papierowej	
• pole elektryczne • tlen • wilgoć • temperatura • wpływ materiałów konstrukcyjnych	• niewielkie ilości gazowych produktów rozkładu • nadtlutki • alkohole • woda • kwasy • ketony • estry • mydła • nierozpuszczalne produkty starzenia	• woda • tlenek węgla • dwutlenek węgla • związki pochodne furanu • krótkie łańcuchy celulozy	• pogorszenie właściwości oleju • zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej papieru • pogorszenie chłodzenia • przegrzania • przebiecie układu izolacyjnego • zmniejszenie żywotności transformatora

do pogorszenia właściwości dielektrycznych oleju, a następnie w wyniku rozkładu węglowodorów tworzących jego strukturę powstają: wolne rodniki, alkohole, woda, aldehydy, ketony i kwasy organiczne. W zaawansowanych etapach starzenia tworzą się zawiesiny koloidalne, substancje żywiczne i woski oraz wytrąca się osad, który blokuje kanały chłodzące, a także osadza się na powierzchni papieru izolacyjnego. Następstwem tego są stale pogarszające się warunki oddawania ciepła oraz obniżenie wytrzymałości dielektrycznej układu izolacyjnego transformatorów.

W tabeli 2 wymieniono najważniejsze czynniki sprzyjające utlenianiu oraz negatywne skutki tego procesu.

Doświadczenia wykazały, że niekorzystne zmiany dla izolacji mogą zachodzić już przy kwasowości ok. 0,1mgKOH/g oleju [4,5]. Procesy degradacji oddziałują na siebie wzajemnie, prowadząc także do skrócenia żywotności izolacji papierowej, która w środowisku kwaśnym, przy jednocześnie utrudnionej konwekcji ciepła spowodowanej przylegającą warstwą osadu ulega szybszej destrukcji. Powoduje to pogarszanie właściwości mechanicznych i zwiększenie kruchości celulozy, której bezpośrednią miarą jest stopień polimeryzacji DP, natomiast pośrednią związki furanu, które powstają na skutek termicznego i hydrolitycznego

rozkładu papieru. Częściowo rozpuszczają się one w oleju, a ich stężenia można oznaczać metodą chromatografii cieczowej, obserwując pośrednio pogłębianie się negatywnych zmian starzeniowych w izolacji stałej.

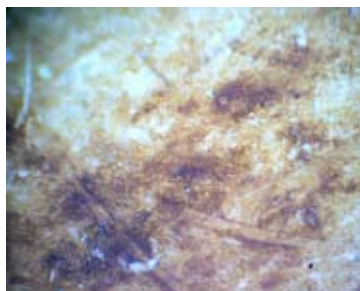
Na Fot. 3 pokazano przykład osadu wytrąconego z oleju, pokrywającego powierzchnię izolacji papierowej na odpływach uzwojenia regulacyjnego transformatora o długoletniej eksploatacji.

Czynnikiem ujawniającym zagrożenie były wyniki analiz DGA, wskazujące na niskotemperaturowe przegrzanie, charakteryzujące się stałym przyrostem gazów w miarę zwiększenia się ilości osadu na części aktywnej transformatora. Obok pokazano widok mikroskopowy fragmentu papieru izolacyjnego pokrytego stałymi produktami zesterzenia oleju.

W zakresie zagrożeń wywołanych starzeniem się oleju przyjmuje się, że stan, w którym wytrąca się osad z izolacji ciekłej, powinien być wskazaniem do jej wymiany lub regeneracji przywracającej odpowiednie właściwości. Warunkuje to bowiem dobrą kondycję izolacji stałej i zapobiega skutkom zesterzenia papieru, które mogą doprowadzić do zwarcia pomiędzy drutami równoległymi cewek lub przegrzań w różnych miejscach układu izolacyjnego [6, 12].



Fot. 3. Osad złożony z produktów zesterzenia oleju zalegający na części aktywnej transformatora o długoletniej eksploatacji. Obok widok (powiększenie 100-krotne) osadu na papierze izolacyjnym zdjętym z uzwojenia regulacyjnego



Obecność gazów rozpuszczonych

Głównym składnikiem gazu, który występuje w eksploatowanych transformatorach jest powietrze atmosferyczne, z którym olej izolacyjny styka się np. poprzez konserwator. Obok niego występują gazowe produkty rozkładu izolacji, jako efekt złożonych procesów o charakterze fizycznym i chemicznym, których przyczyną mogą być albo naturalne przemiany starzeniowe, albo defekty mogące zagrażać normalnej pracy tych urządzeń. Znaczny wzrost stężenia gazów wydzielanych w postaci pęcherzyków sygnalizuje zazwyczaj obecność wewnętrznego uszkodzenia, które rozwija się powoli, dając możliwość całkowitego rozpuszczenia się ich w oleju lub gwałtownie, kiedy w krótkim okresie czasu duża ilość tworzących się intensywnie gazów wędruje do przestrzeni nad lustrem oleju oraz przekątnika Buchholza, powodując jego sygnalizację lub wyłączenie jednostki z ruchu. Charakterystyczne gazowe produkty, które powstają podczas uszkodzeń wykrywane są metodą chromatograficzną (DGA). Gazy kluczowe umożliwiają rozróżnienie ich typów i rodzajów w oparciu o schematy interpretacyjne oraz specjalnie opracowane kryteria dla populacji transformatorów pracujących w krajowej energetyce. Podstawowe schorzenia i nieprawidłowości to: wyładowania zupełne i niezupełne oraz lokalne przegrzania o różnych temperaturach. To badanie, które najczęściej stosowane jest do oceny stanu eksploatacyjnego tych urządzeń, oprócz identyfikacji wielu niepokojących zjawisk i ukrytych usterek, pozwala na monitorowanie rozwoju powstającego zagrożenia i określenie, w pewnym przybliżeniu, konieczności wyłączenia transformatora z eksploatacji. Oprócz tego inną, nie związaną z wewnętrznym defektem przyczyną pojawienia się gazów w oleju mogą być uszkodzenia pomp układu chłodzenia i nieszczelności skutkujące przedostawaniem się powietrza do kadzi transformatora. Nadmiar rozpuszczonych w oleju gazów często jest powodem mylnego zadziałania zabezpieczeń, a w przypadkach skrajnych przyczyną powstania niebezpiecznych wyładowań, nawet przy napięciu roboczym [5,6]. Najbardziej efektywną i rozpo-

wszechnioną metodą uzdatniania oleju, do którego przedostały się gazy, zarówno przypadkowo, jaki i z powodu wewnętrznych usterek jest zastosowanie obróbki metodą próżniową.

Siarka korozyjna

Problem zagrożenia transformatorów siarką korozyjną powstał z końcem lat 90, kiedy to zaczęto produkować oleje nowej generacji zawierające dodatek w postaci DBDS (disiarczek dibenzylu), który w zamierzeniu miał pełnić rolę inhibitora utleniania i chronić je przed starzeniem. Okazało się, że w sposób nieoczekiwany, związek ten stał się głównym czynnikiem odpowiedzialnym za obecność w oleju reaktywnej siarki, która w pewnych warunkach może spowodować utworzenie się przewodzącego siarczku na miedzi uzwojeń i papierze izolacyjnym, osłabiając wytrzymałość elektryczną układu izolacyjnego transformatora i prowadzić do wystąpienia wyładowań niszczących [5].

W Polsce pracuje ok. 300 jednostek napełnionych olejami korozyjnymi, a dodatkowo eksploatowane są transformatory, w których uzupełniano poziom lub dokonano wymiany na gatunki korozyjne (np. dość rozpowszechnione Nytro 10GBN i 10BN).

Dotychczas w naszym kraju wystąpiło już kilka awarii wywołanych tą przyczyną. Na Fot. 4 przedstawiono wygląd przewodów transformatora grupy I napełnionego olejem korozyjnym i uszkodzonego wskutek zwarcia wywołanego obecnością przewodzącej

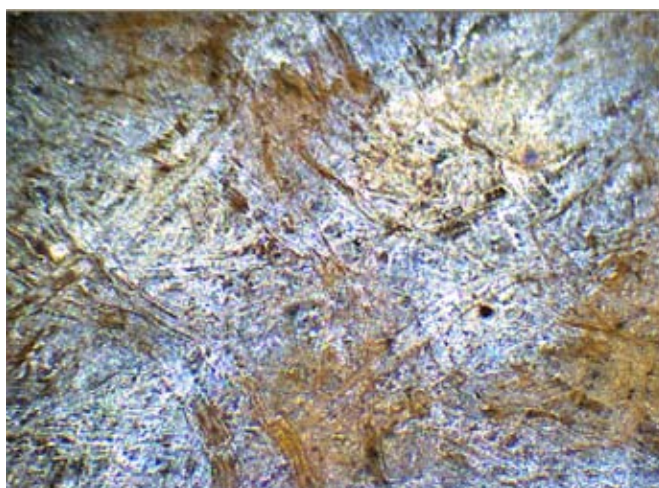
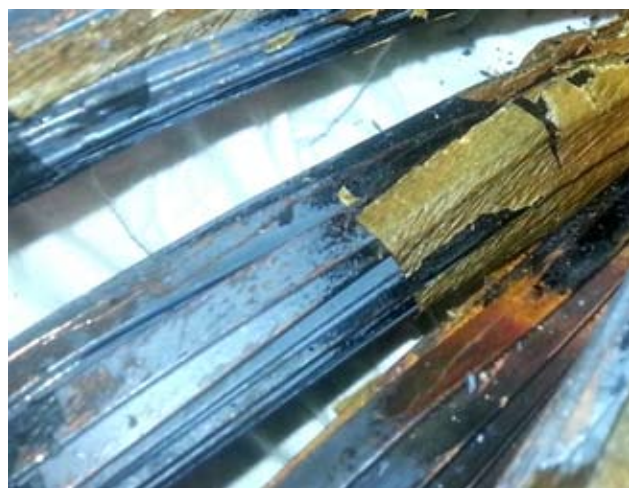
warstwy siarczku miedzi.

W przypadkach stwierdzenia obecności siarki korozyjnej w oleju i dokonania oceny ryzyka, co do dalszej niezawodnej eksploatacji transformatora, stosuje się kilka metod i działań zapobiegawczych, z których najbardziej skuteczne to: regeneracja usuwająca te niepożądane związki (na specjalnym złożu mobilnego urządzenia) i przy okazji przywracająca dobre właściwości izolacji lub wymiana oleju łączona z dokładnym usunięciem resztek korozyjnej izolacji [5, 7, 12].

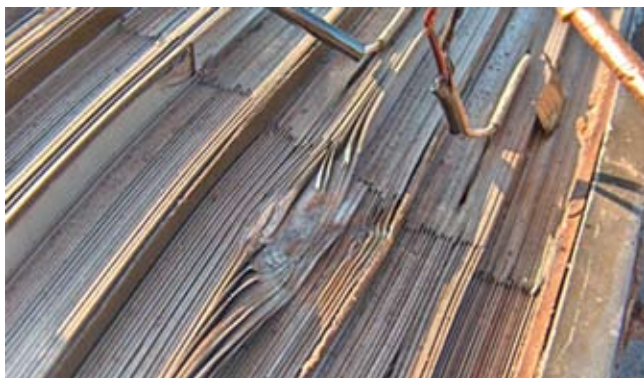
Zawilgocenie izolacji

Obecność uwolnionej, nie rozpuszczonej wody w oleju transformatora może powodować przebicie kanałów olejowych, np. między cewkami uzwojeń, połączeniami PPZ lub cewkami uzwojenia regulacyjnego itp. Najczęstszą przyczyną pojawienia się wody w tej postaci jest wadliwe uszczelnienie części izolatora przepustowego lub innych miejsc, a także prowadzenie prac konserwacyjno-remontowych, czy przeglądów eksploatacyjnych wykonywanych w niewłaściwych warunkach połączonych ze zdejmowaniem pokrywy kadzi. Prócz tego, wzrost zawartości wody i stopniowe zawilgacanie się układu izolacyjnego (co jest procesem nieuchronnym) jest również spowodowane przemianami, które zachodzą we wnętrzu transformatora podczas długotrwałej eksploatacji. Związane są one z chemiczną degradacją celulozy oraz procesami starzenia izolacji ciekłej, podczas których

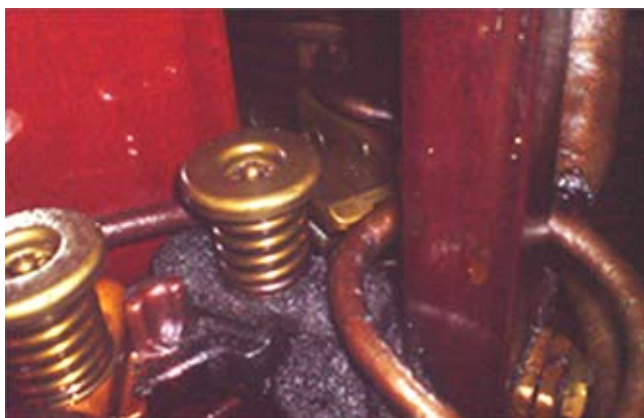
woda powstaje jako produkt uboczny w reakcjach polikondensacji, którym podlegają różne substancje znajdujące się w oleju [7]. Całkowita masa wody w transformatorze rozkłada się pomiędzy celulozą a olejem, przy czym wilgoć magazynowana jest głównie w papierze. Podwyższenie temperatury powoduje dyfuzję wody do oleju, w którym zwiększa się jej koncentracja, przyczyniając się do drastycznego obniżenia wytrzymałości dielektrycznej na przebicie. Obecność wilgoci powoduje również niebezpieczeństwo wydzielania się pary wodnej w postaci pęcherzyków (tzw. bubble effect), które narasta w przypadkach wystąpienia kilku czynników jednocześnie, takich jak szybkie podwyższenie temperatury i ciśnienia pary w zawilgoconej izolacji. Większe skupiska tych pęcherzy mogą sprzyjać powierzchniowym wyładowaniom, które stanowią poważne zagrożenie dla uzwojeń, zwłaszcza w ich słabych punktach, takich jak kanały olejowe, miejsca przepleceń oraz cewki uzwojeń regulacyjnych. W mniej sprzyjających okolicznościach nawet niewielki poziom zawilgocenia oleju może być groźny dla transformatora, zwłaszcza przy podwyższonej ilości cząstek zanieczyszczeń stałych zawartych w oleju, z wielokrotnie zwiększając istniejące zagrożenie. Podstawową metodą osuszania oleju w przypadku nadmiernego zawilgocenia jest próżniowa obróbka, która znacząco redukuje ilość wody z izolacji ciekłej. W przypadkach silnego zawilgocenia układu izolacyjnego preferowane są metody



Fot. 4. Osady siarczku miedzi pokrywające powierzchnię przewodów. Obok (w powiększeniu 100-krotnym) widok fragmentu papieru izolacyjnego wraz z utworzoną w jego strukturze warstwą siarczku miedzi o charakterystycznej, połyskującej barwie



Fot. 5. Widok mechanicznych uszkodzeń oraz wypaleń pakietów rdzenia



Fot. 6. Widok wypalonego i przegrzanego styku na przełączniku zaczepów pod obciążeniem

Fot. 7. Widok przegrzania na przełączniku beznapięciowym transformatora 63MVA

obejmujące proces usuwania wilgoci również z izolacji stałej [6, 7, 8].

3.2. Obwód magnetyczny

Najczęstszą przyczyną usterek i uszkodzeń obwodu magnetycznego są zwarcia pomiędzy jego elementami oraz bezpośrednio do kadzi. Szczególnie narażona jest izolacja pomiędzy pakietami blach rdzenia w postaci arkuszy preszpanu, a także izolacja śrub prasujących i wieszakowych oraz ram, belek, łap i innych elementów konstrukcyjnych, które powinny być izolowane. Uszkodzenia te mogą powstać podczas produkcji rdzenia, np. wskutek niestarannego cięcia blach i otworów, a także przez bardzo oszczędne (brak nadadatków) odizolowanie pakietów blach rdzenia preszpanem. Inną przyczyną jest rozkład izolacji (termiczny, czy np. wskutek zawilgocenia) w miejscach szczególnie narażonych, a także uszkodzenia mechaniczne powstałe podczas transportu lub w eksploatacji na skutek wibracji rdzenia i jego elementów w szerokim paśmie częstotliwości (1,5-2,5)kHz. Efekt występo-

wania prądów wirowych powstałych w wyniku uszkodzenia izolacji zależy głównie od miejsca występowania zwarcia, rozmiaru zwartych elementów i ich usytuowania w polu magnetycznym [7].

Na Fot. 5 przedstawiono miejsca uszkodzeń pakietów rdzenia: mechanicznych oraz wypaleń.

W transformatorach, gdzie rezystory uziemiające pakiety rdzenia i belki obwodu magnetycznego uległy uszkodzeniu, prąd zwarcia do kadzi może osiągać duże wartości w zależności od liczby zwartych miejsc oraz ich rezystancji. Energia powstająca w wyniku tych usterek powoduje:

- generowanie w elementach konstrukcyjnych ładunków elektrycznych, które objawiają się w postaci wyładowań niezupełnych i iskrzeń o różnej gęstości energii;
- lokalny wzrost temperatury (hot-spot) w miejscach uszkodzeń, który (w swego rodzaju układzie o dodatnim sprzężeniu zwrotnym) ma wpływ na zwiększenie strat i dalszy wzrost temperatury, co w konsekwencji prowadzić może

do termicznej degradacji izolacji, a następnie przebicia.

Usterki obwodu magnetycznego mogą być wykryte na podstawie wyników odpowiednich badań. Stosunkowo dobrą wykrywalność uszkodzeń zapewnia analiza chromatograficzna gazów rozpuszczonych w oleju (DGA). Jakkolwiek, duża liczba uszkodzeń, np. związanych ze strumieniem rozproszenia, prowadzących do powstania gazów palnych nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla transformatora, to jednak lokalne przegrzania o temperaturze powyżej 500°C oraz wyładowania generujące wodór i acetylen stanowią sygnał ostrzegawczy dla podjęcia stosownych działań. Celowe jest wówczas dla zdobycia informacji o zagrożeniu i miejscu generacji gazów przeprowadzenie badań dodatkowych, takich jak:

- pomiar prądów magnesujących,
- pomiar drgań i hałasu transformatora,
- pomiar wyładowań niezupełnych (wartość i lokalizacja miejsca w trójwymiarowej przestrzeni) [7, 12].



Fot. 8. Widok uszkodzonego izolatora przepustowego

3.3. Połączenia i elementy wiodące prąd

Zagrożenia dla pracy transformatorów stanowią uszkodzenia (w większości o charakterze lokalnych przegrzań) elementów wiodących prąd, a zwłaszcza ich połączeń. Są to przede wszystkim odpływy uzwojeń, połączenia poszczególnych cewek, izolatorów przepustowych, styki przełączników zaczepów oraz wybieraków. Odpowiedzialnym za te usterki jest na ogół niestaranne wykonawstwo u producenta lub montaż końcowy w miejscu zainstalowania. Zwykle tym narażeniom towarzyszy powolne tworzenie się gazów o różnej dynamice przyrostu, wykrywane przez DGA. Wyciąganie szerszych wniosków wymaga jednak dużego doświadczenia, np. celem odróżnienia gazów przenikających z głowicy PPZ do kadzi głównej od gazów powstałych w wyniku uszkodzenia.

Na poniższych fotografiach przedstawiono przykład przegrzania stwierdzonego podczas przeglądu przełączników zaczepów.

Pewna ilość narażeń eksploatacyjnych transformatorów spowodowana jest uszkodzeniami lub niesprawnością takich elementów, jak ekrany ulokowane na kadzi transformatorów dużej mocy. Są to defekty w większości o charakterze elektrycznym oraz mechanicznym. Problemy z nimi związane były już wielokrotnie omawiane w literaturze. Przyczyną takiego stanu rzeczy były błędy konstrukcyjne (niewłaściwe rozmiary ekranów) oraz wykonawcze (pękanie ekranów podczas eksploatacji).

Często stwierdzaną usterką w transformatorach blokowych jest nadmierne nagrzewanie się śrub łączących kadź z pokrywą transformatora. Śruby te stanowią bowiem element obwodu elektrycznego przewodzącego prądy wirowe, które powodują nagrzewanie, zarówno ich samych, jak i znajdujących się w pobliżu elementów konstrukcyjnych, w wyniku czego pojawiają się gazy palne w oleju. Najostrzej zjawisko to występuje w okolicy odpływów uzwojenia dolnego napięcia.

3.5. Izolatory przepustowe

Stosowane w krajowej energetyce izolatory przepustowe do transformatorów o napięciach 110kV-400kV, to głównie urządzenia o izolacji papiero-olejowej w porcelanowej osłonie. Ich uszkodzenia były przyczyną poważnych awarii transformatorów, niektórych o katastrofalnych rozmiarach, połączonych z eksplozją i pożarem.

Na Fot. 8 przedstawiono widok uszkodzonego izolatora przepustowego 400kV transformatora blokowego.

Większość takich przypadków to uszkodzenia nagłe, których wykrycie metodami stosowanej dotychczas dość ograniczonej diagnostyki, obejmującej zwykle okresowe tylko pomiary tg delta i pojemności nie jest możliwe. Mechanizmy będące źródłem i przyczyną tych uszkodzeń wyczerpująco omówiono w publikacjach [6, 8]. Ze względu na powagę zagadnienia i dużą skalę problemu związaną z obserwowaną zwiększoną obecnie awaryjnością, przeprowadzono badania, w wyniku

których przewidziano dotychczasowy program oceny stanu technicznego izolatorów i wprowadzono odpowiednie zalecenia do powszechnie stosowanej RIET. Obejmują one badania dodatkowe najbardziej newralgicznych parametrów tych urządzeń, do jakich należą zawilgocenie oraz zawartość gazów, na podstawie których można właściwie ocenić stan techniczny.

Nadto, w przypadku dużych jednostek o strategicznym dla energetyki znaczeniu wprowadzono układy monitoringu on-line [9, 10].

4. Diagnostyka techniczna w wykrywaniu narażeń transformatorów w eksploatacji

Podstawowym zadaniem diagnostyki podczas całego okresu eksploatacji transformatora jest wykrywanie zmniejszających się w czasie zapasów wytrzymałości pod wpływem obciążeń cieplnych, elektrycznych i elektrodynamicznych, a także wskutek działań reakcji katalitycznych oraz chemicznych wpływów różnych czynników. Metody diagnostyki powinny być skierowane przede wszystkim na wykrywanie narażeń decydujących o ich klasyfikację. Ważnym jest nie tylko wykrycie anomalii, ale także określenie tempa ich rozwoju. Tradycyjnie więc, dla oceny szybkości degradacji, przyjmuje się zmianę określonych parametrów w czasie. Uzupełnieniem procedury określenia stanu technicz-

Tabela 4. Wykrywanie zagrożenia izolacji transformatorów na podstawie wyników badań właściwości oleju

Rodzaj zagrożenia izolacji			Metody pośrednie wykrywania zagrożeń na podstawie badań pobranej próbki oleju
Obecność wolno rozwijających się uszkodzeń wewnętrznych wywołanych:	wyładowaniami elektrycznymi	niezupelnymi	Analiza chromatograficzna gazów rozpuszczonych w oleju (DGA)
		zupelnymi (isknienia)	
	przeprężaniem z możliwością określenia zakresu temperatur		
Zawilgocenie izolacji olejowo-papierowej			Oznaczenie zawartości wody rozpuszczonej w oleju z wykorzystaniem (w zależności od temp.) stanu równowagi w ośrodku papier-olej lub st. nasycenia oleju wodą
Zestarczenie izolacji:	olejowej		Właściwości oleju ze szczególnym uwzględnieniem wskaźnika polarności i napięcia powierzchniowego lub analizy spektrofotometrycznej IR
	papierowej		Analiza zawartości związków pochodnych furanu rozpuszczonych w oleju
Spadek wytrzymałości elektrycznej układu izolacyjnego na skutek zanieczyszczenia cząstkami przewodzącymi i siarczkiem miedzi			Oznaczenie ilościowe i jakościowe stałych zanieczyszczeń w oleju oraz badanie korozyjności oleju

Tabela 3. Metody badań diagnostycznych stosowanych w praktyce krajowej

METODY BEZPOŚREDNIE	
Badania wykonywane na transformatorze:	
wyłączonym	pracującym
- Pomiar współczynnika stratności tgδ - Pomiar rezystancji izolacji - Badanie własności dyspersyjnej izolacji tgδ = f(f) - Pomiar prądów polaryzacji (PDQ*) *) wykonywane okazjonalnie – brak szerszych doświadczeń - Uwaga: badania RVM – metoda nie dająca wiarygodnych wyników - Diagnostyka stanu mechanicznego uzwojeń (SFRA) - Pomiar rezystancji uzwojeń - Pomiar prądów magnesujących - Pomiar reakcji rozproszenia - Pomiar natężenia hałasu - Diagnostyka podobieźniowego przełącznika zaczepów (PPZ) w transformatorach regulacyjnych	- Badanie termowizyjne rozkładu temperatury płaszcza kadzi i osprzętu - Analiza wibroakustyczna umożliwiająca ocenę stanu rdzenia - Pomiar intensywności wyładowań niepełnych (PD) metodą akustyczną wraz z lokalizacją miejsca ich generacji
METODY POŚREDNIE	
Badania wykonywane na próbce oleju pobranej z transformatora	
- Badania właściwości oleju: - dielektryczne - fizykochemiczne - zawartości wody - oraz - inne specjalne (np. stopień zestarczenia, zawartość siarki korozyjnej, analiza spektrofotometryczna IR) - Analiza zawartości związków pochodnych furanu - Analiza chromatograficzna rozpuszczonych gazów (DGA)	

nego jest zwykle analiza warunków dotychczasowej eksploatacji (wsparta posiadanym doświadczeniem) oraz analiza konstrukcji. Przyjęte kryteria oceny powinny być uzupełniane wskazówkami co do dalszego postępowania, w tym również w kategoriach – dalsza eksploatacja, remont, czy złomowanie, przy równoczesnym zachowaniu wymagań technicznych, ekologicznych, ekonomicznych – prawnych oraz zasad bezpieczeństwa. Przy formułowaniu takich wskazówek powinno uwzględniać się również skalkulowane ryzyko podejmowanych działań.

Pomocne w ocenie są zalecenia publikacji [3] polegające na zaklasyfikowa-

niu transformatorów, w oparciu o ich stan techniczny, do jednego z czterech stanów charakterystycznych, którym przypisano potrzebę konkretnych działań.

W praktyce krajowej, diagnostyka techniczna transformatorów prowadzona jest w oparciu o zapisy Ramowej Instrukcji wydanej w 2001 roku i nowelizowanej kolejno w roku 2006 oraz 2012, uzupełnionej erratą i informacjami dodatkowymi.

W tabeli 3 zestawiono program oraz metody badań diagnostycznych stosowanych w krajowej energetyce, które opracowano na podstawie wieloletnich doświadczeń krajowych.

W znacznym stopniu program ten opiera się na pomiarach nie wymagających wyłączenia transformatora z sieci. Współczesna diagnostyka szeroko korzysta również z informacji uzyskiwanych z badań oleju, który oprócz tego, że pełni funkcję izolującą i chłodzącą posiada zdolność rozpuszczania wody, gazów i produktów degradacji izolacji papierowo-olejowej, stając się nośnikiem wiedzy o stanie technicznym transformatora.

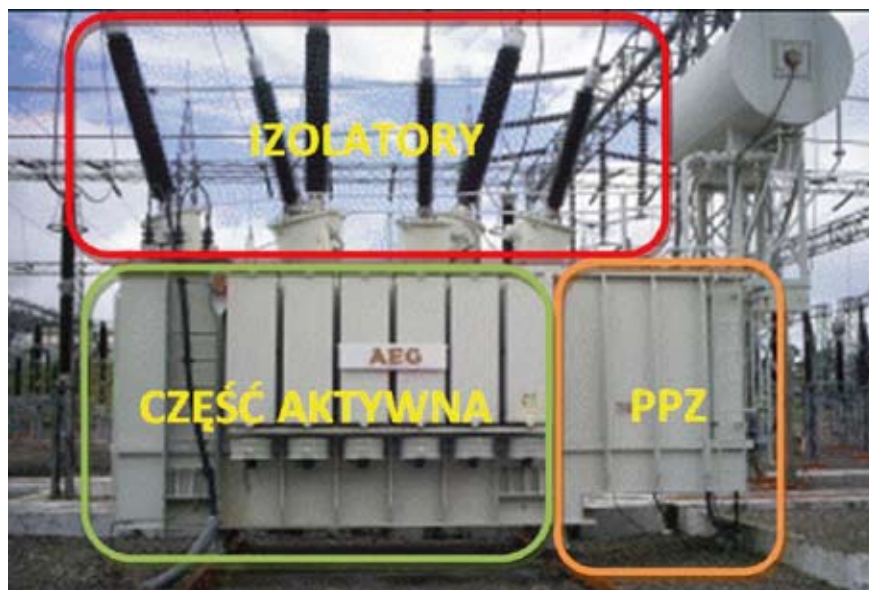
Uważa się, że kompleksowe badania izolacji ciekłej dają możliwość otrzymania większości informacji (ok. 70%) potrzebnych do podjęcia decyzji o właściwym postępowaniu, aby zapewnić sprawne i niezawodne funkcjonowanie transformatorów w systemie energetycznym [7, 13].

W tabeli 4 zestawiono typowe narażenia transformatorów wykrywane na podstawie wyników badań oleju.

Jakkolwiek nowo wprowadzone do praktyki eksploatacyjnej badania diagnostyczne znacznie poprawiły wykrywalność istniejących i rozwijających się uszkodzeń, istnieje pewna grupa zagrożeń, których wykrycie nadal stwarza dość duże problemy. Brak jest np. skutecznych metod diagnostyki, które potrafią określić:

- stopień zestarczenia izolacji papierowej w strefach najbardziej narażonych na przegrzanie,
- sposób sprawdzenia izolacji pomiędzy przewodami równoległymi uzwojeń, a także w miejscach najbardziej narażonych na uszkodzenie,
- strefę przegrzania i aktualny stan izolacji w tym obszarze oraz wyniki z tego zagrożenia,
- prawidłowe rozpoznanie uszkodzeń o charakterze złożonym wykrywanych metodą analizy DGA.

Prócz tego, w przypadkach, gdy uszkodzenie rozwija się szybko np. w okresie pomiędzy badaniami okresowymi, przydatna jest diagnostyka prowadzona w trybie on-line. Podstawowym zadaniem układów diagnostyki on-line jest określenie w danym momencie aktualnego stanu technicznego oraz jego prognozowanie na przyszłość poprzez wykrycie oznak uszkodzeń w stadium początkowym lub innych nieprawidłowości, jak również kontrola ich rozwoju [10, 11, 12].



Fot. 9. Obszary transformatora objęte diagnostyką on-line

Metoda wczesnego ostrzegania umożliwia podjęcie odpowiednich środków zaradczych prowadzących do uniknięcia poważnych awarii, ze wszystkimi ich następstwami technicznymi i ekonomicznymi.

Na fot. 9 przedstawiono obszary kompleksowego monitorowania transformatora, które wykorzystują selektywnie działające czujniki oraz systemy transmisji danych.

Od kilku lat w kraju stosuje się różnorodne systemy monitoringu transformatorów on-line, co wynikało z potrzeby dostosowania ich do lokalnych warunków i wymagań użytkownika. Niestety jakość niektórych układów, np. kontroli składu i stężeń gazów, nie jest najlepsza. Problemem często diskutowanym jest opłacalność stosowania diagnostyki on-line. Wydaje się, że oszacowanie korzyści ekonomicznych można dokonać poprzez przeanalizowanie prawdopodobieństwa powstania uszkodzeń, zarówno dla jednostek z monitoringiem, jak i bez niego. Najbardziej wymierną korzyścią ze stosowania tych układów jest uniknięcie katastrofalnych uszkodzeń na rzecz takich, które mogą zostać usunięte przy niższych kosztach, a także dużych oszczędnościach związanych z naprawą przy wczesnym wykryciu rozwijającego się uszkodzenia [11, 12].

Badania przeprowadzone przez ZPBE Energopomiar - Elektryka pozwoliły na ocenę istniejących systemów i wybór oszczędnego i zarazem skutecznego, umożliwiającego kontrolę w trybie

on-line:

rozwijających się uszkodzeń wewnętrznych przez pomiar stężeń pojawiających się gazów (ich rodzaj i ilość zależna od stosowanego czujnika),

zawilgocenia – przez pomiar zawartości wody w oleju,

stanu izolatorów przepustowych – przez pomiar prądów pojemnościowych oraz kąta fazowego tgδ w różnych modyfikacjach,

stanu podobciążeniowych przełączników zaczepek przez skanowanie przebiegu mocy pobieranej przez napęd przełącznika.

Prócz tego, dokonuje się kontroli temperatury w górnej warstwie na wlocie i wylocie z chłodnic, komorach przełącznika i innych.

5. Podsumowanie

Wymagania, co do wysokiej niezawodności transformatorów energetycznych, zarówno nowych, jak i pracujących 20-30 lat spowodowały, że kluczowym zadaniem staje się bieżące diagnozowanie ich stanu technicznego. Nowe strategie polegają na odchodzeniu od periodycznych badań, nieefektywnych zarówno od strony technicznej (stosunkowo niska wykrywalność rozwijających się uszkodzeń), jak i ekonomicznej (duża liczba niepotrzebnych wyłączeń transformatora oraz kosztownych pomiarów), na rzecz tych niezbędnych, realizowanych w miarę potrzeb, które wynikają

ze stanu transformatora.

Ważnym narzędziem do realizacji tego zadania jest system diagnostyki on-line, który umożliwia natychmiastową ocenę wyników pomiarów i stanowi element wczesnego ostrzegania o zagrożeniach, co do niezawodnej eksploatacji urządzeń energetycznych.

6. Literatura

- [1] Ramowa Instrukcja Eksploatacji Transformatorów, ZPBE Energopomiar - Elektryka, Gliwice 2012 (RIET).
- [2] Guide on Economics of Transformer Management – CIGRE 2004, Brochure No. 248, lub Aspekty ekonomiczne w zarządzaniu transformatorami, wyd. PKWSE, Warszawa 2009.
- [3] Olech W., Pawłowski D., Woś J., Techniczne przesłanki kierowania transformatorów do remontu. Mat. Konf. TurboCare, Gnień 2013
- [4] Olech W., Pawłowski D.: Optymalizacja metod diagnostyki technicznej transformatorów, Mat. Konf. OPTE07, Warszawa, X 2007.
- [5] Olech W., Buchacz T., Olejniczak H.: Wykorzystanie badań oleju w diagnostyce technicznej transformatorów, Mat. III Konf. Naukowo-Technicznej, Kazimierz Dolny, 2001.
- [6] Guide for Life Management Techniques for Power Transformers – CIGRE 2003, Brochure No. 227, lub Przewodnik po technikach kontroli zużycia się transformatorów energetycznych, wyd. PKWSE, Warszawa 2006.
- [7] Kaźmierski M., Olech W.: Diagnostyka techniczna i monitoring transformatorów, ZPBE Energopomiar-Elektryka, 2014.
- [8] Moisture Equilibrium and Moisture Migration within Transformer Insulation Systems. Working Group A2.30, – CIGRE 2008, Brochure No. 349.
- [9] Kaźmierski M., Warczyński P.: Transformatory – Komitet Studiów A2, Energetyka nr 3, 2007, ss. 169-175.
- [10] Kaźmierski M., Kersz I., Wosiak A.: System monitoringu stanu transformatorów w układzie „on-line”, realizacja praktyczna, Mat. Konf. „Zarządzanie eksploatacją transformatorów”, Wisła – Jawornik, 26-28 kwietnia 2006, ss. 121-134.
- [11] Aubin J., Bourgault A., Rajotte C., Gervais P.: Profitability Assessment of Transformer On - Line Monitoring and Periodic Monitoring, CIGRE SC A2 Colloquium, 18-20 June 2001, Dublin, Ireland.
- [12] Kaźmierski M., Olech W., Pawłowski D.: Aktualne problemy zarządzania eksploatacją transformatorów, Mat. Konf. „Zarządzanie eksploatacją transformatorów”, Wisła – Jawornik, 16-18 kwietnia 2008, ss. 3-21.
- [13] Sokolov V., Hanson D.: Impact of Oil Properties and Characteristics on Transformer Reliability, Proceedings of TechCon., February 6-8 2006, Chester, United Kingdom.

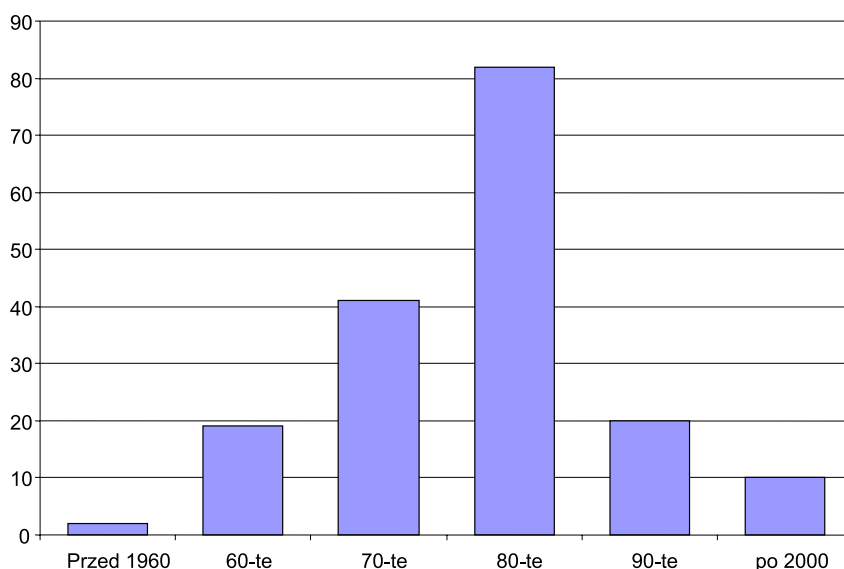
Zarządzanie eksploatacją

transformatorów energetycznych o długim stażu pracy –
– uzdatnianie izolacji w miejscu zainstalowania

Sławomir Filip, Adam Rzeczkowski, Paweł Warczyński

1. Wstęp

Jednym z istotnych zagadnień zarządzania systemem elektroenergetycznym jest zapewnienie niezawodnego zasilania odbiorców w energię elektryczną, na co bezpośredni wpływ ma stan techniczny transformatorów energetycznych. Duża ich część to jednostki wyprodukowane kilkadziesiąt lat temu. Mając do dyspozycji zarówno zaawansowane techniki diagnostyczne, jak i nowoczesne technologie umożliwiające wydłużenie czasu bezawaryjnej pracy transformatorów, podejmowanie decyzji o wycofaniu tych urządzeń z eksploatacji w oparciu wyłącznie o kryterium wieku jest ekonomicznie i technicznie nieuzasadnione. Biorąc pod uwagę wymienione uwarunkowania oraz uwzględniając szczególną rolę, jaką odgrywa dyspozycyjność jednostek o napięciu strony



Rys. 1. Wiek transformatorów 110kV/SN pracujących w spółce dystrybucyjnej

GN 110kV i wyższym, wypracowano i usystematyzowano odpowiednie praktyki eksploatacyjne w odniesieniu

do transformatorów o długim, często 20-30-letnim stażu pracy oraz przyjęto odpowiednią politykę diagnostyczną



Sławomir Filip
ENERGO-SYSTEM S.A.



Adam Rzeczkowski
TAURON
Dystrybucja S.A.



Paweł Warczyński
ZPBE Energopomiar
- Elektryka Sp. z o.o.

Streszczenie: W artykule przedstawiono zagadnienia związane z eksploatacją transformatorów, które pracują w krajowym systemie elektroenergetycznym od kilkadziesiąt lat. Analizie poddano występujące anomalie, uszkodzenia i awarie w odniesieniu do czasu pracy tych urządzeń. Przedstawiono narzędzia diagnostyczne stosowane do oceny stanu technicznego i kwalifikacji transformatorów do zabiegów wydłużania ich żywotności. Opisano doświadczenia związane z suszeniem izolacji papierowej transformatorów oraz regeneracją oleju elektroizolacyjnego w miejscu ich zainstalowania. Przytoczono przykłady praktyczne podjętych działań. Zestawiono wnioski i literaturę.

Managing the operation

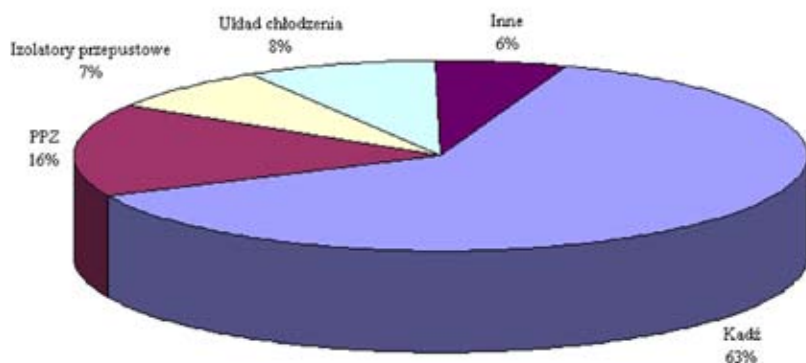
of transformers of a long service life – conditioning of their isolation on site

Abstract: The paper presents issues connected with operations of transformers working several dozens of years in the country's power system. Anomalies, defects and break-downs have been analysed in relation to their service life. Diagnostic tools used to the evaluation of their technical condition and further qualification to different steps extending their service life have been indicated. Some experiences connected with the drying of the paper isolation of transformers and the regeneration of the transformer oil on site have been described. Some practical action have been quoted. Results and the relevant literature have been given.

Управление эксплуатацией

трансформаторов длительного трудового стажа - кондиционирование изоляции на месте монтажа

Резюме: В статье представлены вопросы, связанные с работой трансформаторов, работающих в национальной электроэнергетической системе в течение многих десятилетий. Проанализировано существующие anomalies, дефекты и аварии относительно времени работы этих устройств. Представлено диагностические инструменты, используемые для оценки технического состояния трансформаторов и их квалификации к процедурам удлинения жизнеспособности. Описано опыты сушки бумажной изоляции трансформаторов, регенерации электроизоляционного масла на месте монтажа. Приведено примеры предпринятых действий. Составлено результаты и литературу.



Rys. 2. Statystyka uszkodzeń i usterek transformatorów eksploatowanych w spółce dystrybucyjnej w ostatnich 10-ciu latach

i opracowano katalog dostępnych działań remontowo-modernizacyjnych.

W procesie decyzyjnym strategii eksploatacyjnej uwzględniono także fakt, że konstrukcja transformatorów energetycznych wyprodukowanych w latach 70-tych, czy 80-tych znacznie odbiega od najnowszych rozwiązań. Inna jest też reakcja na pojawiające się zagrożenia lub narażenia w sieci w obrębie samego transformatora, jak również charakter rozwijających się uszkodzeń, a także ich symptomów.

2. Stan infrastruktury sieciowej w przykładowej spółce dystrybucyjnej

Spółka dystrybucyjna jest właścicielem i zarządza eksploatacją blisko 200 transformatorów energetycznych o napięciu strony GN 110kV i mocy od 10MVA do 63MVA. Najstarsze z eksploatowanych aktualnie jednostek zostały wyprodukowane w latach 50-tych i 60-tych ubiegłego stulecia. Największą grupę wśród całej populacji transformatorów stanowią urządzenia pochodzące z lat 70-tych i 80-tych (rys.1).

Wymiana transformatorów, bądź ich kwalifikacja do odpowiednich zabiegów remontowo-konserwacyjnych, dokonywana jest każdorazowo w oparciu o rzeczywisty stan techniczny oraz znaczenie w strukturze zarządzanej sieci elektroenergetycznej. Podejmowane decyzje ukierunkowane są na utrzymanie niezmiennego już od kilku lat, niskiego poziomu awaryjności tych urządzeń w spółce, który wynosi około 0,8% w skali roku. Procent ten obejmuje przypadki, w których transformatory zostały wyłączone przez zabezpie-

czenia, a wyniki badań poawaryjnych wykluczyły możliwość dalszej eksploatacji. Pełna statystyka, w której ujęto wszystkie uszkodzenia (w tym opisane powyżej), jak również usterki i anomalie, została przedstawiona na rys. 2. Wynika z niej, że na każde dziesięć identyfikowanych nieprawidłowości aż sześć występuje w obrębie kadzi transformatora. Na tak duży odsetek tych defektów ma wpływ uwzględnienie w statystyce usterek o mniejszym znaczeniu i wpływie na bezawaryjną pracę transformatora, do jakich należą: wycieki oleju, zawilgocona masa osuszająca w odwilżaczach, itp.

W ostatnich latach przyjętą praktyką (standardowa procedura eksploatacyjna) w spółce dystrybucyjnej jest prowadzenie badań eksperckich (zleczanych do wyspecjalizowanych, doświadczonych i wyposażonych w odpowiednie narzędzia diagnostyczne zewnętrznych firm), mających na celu ocenę stanu technicznego transformatorów oraz prowadzenie dalszej eksploatacji tych urządzeń w oparciu o wnioski płynące z realizowanego programu diagnostyki (CBM – Condition Based Maintenance).

Obserwując statystyki awarii transformatorów energetycznych, odnotowanych w spółce w okresie ostatnich kilkunastu lat można zauważyć, że jednostki starszej konstrukcji cechuje niska awaryjność, natomiast stosunkowo dużo uszkodzeń dotyczy urządzeń nowo wyprodukowanych. Analiza tych przypadków nasuwa wnioski o potencjalnych przyczynach takiej sytuacji, do których należy głównie przewymiarowana konstrukcja starszych transformatorów. Urządzenia te są bardziej wytrzymałe na wszelkiego

typu zakłócenia pochodzące z sieci, czy anomalie występujące w obrębie samego transformatora, dzięki zapasom materiałów izolacyjnych uwzględnianych już na etapie ich projektowania. Stąd też nieprawidłowości, które dla transformatorów nowej generacji stanowią potencjalne zagrożenie (np. cząstki zanieczyszczeń w oleju), nie są w takim samym stopniu niebezpieczne dla jednostek starszych konstrukcji.

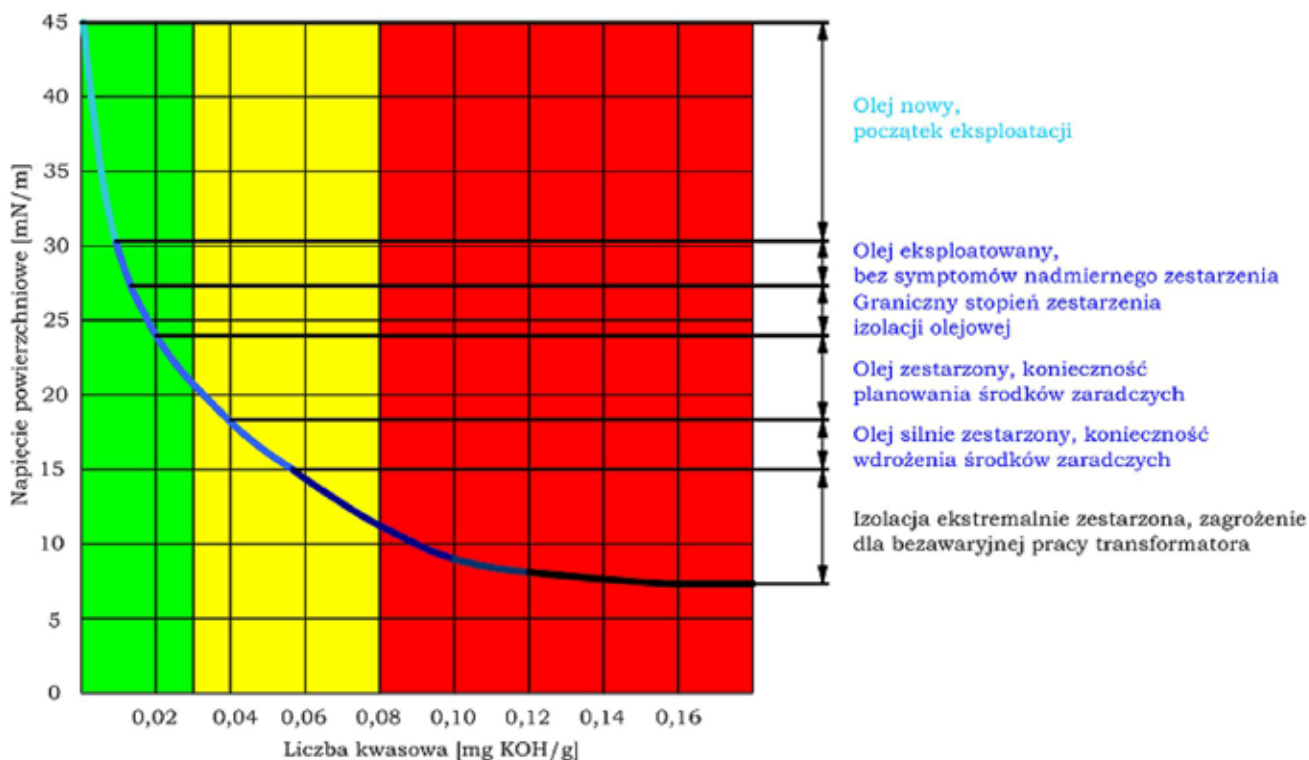
W tabeli 1 porównano masy transformatorów o mocy znamionowej 25MVA, wyprodukowanych w latach 60-tych, 80-tych oraz współcześnie, a także ich izolacji ciekłej. Widać tu wyraźnie tendencję w projektowaniu i wykonawstwie transformatorów, umożliwiającą dokonanie znacznych oszczędności materiałowych. Należy jednak mieć na uwadze, że w skrajnych przypadkach może to przełożyć się na obniżenie trwałości nowego urządzenia.

Tabela 1.

Typ	Rok produkcji	Masa całkowita [kg]	Masa oleju [kg]
TRDT 25000/110	1963	65000	19000
TDR3b 25000/110	1980	54000	15300
TOTRb 25000/110	2002	45500	12500

Techniczny czas życia transformatorów najczęściej utożsamiany jest z czasem życia układu izolacyjnego, trwającego do momentu, w którym następuje krytyczna degradacja izolacji uzwojeń, co przekłada się na utratę wytrzymałości mechanicznej papieru do wartości DP – 200. Tę zaś determinują bezpośrednio procesy cieplne. Oczywiście nie można pominąć przy szacowaniu długości życia transformatora energetycznego zdarzeń, takich jak zwarcia, czy przebiecia, które oddziałują na izolację w sposób gwałtowny. Stopień zaawansowania procesów starzeniowych izolacji stałej identyfikowany jest albo poprzez badania stopnia polimeryzacji DP papieru lub częściej, w sposób pośredni, na podstawie oznaczenia zawartości związków furanu rozpuszczonych w oleju.

Podobnym procesom, powodującym powolną degradację wskutek utleniania, podlega izolacja ciekła wypełniająca kadzi transformatora. Na rys. 3 przedstawiono różne stopnie zużycia oleju i typowe wartości parametrów badanych laboratoryjnie, określających



Rys. 3. Procesy starzeniowe izolacji olejowej

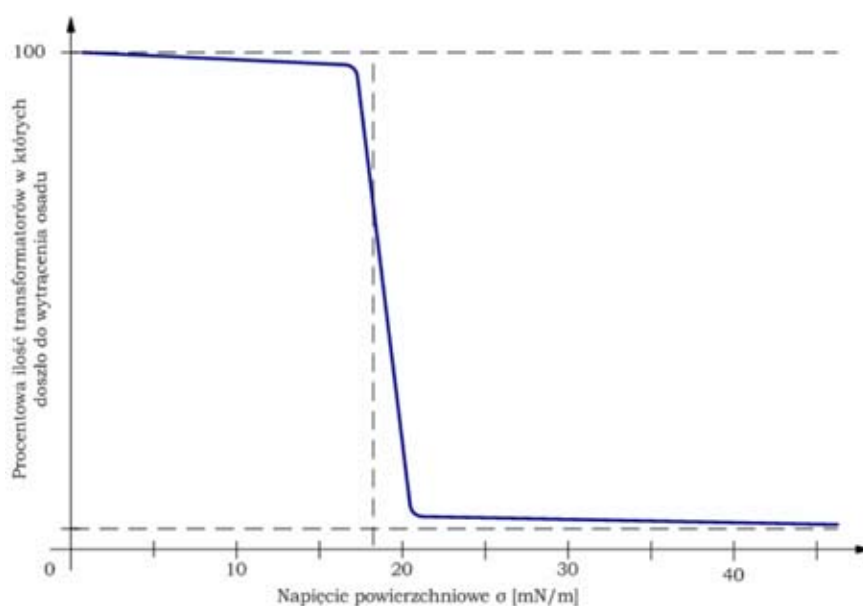
stopień jego zesterzenia. Dla zobrazowania zaawansowania tych procesów, przypisano im kilka typowych stanów, identyfikowanych w trakcie wieloletniej eksploatacji transformatora.

Wskutek zachodzących procesów utleniania materiałów elektroizola-

sy karboksylowe oraz gazy, takie jak tlenki węgla, wodór i węglowodory (oznaczane metodą chromatografii gazowej). Część z nich może wchodzić w dalsze reakcje (również pomiędzy sobą) i przyspieszać rozwój procesów degradacji, prowadząc do wydzielania

utrudniając oddawanie ciepła i katalizując przebieg dalszych, negatywnych zmian w układzie izolacyjnym. Oczwistym tego skutkiem jest osłabienie wytrzymałości elektrycznej układu izolacyjnego i zagrożenie wystąpienia awarii transformatora.

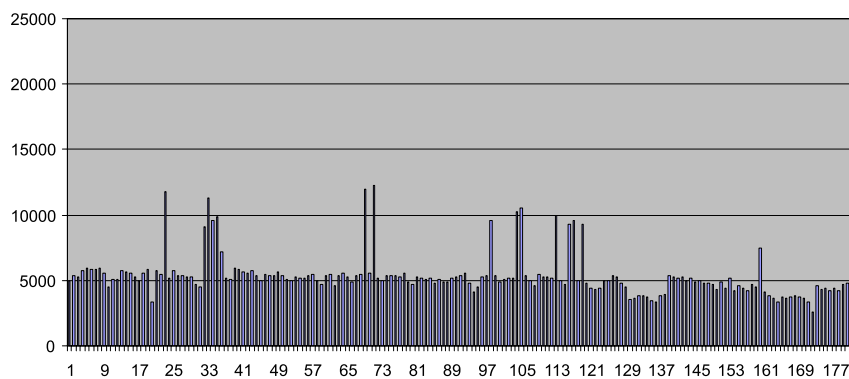
Dominującymi czynnikami wpływającymi na tempo degradacji materiałów dielektrycznych są temperatura oraz zawilgocenie. Każdy transformator przeznaczony do pracy w naszych warunkach klimatycznych zaprojektowany jest zgodnie z wymaganiami określonymi m.in. w [2]. Według wytycznych zawartych w przywołanej normie, temperatura najgorętszego miejsca w transformatorze nie przekracza 98°C, przy średniej rocznej otoczenia wynoszącej 20°C, co oznacza, że w takich warunkach transformator powinien przepracować okres ok. 30 lat, zakładany przez projektanta. Aby w sposób przybliżony zobrazować wpływ zmian temperatury pracy transformatorów na procesy starzeniowe izolacji, wystarczy wspomnieć, że przyjmuje się [7], iż każde zwiększenie maksymalnej temperatury o (7÷10)°C powoduje dwukrotny wzrost tempa tych procesów i odwrotnie – takie samo obniżenie temperatury spowalnia te przemiany o połowę. Charakter pracy



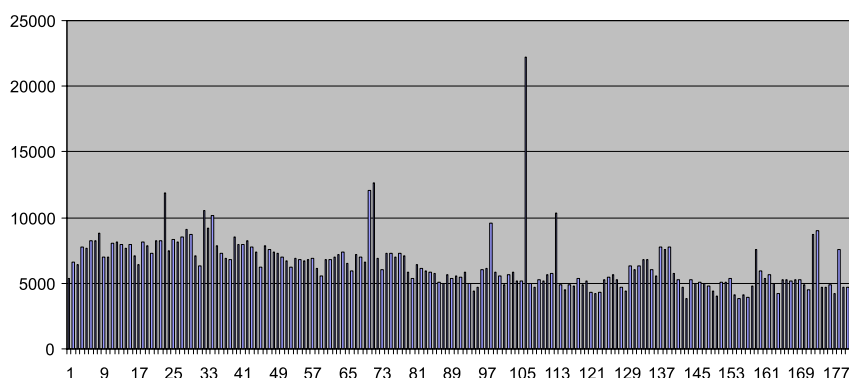
Rys. 4. Procent populacji transformatorów z wytrąconymi produktami zesterzenia oleju w zależności od wartości napięcia powierzchniowego

cyjnych, zarówno stałych jak i oleju, powstają jako produkty uboczne m.in. woda, alkohole, aldehydy, ketony, kwa-

się wody oraz znacznych ilości osadu (rys. 4), który w postaci warstwy osiada na powierzchni części aktywnej,



Rys. 5. Przykładowa charakterystyka obciążenia transformatora nr 1 – o mocy 25MVA



Rys. 6. Przykładowa charakterystyka obciążenia transformatora nr 2 – o mocy 25MVA

urządzeń eksploatowanych w spółce dystrybucyjnej pod tym względem wpływa korzystnie na dynamikę procesów degradacji materiałów dielektrycznych. Na rys. 5 i 6 przedstawiono przykładowe charakterystyki obciążenia transformatorów na stacjach elektroenergetycznych należących do spółki. Na osi „x” znajduje się czas pracy transformatora [dni], a na osi „y” obciążenie mocą czynną [kW].

W obydwu przypadkach obciążenie ciągle oscyluje w granicach (5÷8)MW, przy mocy uzwojeń 25MVA. Podobny obraz obciążeń obserwowany jest dla większości transformatorów badanej populacji.

Kolejnym czynnikiem skracającym czas życia transformatorów jest zawilgocenie. Woda w układzie elektroizolacyjnym, oprócz negatywnego wpływu powodującego w wieloletniej perspektywie przyspieszenie procesów starzeniowych, może również w skrajnych przypadkach doprowadzić w sposób nagły do obniżenia wytrzymałości elektrycznej układu elektroizolacyjnego i uszkodzenia transformatora. Ma to miejsce przy gwałtownym wzroście temperatury najgorętszego miejsca w części aktywnej transformato-

ra powyżej temperatury krytycznej, która w transformatorze z akceptowalną zawartością wody wynosi około (140÷160)°C. Gdy zawartość wody w izolacji papierowej jest wysoka (powyżej 2,5% wg kryteriów DOBLE), temperatura ta obniża się do poziomu, który może być osiągnięty w przypadku gwałtownego wzrostu obciążenia w warunkach normatywnie przewidzianych i uwzględnionych przez konstruktorów jako przeciążeniowe.

Wytworzone w takiej sytuacji i uwolnione z części aktywnej pęcherzyki gazu w obszarze wysokich napiężeń elektrycznych mogą obniżyć wytrzymałość układu elektroizolacyjnego poniżej bezpiecznego poziomu.

Pomijając jednak kilka wyjątkowych przypadków można przyjąć, że generalnie transformatory sieciowe o kilkudziesięcioletnim czasie pracy na stacjach elektroenergetycznych należących do analizowanej spółki dystrybucyjnej nie były mocno obciążane. W związku z tym należy spodziewać się w tych jednostkach niewielkiego stopnia degradacji układu izolacyjnego, co przemawia za ich utrzymaniem w ruchu przez kolejne lata, przy zastosowaniu jedynie relatywnie niedrogich zabiegów uzdatniających oraz prac konserwacyjno-remontowych wykonywanych na miejscu zainstalowania.

3. Narzędzia diagnostyczne wspomagające kwalifikację transformatorów do zabiegów wydłużających życie tych urządzeń

Realizowany program diagnostyczny transformatorów 110kV/SN ma na celu uzyskanie pełnej oceny ich stanu technicznego, określenie przyczyn i zlokalizowanie ewentualnych negatywnych zmian w ich obrębie. Pozwoli to na określenie możliwości eksploatacyjnych w szerszej perspektywie czasowej, a także odpowiednio

Tabela 2.

Stan	Indeks AHL	Definicja	
		wg [6]	wg [8]
Normalny	4	Bez oczywistych problemów. Nie trzeba przeprowadzać żadnych zabiegów eksploatacyjnych. Brak oznak degradacji.	
Ostrzegawczy	3	Nie ma znaczącego wpływu na niezawodność krótkoterminową. W przypadku nie podjęcia działań zapobiegawczych i zabiegów eksploatacyjnych może mieć niekorzystny wpływ na niezawodność długoterminową.	Transformator ze znanymi defektami. Bez aktywnych uszkodzeń.
Alarmowy	2c	Może pozostać w eksploatacji. Niezawodność krótkoterminowa najprawdopodobniej obniżona. Poprawa stanu technicznego w drodze podjęcia zapobiegawczych zabiegów eksploatacyjnych może być niemożliwa.	Transformator z uszkodzeniem niepogłębiającym się.
	2b		Transformator z uszkodzeniem pogłębiającym się. Oczekiwane osiągnięcie AHL = 1 w ciągu 5-10 lat.
	2a		Transformator z uszkodzeniem pogłębiającym się. Oczekiwane osiągnięcie AHL = 1 w ciągu 5 lat.
Awaryjny	1	Nie może pozostać w eksploatacji. Wymagane podjęcie zapobiegawczych zabiegów eksploatacyjnych przed ponownym włączeniem (mogą okazać się nieefektywne kosztowo, co prowadzi do konieczności wymiany).	Wymagana wymiana. Możliwość uszkodzenia w ciągu 5 lat.

wczesne zaplanowanie i przeprowadzenie działań zapobiegawczych oraz naprawczych.

Dzięki narzędziom stosowanym we współczesnej diagnostyce transformatorów energetycznych, bez demontażu jednostek ze stanowiska pracy, czy wyjmowania części aktywnej z kadzi, możliwa jest dokładna ocena stanu technicznego poszczególnych elementów transformatora, które mają decydujący wpływ na niezawodną pracę tych urządzeń i w konsekwencji całego systemu elektroenergetycznego.

W energetyce światowej formułowane są wytyczne, które służą identyfikacji i klasyfikacji jednostek pod względem ich przydatności do eksploatacji oraz mających na celu ujednolicenie procedur związanych z zarządzaniem majątkiem sieciowym. W omawianym przypadku przyjęto do stosowania kryterium, w myśl którego transformator, lub poszczególnym jego elementom, przypisuje się jeden z czterech stanów technicznych (tabela 2). Dla porównania zestawiono opracowany w National Grid w Wielkiej Brytanii [8] tzw. indeks stanu technicznego AHI (Asset Health Index), który ma służyć szacowaniu pozostałego czasu życia eksploatowanych transformatorów.

Poprawna ocena stanu technicznego transformatora nie może ograniczać się jedynie do interpretacji bieżących wyników badań i pomiarów. Powinna natomiast opierać się o ocenę:

- uzyskanych rezultatów oraz dynamiki zmian mierzonych parametrów,
- stopnia zagrożenia w oparciu o znajomość mechanizmów powstawania uszkodzeń i porównania z wielkościami odniesienia (wyniki badań fabrycznych, przebiegi wzorcowe, itp.),
- trendu uzyskiwanych wyników,
- analizy statystycznej uzyskiwanych wyników.

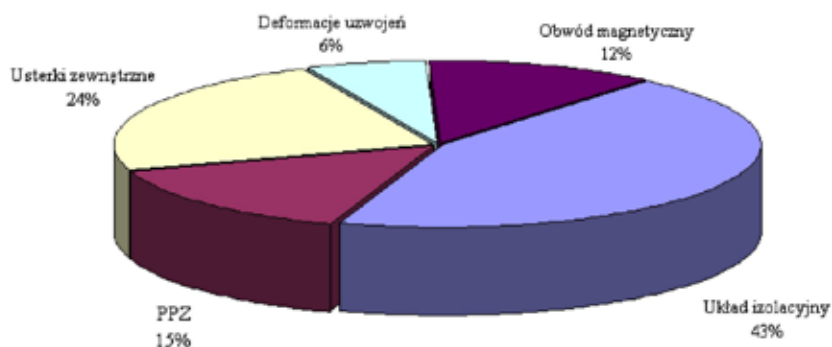
Dla dopełnienia wniosków, należy każdorazowo uwzględnić informacje w postaci:

- historii eksploatacji i ewentualnych zdarzeń w trakcie jej prowadzenia,
- przebiegu i zakresu wykonanych napraw, modernizacji czy remontów, itp.

W celu określenia stanu technicznego badanego transformatora wykorzystuje się narzędzia zaliczane do dwóch głównych grup: „on-line” i „off-

Tabela 3.

Wyróżniony element konstrukcji transformatora	Metody badań stosowane w diagnostyce	Najczęstsze usterki i anomalie stwierdzane w badanych transformatorach
Obwód magnetyczny	Analiza wibroakustyczna umożliwiająca ocenę stanu rdzenia Analiza chromatograficzna gazów rozpuszczonych w oleju DGA	Grzanie elementów konstrukcyjnych obwodu magnetycznego. Luzy w elementach ściągających i prasujących elementy obwodu magnetycznego.
Układ izolacyjny	Pomiary współczynnika stratności $\tan\delta$ Pomiar rezystancji izolacji Badanie stopnia zawilgocenia izolacji stałą metodą FDS Pomiar intensywności wyładowań niezupełnych (PD) metodą akustyczną wraz z lokalizacją miejsca ich generacji Analiza chromatograficzna gazów rozpuszczonych w oleju DGA Analiza zawartości związków furanu Badanie właściwości oleju: - dielektryczne - fizykochemiczne - zawartość wody	Zawilgocenie i zesterzenie układu izolacyjnego oraz wewnętrzne defekty.
Uzwojenia i odpływy	Diagnostyka stanu mechanicznego uzwojeń metodą FRA Pomiar intensywności wyładowań niezupełnych (PD) metodą akustyczną wraz z lokalizacją miejsca ich generacji Pomiar rezystancji uzwojeń Pomiar prądów magnesujących Pomiar reakcji rozproszenia Badanie termowizyjne rozkładu temperatury płaszcza kadzi i osprzętu	Poluzowane połączenia odpływów uzwojeń z izolatorami przepustowymi. Uszkodzenia dynamiczne i zwarcia zwojowe. Lokalizacja miejsc przegrzania.
Podobieżeniowy przełącznik zaczerwów	Pomiar czasów własnych PPZ Badanie mocy pobieranej przez układ napędowy PPZ Badanie termowizyjne rozkładu temperatury	Nieprawidłowa regulacja PPZ. Usterki układu napędowego PPZ. Zwarcia lub przerwy na stykach głowicy przełącznika.
Izolatory przepustowe	Pomiary współczynnika stratności $\tan\delta$ Badanie termowizyjne rozkładu temperatury	Uszkodzenia mechaniczne porcelany. Grzanie poluzowanych połączeń śrubowych. Wycieki oleju wskutek wad montażowych lub złej jakości uszczelnień.
Kadź	Oględziny zewnętrzne	Wycieki oleju. Uszkodzenia powłoki lakierniczej i korozja płaszcza kadzi.



Rys. 7. Statystyka uszkodzeń i usterek wykrywanych w spółce dystrybucyjnej w trakcie badań diagnostycznych transformatorów w ostatnich 5-ciu latach

Tabela 4.

Transformator	Rok produkcji	Moc [MVA]	Zawilgocenie izolacji papierowej [%]	Zawartość 2FAL [ppm]	Zawartość wody [ppm]	Liczba kwasowa [mgKOH/g]
TONR 16000/110	1958	16	3,6	0,4	16	0,17
PDRUF 40000/110	1961	31,5/20/20	2,4	0,2	9	0,18
TTUS-HSCNL	1961	31,5/20/20	2,4	brak	13	0,22
TR 10000/110	1969	10	2,5	śladowa	9	0,08
TRDT 25000/110	1972	25	2,5	brak	3	0,02
TRDT 32000/110x	1976	32/16/16	1,7	brak	2	0,06

line”, wzajemnie się uzupełniających i wspomagających. Prowadzona dla omawianej populacji transformatorów

diagnostyka ukierunkowana jest na dokładną identyfikację oraz, co równie ważne, lokalizację ewentualnych za-

groźni, które determinują możliwość podjęcia decyzji o dalszym postępowaniu z transformatorem (pozostawieniu w eksploatacji, przeprowadzaniu zabiegów mających na celu wydłużenie ich czasu bezawaryjnej pracy lub wycofaniu z eksploatacji).

Poniżej przedstawiono poszczególne elementy transformatora wraz z metodami badań służącymi indywidualnej ich ocenie, dającymi zarazem kompletny obraz stanu technicznego jednostki (tabela 3).

Na rys. 7 przedstawiono rozkład statystyczny nieprawidłowości stwierdzanych na podstawie prowadzonych badań diagnostycznych.

W tabeli 4 przedstawiono reprezentatywną grupę jednostek, w których stwierdzono występowanie najpowszechniejszych wad i anomalii wykrywanych w ramach prowadzonych badań diagnostycznych transformatorów o czasie eksploatacji przekraczającym 30 lat.

Z danych zamieszczonych na rys. 7 oraz w tabeli 4 wynika, że głównymi problemami technicznymi napotkanymi w transformatorach eksploatowanych od kilkudziesięciu już lat są nieprawidłowości zlokalizowane w podobciążeniowych przełącznikach zaczepów (głównie w głowicach), zawilgocenie układu izolacyjnego, zesterzenie izolacji olejowej oraz drobne usterki w postaci wycieków oleju, zawilgoconego silikażelu, korozji płaszcza kadzi, itp. Rzadziej natomiast identyfikowane są deformacje uzwojeń, czy anomalie w obwodzie magnetycznym.

W przypadku uszkodzeń o charakterze krytycznym, bądź stwierdzonej degradacji izolacji papierowej w stopniu zagrożającym dalszej bezawaryjnej pracy jednostki, transformatory są doraźnie wymieniane na nowe lub pochodzące z rezerwy. Dla jednostek, w przypadku których rezultaty prowadzonej diagnostyki nie ujawniły zaawansowanego stopnia degradacji izolacji papierowej, podejmuje się decyzję o zastosowaniu procedur mających na celu poprawę stanu technicznego w obszarze, w którym wykryto anomalie oraz nieprawidłowości. Wśród zabiegów przyjętych do stosowania w praktyce eksploatacyjnej, oprócz zaliczanych do standardowych realizowanych przez służby serwisowe spółki dystrybucyjnej, należą:

- przeglądy podobciążeniowych przełączników zaczepów,
- suszenie izolacji papierowej na miejscu zainstalowania transformatora,
- regeneracja oleju elektroizolacyjnego z wykorzystaniem ziemi okrzemkowej.

Poniżej przedstawiono doświadczenia zebrane na podstawie dotychczas przeprowadzonych prac ukierunkowanych na wydłużenie czasu życia transformatorów energetycznych.

4. Przykłady praktyczne

4.1. Suszenie izolacji stałej transformatorów na miejscu ich zainstalowania

W związku z często spotykanym

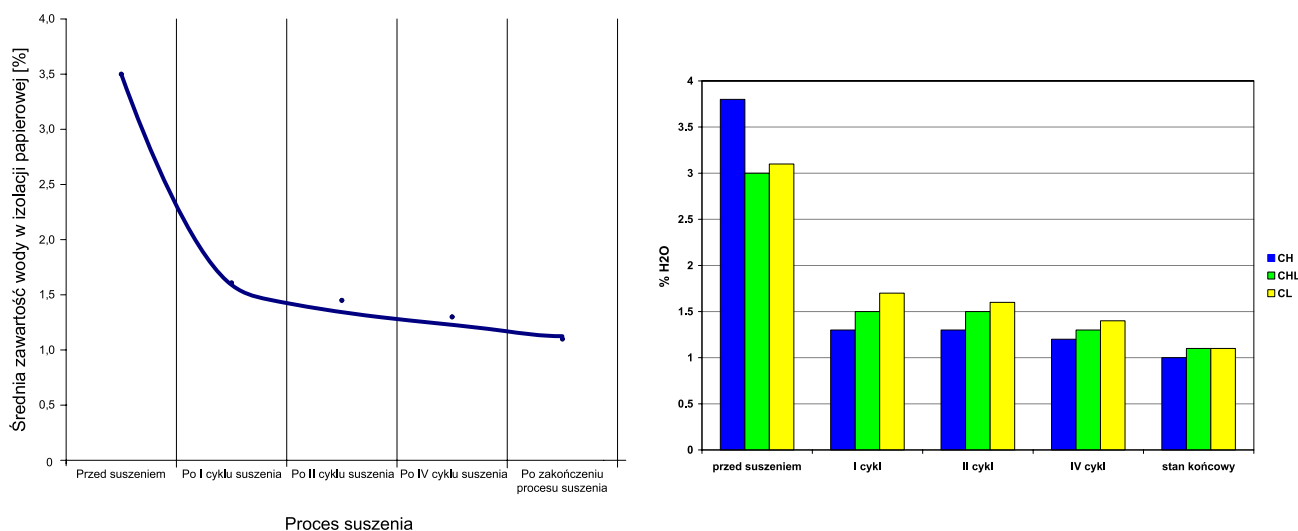
problemem nadmiernego zawilgocenia układu izolacyjnego opracowano i wdrożono metodę suszenia izolacji stałej transformatorów na miejscu ich zainstalowania. Jest ona również stosowana z powodzeniem dla transformatorów zaliczanych do grupy I, o zawartości wody w izolacji stałej wynoszącej nawet powyżej 3,5%.

Każdorazowo, dla konkretnego transformatora, metoda suszenia zostaje dostosowana indywidualnie do faktycznego stopnia zawilgocenia układu izolacyjnego oraz konstrukcji kadzi i jej wytrzymałości na działanie próżni, w tym komory PPZ, układu chłodzenia, itp. Zawilgocenie izolacji papierowej określane jest dzięki zastosowaniu badania metodą spektroskopii dielektrycznej w dziedzinie częstotliwości (FDS), umożliwiającej wiarygodne określenie średniej zawartości wody w izolacji stałej oraz ocenę zagrożenia podczas eksploatacji.

W efekcie przeprowadzonego zabiegu, średnia zawartość wody w izolacji papierowej zostaje obniżona do poziomu bezpiecznego dla dalszej pracy transformatora, nie przekraczającego 1,5%.

4.1.1. Transformator sieciowy 25MVA, 110/20/6,6kV, rok budowy: 1976

Na podstawie wyników badań diagnostycznych stwierdzono, że średnia zawartość wody w izolacji papierowej badanej jednostki wynosiła około 3,5%, co oznaczało wysoki stopień zawilgocenia. Stan taki wymagał podjęcia



Rys. 8. Przebieg procesu suszenia i jego efektywność oceniana na poszczególnych etapach

skutecznych i bezzwłocznych działań, ze względu na realne zagrożenie dla bezawaryjnej pracy transformatora.

W wyniku zastosowania opracowanej metody suszenia, zawartość wody w izolacji stała się obniżona do bezpiecznego poziomu dla dalszej eksploatacji transformatora, który po zakończeniu prac wynosił około 1,1% (rys.8).

4.2. Regeneracja oleju transformatorowego z wykorzystaniem ziemi okrzemkowej

Statystycznie najczęstszym problemem identyfikowanym w prowadzonej diagnostyce transformatorów eksploatowanych od kilkudziesięciu lat, jest znaczne zesterzenie izolacji olejowej. W roku 2010, w spółce dystrybucyjnej podjęto decyzję o wprowadzeniu do



Rys. 9. Widok próbek oleju przed i po zakończeniu regeneracji

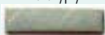
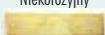
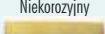
Tabela 5.

Rodzaj badania	Przed regeneracją	Po regeneracji	Po roku od regeneracji	Po dwóch latach od regeneracji	Wartości wymagane wg IET
Barwa	7	2	2	2	nie określona
Klarowność	mętny	klarowny	klarowny	klarowny	klarowny
Zawartość wody wydzielonej	nie zawiera	nie zawiera	nie zawiera	nie zawiera	nie zawiera
Zawartość stałych ciał obcych	zawiera wydzielony osad	nie zawiera	nie zawiera	nie zawiera	nie zawiera
Zawartość wody met. K. Fischera [ppm]	14 przy temp. oleju 34°C	3 przy temp. oleju 27°C	4 przy temp. oleju 10°C	9 przy temp. oleju 40°C	≤ 25 w temp. oleju 50°C
Liczba kwasowa [mgKOH/g _a]	0,31	0,01	0,02	0,04	≤ 0,25
Temperatura zapłonu [°C]	150	148	146	146	≥ 130
Napięcie przebicia [kV]	65	82	81	76	≥ 45
Rezystywność ρ [Ωm] w temp.	20°C	5,1 x 10 ¹⁰	8,2 x 10 ¹²	2,8 x 10 ¹²	—
	50°C	1,0 x 10 ¹⁰	5,3 x 10 ¹¹	1,4 x 10 ¹¹	≥ 5,0 x 10 ⁹
Współczynnik strat dielektrycznych tgδ w temp.	20°C	0,0048	0,0003	0,0007	—
	50°C	0,017	0,0021	0,0033	≤ 0,07
Napięcie powierzchniowe [mN/m]	17	46	44	43	≥ 20
Wskaźnik polarności ε — n ²	0,0686	0,0183	0,0191	0,0194	≤ 0,0600

stosowania w takich przypadkach regeneracji oleju elektroizolacyjnego z zastosowaniem ziemi okrzemkowej (tzw. glinki fulerskiej). Zabieg taki przeprowadzono z dobrym skutkiem w kilkudziesięciu transformatorach. Podczas jego trwania poprawie ulegają nie tylko parametry oleju, ale i jego wygląd (rys. 9).

Jako przykład efektywności regeneracji może posłużyć olej, którego stan został zakwalifikowany jako silnie zesterzony, pochodzący z transforma-

Tabela 6.

Data badania	PARAMETRY OLEJU				KOROZYJNOŚĆ OLEJU	
	Współ. strat dielektrycznych tgδ w temp. 90°C	Rezystywność w temp. 50°C [Ωm]	Liczba kwasowa mg KOH/g	Napięcie powierzchniowe [mN/m]	Badanie w warunkach wg PN-EN 62535	Zawartość DBDS* [mg/kg]
Przed regeneracją 01.2013r.	0,0398	4,6x10 ⁹	0,19	21	Korozyjny 	108
Po regeneracji 02.2013r.	0,0005	5,7x10 ¹²	0,01	45	Niekorozyjny 	<2
Po 2 latach dalszej eksploatacji	0,0009	5,1x10 ¹²	0,01	45	Niekorozyjny 	<2

* DBDS- disiarzek dibenzylu - związek chemiczny, będący główną przyczyną korozyjności olejów, który był dodawany w latach 1995-2006 podczas produkcji w celu zwiększenia odporności na starzenie

tora wyprodukowanego w roku 1964. W tabeli 5 zestawiono wyniki badań laboratoryjnych jego parametrów wykonanych bezpośrednio przed i po zabiegu, a następnie w trakcie dalszego użytkowania w odstępie rocznym i dwuletnim. Obok podano obowiązujące wymagania Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów – wyd. 2012r. dla wartości poszczególnych wskaźników izolacji cieplej transformatorów II grupy.

Zarówno powyższe dane, jak i zgromadzone dotychczasowe doświadczenia zebrane na podstawie prac przeprowadzonych dla transformatorów eksploatowanych w polskim systemie elektroenergetycznym, potwierdzają zasadność stosowania technologii regeneracji oleju z użyciem ziemi okrzemkowej w celu przywrócenia pierwotnych wartości parametrów dielektrycznych i fizyko-chemicznych izolacji cieplej, a tym samym wydłużenia żywotności transformatorów.

Odrębną grupę stanowią transformatory, które zostały napełnione olejem zawierającym siarkę korozyjną. Problem ten, choć dotyczy głównie jednostek wyprodukowanych w latach 1995 – 2006 (stosowano wtedy korozyjne gatunki oleju, do których zalicza się szeroko rozpowszechniony Nytro 10GBN i 10BN firmy Nynas), pojawia się także w transformatorach starszych ze względu na dokonywanie w tym czasie wymian oleju lub znaczących (powyżej 10% objętości) dolewek. Problem siarki korozyjnej został dobrze rozpoznany zarówno w światowej, jak i w krajowej energetyce. Na temat zagrożenia oraz sposobów jego eliminacji powstały broszury CIGRE [10, 11] oraz liczne publikacje, w tym [12, 13]. Omówiono w nich różne metody, które stosuje się w celu usunięcia przyczyn potencjalnego niebezpieczeństwa utworzenia się przewodzących osadów siarczku na miedzi i papierze izolacyjnym transformatorów.

W krajowej energetyce dla jednostek napełnionych olejem korozyjnym stosuje się najczęściej i z dużym powodzeniem omówioną regenerację oleju.

Poniżej podano przykład transformatora sieciowego 16MVA wyprodukowanego w 1975 roku, w którym po 25 latach pracy dokonano wymiany oleju na nowy, jak się okazało korozyjny.

W roku 2013 podjęto decyzję o przeprowadzeniu zabiegu regeneracji izolacji cieplej na miejscu zainstalowania dla usunięcia zagrożenia. W tabeli 6 zestawiono wyniki badań laboratoryjnych oleju korozyjnego wykonane przed regeneracją i po jej zakończeniu, a następnie po dwóch latach dalszej eksploatacji jednostki.

5. Wnioski

W krajowym systemie elektroenergetycznym część populacji transformatorów to jednostki o kilkudziesięcioletniej eksploatacji, wśród których większość jest w dobrym stanie technicznym, co potwierdzają wyniki prowadzonych badań diagnostycznych. Ich dalsze użytkowanie w dłuższej perspektywie czasowej jest możliwe przy relatywnie niskich nakładach finansowych na wykonanie niezbędnych prac i zabiegów.

Prawidłowo realizowany program diagnostyczny umożliwia optymalną kwalifikację transformatorów do wykonania niezbędnych działań mających na celu poprawę ich stanu technicznego i wydłużenie czasu bezawaryjnej pracy.

Ekonomiczne uzasadnienie podejmowanych decyzji dotyczących konieczności wykonania zabiegów stanowi koszt, który wynosi od kilku do kilkunastu procent ceny nowego transformatora o tej samej mocy znamionowej (zróżnicowany w zależności od rodzaju usługi).

Przy niewielkich nakładach inwestycyjnych można wydłużyć czas bezpiecznej eksploatacji transformatorów o dalsze 10÷15 lat, czego dowodzą wyniki badań prowadzonych po wykonaniu prac uzdatniających w trakcie dalszej eksploatacji tych urządzeń.

6. Literatura

- [1] Ramowa Instrukcja Eksploatacji Transformatorów – Wyd. 2012r.
- [2] PN-IEC 60354: 1999 Przewodnik obciążania transformatorów olejowych.
- [3] Aktualne problemy zarządzania eksploatacją transformatorów – M. Kaźmierski, W. Olech, D. Pawłowski – Konferencja Naukowo-Techniczna Wisła, 2008r.
- [4] Techniczne przesłanki zarządzania eksploatacją transformatorów – M. Kaźmierski, W. Olech, D. Pawłowski – Konferencja Naukowo-Techniczna Wisła, 2010r.
- [5] Raport Sesji CIGRE, Komitet Studiów A2 Transformatory 2010, 2012, 2014 – M. Kaźmierski, P. Warczyński.
- [6] Guide for Life Management Techniques for Power Transformers CIGRE 2003, Brochure No. 227, lub Przewodnik po technikach kontroli zużycia transformatorów energetycznych, wyd. PKWSE, Warszawa 2006.
- [7] Oxidation Stability of Insulating Liquids – CIGRE SC A2 – Transformers Workshop – Per Wiklund, Ivanka A. Hoehlein.
- [8] The Development and Use of an Asset Health Index for the Replacement Planning of Large Power Transformers – P. Jarman, R. Hooton, J. Owen, J. Lapworth, Z.D. Wang – CIGRE SC A2 & D1 Joint Colloquium, Kyoto Japan 2011.
- [9] Diagnostyka transformatorów – Nowoczesne metody i narzędzia – P. Warczyński, Konferencja TRANSFORMATOR'09, Toruń.
- [10] Copper Sulphide In Transformer Insulation – CIGRE 2009, Brochure No. 378.
- [11] Copper Sulphide Long Term Mitigation and Risk Assessment – CIGRE WG A2.40 – broszura techniczna w końcowym opracowaniu.
- [12] Analiza zagrożeń dotyczących izolacji olejowej eksploatowanych transformatorów oraz aktualne możliwości ich eliminacji – H. Olejniczak, T. Buchacz, B. Bednarska – Konferencja Naukowo-Techniczna Wisła, 2010r.
- [13] Regeneracja oleju mineralnego w eksploatowanych transformatorach dla przywrócenia odpowiednich właściwości, jako alternatywa dla jego wymiany – H. Olejniczak, T. Buchacz, B. Bednarska, P. Warczyński – Konferencja Naukowo-Techniczna Wisła, 2014r.

Sporządzenie audytu energetycznego

wymaga zrozumienia przebiegu procesu produkcyjnego

Piotr Kubski

1. Wprowadzenie

Aktualnie obserwujemy poważną krajową tendencją podnoszenia efektywności energetycznej procesów, instalacji i urządzeń, wsparcia ustawą o efektywności energetycznej [1] oraz jej głównymi rozporządzeniami wykonawczymi [2,3].

Właśnie ustawa [1] wskazała enumeratywnie rodzaje przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej, a mianowicie:

- 1) izolacja instalacji przemysłowych;
- 2) przebudowa lub remont budynków;
- 3) modernizacja:
 - a) urządzeń przeznaczonych do użytku domowego,
 - b) oświetlenia,
 - c) urządzeń potrzeb własnych,
 - d) urządzeń i instalacji wykorzystywanych w procesach przemysłowych,
 - e) lokalnych sieci ciepłowniczych i lokalnych źródeł ciepła;
- 4) odzysk energii w procesach przemysłowych;
- 5) ograniczenie:
 - a) przepływów mocy biernej,
 - b) strat sieciowych w ciągach liniowych,
 - c) strat w transformatorach;

6) stosowanie do ogrzewania lub chłodzenia obiektów energii wytwarzanej we własnych lub przyłączonych do sieci odnawialnych źródeł energii.

Z kolei rozporządzenie [2], wykonawcze do ustawy [1], zawiera szczegółowy wykaz (kilkudziesięciu) konkretnych przedsięwzięć technicznych służących poprawie efektywności energetycznej. A zatem istnieje bogata, krajowa baza zalecanych przedsięwzięć służących temu celowi.

W dodatku sam proces realizacji audytu został sformalizowany rozporządzeniem [3] w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu energetycznego oraz metod obliczania oszczędności energii.

Dlatego też można ocenić, że w zakresie krajowych przedsięwzięć poświęconych audytowi energetycznemu istnieje niezbędna podstawa formalna dla sporządzania audytów energetycznych.

A zatem nasuwa się konieczność przypomnienia niektórych ważniejszych informacji, które pozwolą zrozumieć istotę procesu energetycznego i jego przebieg.

Na pewno należy do nich problem nieodwracalności termodynamicznej, która generuje określone straty energetyczne.

Motto: A. Waligórski (1926-1992):

*Zrobił wilk elektrownię, lecz by prąd uzyskać
Spalał w niej cały węgiel z kopalni od liska.
Kopalnia z elektrowni cały prąd zżerała,
Stąd brak światła i węgla. Ale system działa!*

Dlatego też zostaną przypomniane ważniejsze pojęcia podstawowe z dorobku klasycznej termodynamiki w tej materii. W szczególności zostaną przypomniane praktyczne zasady zmniejszające niedoskonałość procesów cieplnych. Przypomnienie tych zasad jest ważne nie tylko na etapie projektowania przebiegu określonych procesów technologicznych. Może także być właściwą podstawą poszukiwania rozwiązań pro-efektywnościowych w zakresie gospodarowania energią, a uzmysłowienie ich może być wstępnym, ale koniecznym krokiem przy przeprowadzaniu audytu energetycznego. Co jest też głównym celem niniejszego artykułu.

Przy okazji omawiania problemu nieodwracalności można zauważyć, że przebieg nieodwracalności termodynamicznej rzeczywistych procesów może wyznaczać kierunek upływu czasu, co było kiedyś obszarem zainteresowań autora tego tekstu [4].



**dr inż.
Piotr Kubski**
Towarzystwo
Konsultantów Polskich
Oddział Gdańsk

Making an energy audit

requires a good
understanding of the
process technology

Подготовка энергоаудита требует

понимания производственного
процесса

Streszczenie: Wymóg racjonalnej oceny energetycznej procesów wymusza konieczność zrozumienia przebiegu fizyki procesów, jako punktu startowego przed wykonaniem właściwego audytu. Przypominając podstawowe pojęcia z termodynamiki i w nawiązaniu do energii, omówiono pojęcie egzergii oraz jej strat, podkreślając podstawową różnicę między nimi, czego wykładnią jest zasada zachowania wiążąca tylko energię. Podano ogólny sposób wyznaczania strat egzergii, będących miarą nieodwracalności rzeczywistego procesu. Wskazano główne reguły ograniczające poziom potencjalnych strat egzergii. Ograniczenie tych strat przyniesie oczekiwany wzrost efektywności energetycznej.

Abstract: The objective evaluation of the processes involving energy requires as a starting point a good understanding of the physics of these processes. Going back to the basics of the thermodynamics related to the energy issues, an exergy problem has been discussed and in particular its losses, emphasizing the basic difference between these losses, indicating that the conservation principle involves only the energy. A general method of the determination of the exergy losses has been given as they are the measure of the irreversibility of the real process. Also general principles limiting the level of the potential exergy losses have been indicated. Limiting these losses will bring about the expected upgrading of the energy efficiency.

Резюме: Требование рациональной энергетической оценки процессов усиливает необходимость понимания курса физики процессов, в качестве отправной точки перед выполнением действительного аудита. Возвращаясь к основам термодинамики в отношении к энергии, объяснено понятие эксергии и её потерь, подчеркивая принципиальное различие между этими потерями, указывая, что принцип сохранения включает в себя только энергию. Представлено общий метод определения убытков эксергии, который является мерой необратимости действительного процесса. Указано основные ключевые правила уменьшающие уровень потенциальных потерь эксергии. Ограничение этих потерь принесет ожидаемое увеличение энергоэффективности.

2. Pojęcie energii i egzergii

Dzisiaj energia, zwłaszcza chemiczna zawarta w paliwach kopalnych i uzyskanych z nich nośników, jest konieczna do życia i produkcji przemysłowej, niezbędna w transporcie, do wytwarzania energii elektrycznej a także przy ogrzewaniu czy oświetleniu. Obserwowany ciągły wzrost zapotrzebowania na energię i to w jej różnych postaciach, wynika w szczególności z zalet energii elektrycznej, a ponadto z kurczenia się zasobów kopalnych, ze względów ekologicznych i ekonomicznych, jednocześnie wymuszając ciągle nowe wyzwania i w konsekwencji zainteresowanie się nowymi, niekonwencjonalnymi źródłami i technologiami konwersji energii.

Zatem pojęcie energii, jako pojęcie podstawowe, wprowadzone przez T. Younga (1807), określa skalarną wielkość charakteryzującą stan układu fizycznego (ciała, układu ciał, pól fizycznych) lub też jako miarę zdolności określonego układu do wykonania pracy. Służy więc do ilościowego określenia różnych rodzajów ruchu i wzajemnego oddziaływania układów fizycznych.

Fizyka nam podpowiada, że energia oznacza wielkość podlegającą prawu zachowania. Dlatego też energia może być przekazywana między różnymi postaciami materii i może zmieniać swoją jakość, nie można jednak jej ani stworzyć, ani zniszczyć. Właśnie z fizyki znamy sposoby jej przenoszenia: za pomocą energii elektrycznej, na sposób pracy, na sposób ciepła a także za pośrednictwem strumienia substancji.

Natomiast w języku potocznym, wg J. Szarguta [5], pojęcie energii zarezerwowane jest tylko dla takich jej wybranych postaci, które charakteryzują się odpowiednią, podwyższoną jakością i dzięki temu nadają się do podtrzymywania biegu tych procesów technologicznych, które wytwarzają użyteczne efekty. Są to zatem takie postaci energii, które mają określoną wartość ekonomiczną.

Dlatego też, właśnie w języku codziennym, również i publikatorów, spotykamy inne, niż wskazane uprzednio, rozumienie energii. Pojawiają się tu bowiem takie wyrażenia, jak: „dostawy energii”, „oszczędność energii”, „kryzys energetyczny”, „straty energii” i wiele podobnych, nie wspominając już o „energii cieplnej”.

Z punktu widzenia logiki oraz zasady

zachowania energii wyrażenia te nie są ściśle. W konsekwencji brzmienia tej zasady nie jest zatem możliwe występowanie strat energii, bowiem energia może tylko zmienić swą postać, a ilościowo zawsze pozostanie bez zmiany. Podobnie, nie jest też celowe oszczędzanie energii, gdyż można ją czerpać z przyrody w dowolnej ilości. Natomiast popularne oszczędzanie może dotyczyć jedynie określonej postaci energii, o wysokim poziomie jakości, np. energii elektrycznej lub energii chemicznej określonych paliw.

Przy ocenie jakościowej energii z pomocą przychodzi nam termodynamika, gdzie jako miernik jakości energii przyjmuje się zdolność do wykonania pracy w istniejącym, naturalnym otoczeniu, objętym działalnością wytwórczą człowieka [5].

Wspomniany miernik jakości energii został wprowadzony w 1955 r. przez Zorana Ranta (1904-1972) i nazwany (nieco później) egzergią. Ale prekursorami (w dzisiejszym rozumieniu) analizy egzergetycznej byli G. Gouy (1889) oraz A. Stodola (1898), którzy sformułowali prawo określające utratę zdolności do wykonania pracy, czyli stratę wynikającą z nieodwracalności termodynamicznej.

Pod pojęciem egzergii rozumie się maksymalną pracę, jaką układ termodynamicznie otwarty może wykonać w danym otoczeniu przechodząc do stanu równowagi z otoczeniem. W tej definicji otoczenie traktuje się jako zbiornik beзуżytecznej energii i materii o stałej temperaturze. Warto też podkreślić, iż maksymalną energię uzyskuje się w procesie przebiegającym w sposób odwracalny.

A zatem w potocznym rozumieniu, egzergia to zdolność określonego zasobu energii do wykonania pracy; cechuje ją ilość i jakość; ulega zniszczeniu, gdy jest wykorzystywana.

Wg pracy [6] równoważną definicję egzergii podał W.-F. Riekert (1974): jest to minimalny nakład pracy niezbędny do wytworzenia rozpatrywanego materiału o wymaganych parametrach z powszechnie występujących składników otaczającej przyrody, w sposób odwracalny z wykorzystaniem otoczenia, jako jedyne go źródła ciepła.

Termin egzergia, choć w pojęciowo pochodzi z końca XIX w., to do dzisiaj brzmi nieco tajemniczo, szczególnie dla mniej obeznanych z podstawami termodynamiki, nawet odstraszaając co niektórych. Nie sposób jednak oczekiwać, by w co-

dziennym języku nastąpiło wyeliminowanie wskazanych uprzednio, niezupełnie poprawnych wyrażen i zastąpienie ich ściśle poprawnymi odpowiednikami typu „oszczędzanie egzergii”, „kryzys egzergetyczny” itp. Ale zgodnie z postulatem J. Szarguta [5] powinno się natomiast upowszechniać stosowanie terminu „strata egzergii”, bowiem termin ten ma zupełnie inny sens niż „strata energii”. Wynika to z podstawowej cechy egzergii, która w odróżnieniu od energii, nie podlega bowiem prawu zachowania.

Zgodnie z kanonami termodynamiki, w każdym rzeczywistym procesie występuje nieunikniona i bezzwrotna strata egzergii. Straty egzergii, zgodnie z drugą zasadą termodynamiki, są spowodowane przez nieodwracalność przebiegu wszystkich procesów rzeczywistych.

Termodynamika podpowiada nam także (prawem Gouya - Stodoli) [6], w jaki sposób należy wyznaczać straty egzergii dla typowych nieodwracalnych procesów rzeczywistych, mianowicie jako iloczyn bezwzględnej temperatury otoczenia i sumy przyrostów entropii ciał uczestniczących w rozpatrywanym procesie.

Analiza egzergetyczna wskazuje zatem możliwość udoskonalenia procesu cieplnego, nie rozstrzyga jednak o celowości jego udoskonalenia. Celowość taka powinna zostać wykazana analizą ekonomiczną.

3. Typowe narzędzia stosowane w audytach energetycznych

Do podstawowych narzędzi powszechnie stosowanych w analizach techniczno-ekonomicznych, jak i w audytach energetycznych, należą:

- bilanse substancji,
- bilans energii,
- wskaźniki efektywności energetycznej,
- wskaźniki efektywności ekonomicznej.

Dodatkowymi narzędziami z zakresu termodynamiki są:

- bilans egzergii,
- koszt egzergetyczny.

Poprzez analogię do bilansu energii, posługujemy się bilansem egzergii. Jak już wspomniano, egzergia nie podlega prawu zachowania. Jako podstawa analizy egzergetycznej służy jednak stosowne równanie bilansu egzergii. Zamknięcie bilansu egzergii następuje bowiem poprzez uwzględnienie w tym równaniu składnika obejmującego tzw. wewnętrzne straty

egzergii wywołane nieodwracalnością procesu.

Właśnie ta składowa ocenia poziom nieodwracalności rozpatrywanego procesu.

Głównym zadaniem analizy egzergicznej jest zatem wykrywanie i ocena ilościowa strat egzergii. Dzięki takiej analizie pojawia się możliwość takiego doboru schematów cieplnych, które prowadzą do zmniejszenia strat egzergii. W tym też celu opracowano praktyczne reguły zmniejszania strat egzergii [7]. Warto je zatem przyswoić sobie.

4. Praktyczne zasady zmniejszające niedoskonałość procesów cieplnych

Szargut i Sama [7,8] sformułowali 20 praktycznych zasad zmniejszających niedoskonałość procesów cieplnych. Zdaniem ich autorów, zasady te nie obowiązują bezwzględnie, ale mogą być łamane, jeżeli jest to uzasadnione możliwością dostatecznego zmniejszenia nakładu inwestycyjnego.

Dla przypomnienia, poniżej podano treść tych zasad:

1. Dopuszczaj do występowania strat egzergii tylko wówczas, gdy są one niezbędne do ograniczenia nakładów inwestycyjnych.
2. Nie stosuj nadmiernych lub zbyt małych bodźców termodynamicznych umożliwiających realizację procesów.
3. Unikaj mieszania substancji różniących się temperaturą, ciśnieniem i składem chemicznym.
4. Unikaj chłodzenia gorącej substancji powietrzem atmosferycznym lub wodą chłodzącą oraz podgrzewania powietrzem atmosferycznym lub wodą chłodzącą czynnika mającego temperaturę niższą od temperatury otoczenia.
5. Procesy przeciwpłukowe są zawsze bardziej termodynamicznie sprawne niż współpłukowe.
6. Staraj się, by w sieciach wymienników ciepła w każdym wymienniku temperatura końcowa jednego ze strumieni była bliska temperaturze początkowej drugiego.
7. Pojemności cieplnej strumieni wymieniających ciepło powinny być zbliżone. Jeżeli występują duże różnice, spróbuj rozdzielić strumień o większej pojemności cieplnej i skierować go do dwu lub więcej wymienników ciepła.

rować go do dwu lub więcej wymienników ciepła.

8. Unikaj pośredniego nośnika pomiędzy rozpatrywanymi strumieniami.
9. Straty egzergii spowodowane przez tarcie hydrauliczne lub nieodwracalny przepływ ciepła są tym większe im niższa jest temperatura w procesie. Minimalizuj te straty szczególnie w temperaturze niższej od otoczenia.
10. Unikaj dławienia gazów lub par.
11. Lokalizuj sprężarki i wentylatory w miejscach o najniższej temperaturze.
12. Eliminuj nieszczelności rurociągów, zaworów i komór spalania.
13. Pamiętaj, że w systemach napędzanych energią chemiczną, jądrową lub mechaniczną straty ciepła do otoczenia w skraplaczach turbin, ziębiarek itp. są wynikiem przemian nieodwracalnych przebiegających w układzie.
14. Unikaj sprężania pary uprzednio rozprężonej.
15. Zmniejszając jakoś stratę egzergii staraj się nie zwiększać innej straty występującej równolegle.
16. Unikaj wydłużania łańcucha przemian termodynamicznych.
17. Staraj się realizować procesy skojarzone wytwarzające więcej niż jeden efekt użyteczny.
18. Rozważaj zawsze wpływ proponowanych zmian energetycznych na straty egzergii w innych ogniwach procesu.
19. Pamiętaj, że koszt jednostki egzergii zwiększa się w miarę postępu przemian termodynamicznych.
20. Staraj się redukować straty egzergii w miejscach, gdzie są one największe lub w miejscach, gdzie koszt jednostki egzergii jest większy.

Wskazane zasady są dobrym punktem wyjściowym nie tylko przy projektowaniu przebiegu procesów technologicznych, ale i stanowią równocześnie swojego rodzaju sprawdzian pozwalający ustalić ewentualne ogniwa procesowe, gdzie występują istotne straty nieodwracalności realizacji technicznej określonego procesu.

5. Podsumowanie

Przypomniano najważniejsze, ogólne krajowe wymagania przy prowadzeniu oceny energetycznej procesów, instalacji i urządzeń w ramach audytu energetycz-

nego w oparciu o obowiązującą ustawę o efektywności energetycznej [1] i jej główne rozporządzenia wykonawcze [2,3].

W niniejszym artykule dobitnie podkreślono konieczność zrozumienia przebiegu fizyki procesów, jako odpowiedniego punktu startowego przed wykonaniem właściwego audytu energetycznego. Dlatego też przypomniano podstawowe pojęcia z termodynamiki nawiązujące do omawianej problematyki. W nawiązaniu do energii omówiono pojęcie egzergii (oraz jej strat), podkreślając podstawową różnicę między nimi, czego wykładnią jest zasada zachowania wiążąca tylko energię. Podano ogólny sposób wyznaczania strat egzergii, będących miarą nieodwracalności rzeczywistego procesu. Wskazano główne reguły ograniczające poziom potencjalnych strat egzergii. Wymóg racjonalnej oceny energetycznej procesów podczas wykonywania audytu energetycznego wzbogacono zatem o podane zasady prowadzące do zmniejszenia niedoskonałości procesów cieplnych, a przez to do wzrostu efektywności energetycznej. Konsekwencją jej - obligowana ustawą o efektywności energetycznej - jest oszczędność paliw kopalnych, a jej wyniku następuje zmniejszenie zanieczyszczeń środowiska podczas ich wykorzystywania w gospodarce.

Bibliografia

- [1] Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej (Dz. U. 2011, poz. 551, nr 223, poz. 1459 z późn. zmian.)
- [2] Obwieszczenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej (M.P. 2013, nr 0, poz. 15)
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu energetycznego oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. 2012, nr 0, poz. 962)
- [4] Kubiński P.: Pojęcie czasu a termodynamika. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, [ISBN 0137-3676], vol. 36, nr 11, s. 17-22, 2005
- [5] Szargut J.: energia czy egzergia. Rynek Energii, nr 10, 2010. http://www.informatyzacja-w-energetyce.cire.pl/pliki/2/energ_egzergia.pdf
- [6] Szargut J.: Analiza egzergiczna procesów cieplnych, 1996. <http://www.itc.pw.edu.pl/index.php/JPT/article/viewFile/28/29>
- [7] Szargut J., Sama D.A.: Practical rules of the reduction of exergy losses caused by the imperfection of thermal processes. Proc. The Second Intern. Thermal Energy Congress, 282-285. Agadir, 1995
- [8] Szargut J., Sama D.A.: Praktische Regeln für die Verbesserung des Gütegrades von Wärme-prozessen. Österreichische Ingenieur- und Architekten Zeitschrift, no. 1, 8-11, 1999

Wiadomości gospodarcze

wydarzenia • opinie • recenzje • polemiki

Sekcja Historii Nauk Geologicznych przy Polskim Towarzystwie Geologicznym

W dniu 27 stycznia 2015 r. powstała Sekcja Historii Nauk Geologicznych przy Polskim Towarzystwie Geologicznym (SHNG PTG). Za podstawowe obszary działania sekcji uznano konsolidację środowiska osób zajmujących się historią nauk geologicznych, promocję osiągnięć polskich geologów w świecie poprzez publikacje w języku angielskim w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, dbałość o zachowanie dorobku materialnego: starodruki, rękopisy, stare mapy, literatura XIX wieku, pamięć o geologach poprzednich pokoleń i ich dokonaniach oraz inicjowanie działań mających na celu ochronę dziedzictwa geologicznego i górniczego. Akces do pracy w Sekcji zgłosiło kilkadziesiąt osób reprezentujących wszystkie ważniejsze ośrodki naukowe z dziedziny geologii i górnictwa oraz przedstawiciele przemysłu wydobywczego. Spotkania naukowe Sekcji będą odbywały się 3-4 razy do roku i będą miały charakter sesji naukowych.

Studiowanie i propagowanie wiedzy o historii badań naukowych należy do obowiązków jakie spoczywają na barkach naukowców - specjalistów z danej dziedziny naukowej. Dotyczy to również i geologii. W przypadku historii badań geologicznych na ziemiach polskich oraz badań geologicznych prowadzonych przez Polaków na świecie sytuacja jest bardzo złożona, gdyż początki systematycznych badań geologicznych i ich największy rozwój przypada na okres rozbiorów Polski. W efekcie obszar obecnej Polski był przedmiotem badań wielu znakomitych geologów niemieckich i austriackich, w mniejszym stopniu innych nacji, np. francuskich czy angielskich. Z drugiej

strony Polsce geolodzy kładli podwaliny pod poznanie geologiczne Rosji, Australii czy Ameryki Południowej. Stąd też przed środowiskiem polskich badaczy zajmujących się historią badań geologicznych otwiera się bardzo szerokie pole działania, można śledzić rozwój rozpoznania geologicznego ziem polskich lub, co była niekiedy bardzo trudne, iść śladami polskich geologów na świecie. W imię zachowania pamięci o dokonaniach wielkich geologów poprzednich pokoleń i ochrony dziedzictwa geologicznego grupa polskich członków INHIGEO (International Commission On The History Of Geological Sciences) wystąpiła z inicjatywą utworzenia w ramach Polskiego Towarzystwa Geologicznego (PTG) Sekcji Historii Nauk Geologicznych. Członkami tej grupy są: prof. dr hab. Stefan W. Alexandrowicz, prof. dr hab. Andrzej Grodzicki, dr hab. prof. PAN Piotr Krzywiec, prof. dr hab. Wojciech Narębski, prof. dr hab. Janusz Skoczylas, dr hab. prof. PAN Radosław Tarkowski, dr hab. prof. PIG-PIB Stanisław Wołkowicz, dr hab. prof. PAN Andrzej J. Wójcik i prof. dr hab. Zbigniew Wójcik.

Spotkanie założycielskie poprowadził dr hab. Stanisław Wołkowicz, prof. nadzw. PIG-PIB a udział w nim wzięło 33 badaczy reprezentujących PIG-PIB, KGHM Polska Miedź S.A., Wydział Geologii UW, ING i Muzeum Ziemi PAN i Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu. W okresie przygotowań do spotkania, jak i po nim, do jego organizatora nadeszło wiele listów od osób zainteresowanych udziałem w pracach takiej sekcji, reprezentujących Akademię Górniczo-Hutniczą, Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Śląski, Politechnikę Śląską, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie, PGNiG i Bibliotekę Narodową. Za najważniejsze kierunki działania sekcji uznano:

- Konsolidację środowiska osób zajmujących się historią nauk geologicznych, zarówno profesjonalistów,

jak i hobbystów,

- Stworzenie ośrodka umożliwiającego wymianę poglądów, informacji, prezentacji wyników badań,
- Promocję osiągnięć polskich geologów w świecie poprzez publikacje w języku angielskim w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym – skuteczny lobbying,
- Dbłość o zachowanie dorobku materialnego: starodruki, rękopisy, stare mapy, literatura XIX wieku,
- Pamięć o geologach poprzednich pokoleń i ich dokonaniach,
- Inicjowanie działań mających na celu ochronę dziedzictwa geologicznego i górniczego
- Przypominanie pokoleniu „nowoczesnych geologów” o tym, że istnieje pozainternetowa wiedza geologiczna.

Przez aklamację na pierwszą 3-letnią kadencję powołano zarząd Sekcji w składzie:

- prof. Stanisław Wołkowicz – przewodniczący,
- prof. Piotr Krzywiec (ING PAN) – I sekretarz,
- prof. Katarzyna Jarmołowicz-Szulc – II sekretarz i łącznik z Polskim Towarzystwem Mineralogicznym,
- prof. Janusz Skoczylas (UAM) – członek zarządu
- dr Cezary Bachowski (KGHM Polska Miedź S.A.) - członek zarządu.

W naukowej części spotkania prof. P. Krzywiec (ING PAN) przedstawił referat o znaczeniu Ludwika Zejsznera w badaniach geologicznych w XIX wieku. W referacie tym szczególnie podkreślone zostało pierwsze „arkuszowe” podejście, które uczyniło L. Zejsznera prekursorem systematycznej kartografii geologicznej ziem polskich, a tym samym nowoczesnej kartografii geologicznej, oraz jego rola jako czołowego konsultanta Sir Rodericka Impeya Murchisona w przygotowywaniu syntez geologii Rosji i Europy Centralnej. Uzupełnieniem referatu P. Krzywca było zaprezentowanie przez prof. S. Wołkowicza 12 listów Ludwika Zejsznera do hr. Edmunda Feliksa Wo-

**Ryc. 1.**

dzińskiego, przedstawiciela największej kujawskiej rodziny magnackiej herbu Jastrzębiec, z okresu od 12 lutego 1860 do 23 marca 1866 r. Listy te pochodzą z prywatnej kolekcji Krystyny i Stanisława Wołkowiczów.

(<http://www.pgi.gov.pl/pl/institut-geologiczny-aktualnosci-informacje/5536-inauguracyjne-spotkanie-sekcji-historii-nauk-geologicznych-ptg.html>)

Ostatnim punktem spotkania była prezentacja starodruków z zasobów Biblioteki PIG-PIB, a także z kolekcji P. Krzywca i K. & S. Wołkowiczów, czyli kolejna, a zarazem wyjątkowo rzadka

okazja obejrzenia dość sporego już zbioru „białych kruków”. Można było wziąć do ręki takie dzieła jak Stirpiumet fossilium Silesiae catalogus Caspara Schwenckfelda z 1601 r., De re metallica... Georgiusa Agricoli z 1657 r., Thesaurus subterraneus... z 1728 r. i Magnalia Dei In Locis Subterraneis... z 1730 r. Franza Ernsta Brückmanna oraz słynne Époqu-

wego”. Po omówieniu spraw formalnych i organizacyjnych związanych z funkcjonowaniem SHNG PTG, w części naukowej prof. St. Wołkowicz wygłosił wykład pt. „Historia poszukiwań ropy naftowej na Ziemiach Polskich do 1939r.”. W dalszej części posiedzenia omówiono problem konieczności objęcia ochroną historycznych instalacji

**Ryc. 2.**

es de la nature George-Louis Buffona, z których w zbiorach Biblioteki PIG brakuje tylko 1 tomu!

Kolejne spotkanie odbyło się 20 kwietnia 2015 roku w siedzibie PIG-PIB w Warszawie, ul. Rakowiecka 4. Jego tematem przewodnim były: „Ziemie SE Polski jako kolebka światowego górnictwa nafto-

wydobywczych (kiwonów) w rejonie Gorlic, jako dziedzictwa kulturowego górnictwa naftowego. Trzecie wystąpienie w trakcie obrad Sekcji, autorstwa dr hab. Roberta Tarki i mgr Krzysztofa Moskwy (UWr) zatytułowane było „Jak skutecznie chronić historyczne obiekty geologiczne i górnicze – doświadczenia z regionu dolnośląskiego”.

Posiedzenie zakończyło się prezentacją dokumentów i map z przełomu XIX i XX w., dotyczących tematyki naftowej z SE Polski – w bibliotece PIG-PIB.

Tematem kolejnego spotkania, które będzie miało miejsce wczesną jesienią (wrzesień–październik) br. będzie „Rola prof. Józefa Morozewicza w polskiej geologii w 150. rocznicę jego urodzin, ze szczególnym podkreśleniem udziału w tworzeniu Akademii Górniczej w Krakowie i PIG w Warszawie” (co powinno ułatwić Sekcji włączenie się w przygotowania do uczczenia zbliżającej się 100. rocznicy powstania tych instytucji).

(C.B.)

**Ryc. 3.**

Ryc. 1 i 3: Ze zbiorów Biblioteki PIG-PIB Georgius Agricola – 1657 - De re metallica... Basileae.

Ryc. 2: Ze zbiorów K. i S. Wołkowiczów Widok Żup Wielickich w 3 piętrach podziemnych. 1809?. Rytował S. Langer wg M. Stachowicza

Więcej aniżeli cała reszta

Tesla Motors Inc. uruchomi w roku 2017, w stanie Nevada, nową wytwórnię akumulatorów litowo-jonowych do swych „elektrycznych” samochodów Model S (w cenie 69 900 + dolarów) oraz GEN III (model, który ma się pojawić w 2017 roku, w cenie 35 000 dolarów). Wartość tej inwestycji, realizowanej wraz z Panasonic, ma przekraczać 5 mld dolarów. Wytwórnia ta ma produkować więcej akumulatorów litowo-jonowych, aniżeli cała reszta produkcji światowej, będzie zatrudniała 6500 pracowników. Zapotrzebowanie na energię elektryczną do tej wytwórni ma być pokrywane w całości z energii wytwarzanej z paneli słonecznych; będzie ona także dokonywała recyklingu zużytych akumulatorów z zastosowaniem technologii i technik zapewniających zerową emisję jakichkolwiek toksycznych substancji. Łączna pojemność produkowanych akumulatorów przekraczać będzie 50 GWh rocznie. <http://www.visualcapitalist.com/inside-teslas-5-billion-gigafactory/>

(W.K.)

Czy prywatny biznes może zarządzać szpitalem?

Wg BBC News z dnia 9 stycznia br. pierwsza i jedyna prywatna organizacja zarządzająca szpitalem do „ostrych przypadków” w Hingching-brooke ogłosiła decyzję o wycofaniu się z tego przedsięwzięcia. Jak pisze korespondent BBC, jest to bardzo znaczący moment w krajowej debacie na temat zapewnienia opieki medycznej w Wielkiej Brytanii. Rzecznik prasowy firmy CIRCLE, która zarządzała tym szpitalem stwierdził, że trudno sobie wyobrazić w jaki sposób prywatna organizacja, chcąc zapewnić sobie zysk, mogłaby zarządzać szpitalem do „ostrych przypadków”, działając zgodnie z aktualnym modelem funkcjonowania. Z jednej strony przywoływany jest argument, że prywatne firmy wprowadzają dyscyplinę finansową, co

może prowadzić do polepszenia usług (medycznych), lepszej atmosfery pracy, przy niższych kosztach. Z drugiej jednak strony zarządzanie takim szpitalem nie powinno podlegać prawu popytu i podaży, a nagłe zwiększenie „popytu” ostrych przypadków w sytuacji zmniejszenia „podaży” kosztów pracy szpitala (CIRCLE twierdzi, że te koszty zostały im zmniejszone o 10 %) spowodowały deficyt w wysokości 5 mln £ i w tym momencie CIRCLE (jej częściowym właścicielem są pracownicy) oświadczyła, że nie jest dalej zainteresowana kontynuacją swej działalności. To oświadczenie jest odpowiedzią na pytanie, czy prywatny szpital do „ostrych przypadków” może, wg obecnie obowiązującego modelu, być zarządzany przez prywatną firmę. <http://www.bbc.com/news/business-30742845>

(W.K.)

Visual Capitalist

(<http://www.visualcapitalist.com/top-10-oil-gas-companies-world>) podaje listę 10 największych producentów ropy naftowej i gazu w świecie, są to:

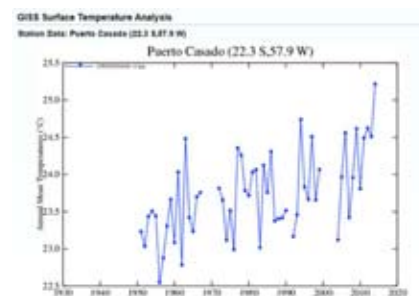
Firma	kraj	zatrudnienie osoby	wydobycie mln BPD	miejsce w rankingu
Kuwait Petroleum Corp.	Kuwejt	15 825	3,4	10
Chevron	USA	62 000	3,5	9
Pemex	Meksyk	138 215	3,6	8
PetroChina	CHRL	552 810	3,9	7
Royal Dutch Shell	Holandia	87 000	4	6
Rosneft	Rosja	106 000	4,6	5
Exxon Mobile	USA	76 900	5,3	4
NIOC	Iran	41 000	6,1	3
Gazprom	Rosja	393 000	8,1	2
Saudi Aramco	Ar. Saud.	56 066	12,7	1

BPD - il. baryłek ropy oraz gazowego ekwiwalentu ropy dziennie

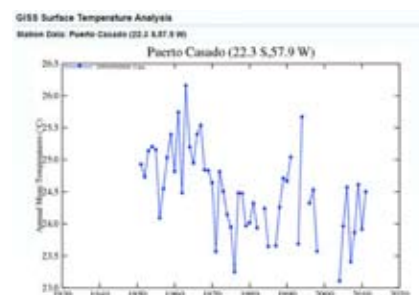
Climategate ciąg dalszy

W jaki sposób w dalszym ciągu jesteśmy zalewani błędnymi danymi na temat globalnego ocieplenia? Jest to tytuł artykułu z The Telegraph (<http://www.telegraph.co.uk/comment/11367272/Climategate-the-sequel-How-we-are->

[STILL-being-tricked-with-flawed-data-on-global-warming.html](http://www.telegraph.co.uk/comment/11367272/Climategate-the-sequel-How-we-are-STILL-being-tricked-with-flawed-data-on-global-warming.html)) z dnia 24 stycznia 2015 roku, którego autorem jest Christopher Booker. Dotyczy on szeroko upublicznionej w mediach informacji z końca ub. roku, że „... rok 2014 okazał się rekordowo najgorętszy...”. Bloger z „Notalotofpeopleknowtat”, Paul Homewood, zaintrygowany tą rewelacją o „rekordowym roku 2014” postanowił sprawdzić niektóre dane cytowane m. in. przez Goddard Institute for Space Studies (GISS – będący agendą NASA), dla obszarów, dla których GISS wykazywał przyrosty temperatur większe, aniżeli dla innych obszarów – mianowicie dla dużego kawału Ameryki Południowej, rozciągającego się od Brazylii do Paragwaju. W swej ciekawości skoncentrował się on na trzech terenowych stacjach obejmujących olbrzymi obszar Paragwaju. Dla tego obszaru GISS wykazał szczególnie wysoki przyrost temperatury, wynoszący powyżej 1,5 °C, a więc dwukrotnie większy aniżeli średni globalny. Gdy był w stanie porównać dane GISS z danymi oryginalnymi, stwierdził, że dane oryginalne dla jednej ze stacji zostały zmienione. Dane cytowane przez GISS pokazywały:



natomiast dane oryginalne wyglądały tak:



z czego wynika, że w okresie ostatnich 65 lat średnia temperatura spadła o cały 1 °C. Gdy sprawdził te same dane dla pozostałych stacji stwierdził, że zostały one także zmienione.

Dane na temat średnich temperatur

kuli ziemskiej pochodzą z pięciu oficjalnych źródeł: trzy z nich pochodzą z pomiarów dokonywanych na powierzchni Ziemi i te są następnie zestawiane przez GISS, US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) oraz przez University of Anglia Climatic Research Unit (współpracującym z The Hadley Centre for Climate Prediction). Pozostałe dwa źródła opierają się na pomiarach z satelitów, które są następnie zestawiane przez Remote Sensing Systems (RSS) z Kalifornii oraz University of Alabama, Huntsville (UAH). W ostatnich latach te dwa różne systemy pomiaru temperatur wykazywały różne wyniki. Coraz większa liczba naukowców, statystyków, meteorologów i ekspertów zwraca uwagę na dwa dziwne aspekty pomiaru temperatur na powierzchni Ziemi. Jeden z nich to zakładana sieć stacji pomiarowych – do 80 % powierzchni Ziemi nie jest objęta tą siecią, a ponadto około roku 1990 ponad połowa stacji została zlikwidowana, z ponad 12 tysięcy do poniżej 6 tysięcy. Te które pozostały obejmują głównie obszary miejskie, dla których udowodniono występowanie „wysp ciepła”, o temperaturach nawet do 2 °C wyższych, aniżeli dla terenów nieurbanizowanych. Ten drugi aspekt to stosowanie „dopełniania” (infilling) oraz „homogenizowania” danych podczas ich zestawiania, czy-

li projekcja pomiarów z istniejących jeszcze stacji na rozległe pozostałe obszary (GISS dopuszcza stosowanie pojedynczych pomiarów na obszar ponad 1,6 miliona kwadratowych – czyli ponad 4 mln km²). Tylko to spowodowało ostry wzrost temperatur po roku 1990. Bardziej niepokojące było dalsze „dopasowywanie” nawet tych danych, niezmiennie tylko w jednym kierunku, wcześniejsze dane „dopasowywane” były w dół, natomiast późniejsze tylko w górę.

Cierpliwi badacze, analizujący problem wykryli niezliczoną ilość dowodów „dopasowywania” danych w USA, Rosji, Australii i Nowej Zelandii. Właśnie w Nowej Zelandii miała miejsce awantura po wykryciu, że dane nie wykazujące wzrostu temperatur w okresie między 1850 i 1998 zostały następnie „dopasowane” tak, aby dać tendencję wzrostu temperatury 0,9 °C na wiek. Te sfalszowane dane były oczywiście cytowane w Raporcie IPCC. Z kolei w Australii 80-letni okres ochłodzenia rzędu 1°C został następnie zamieniony na ocieplenie rzędu 2,3 °C.

Christopher Booker zwraca na koniec uwagę na to, że w realnym życiu skutki takich „dopasowań” wykraczają poza aberracje świata nauki – decyduje gospodarcze w zakresie tworzenia energetyki wiatrowej, jakie podjęto w Zjednoczonym Królestwie to jedno

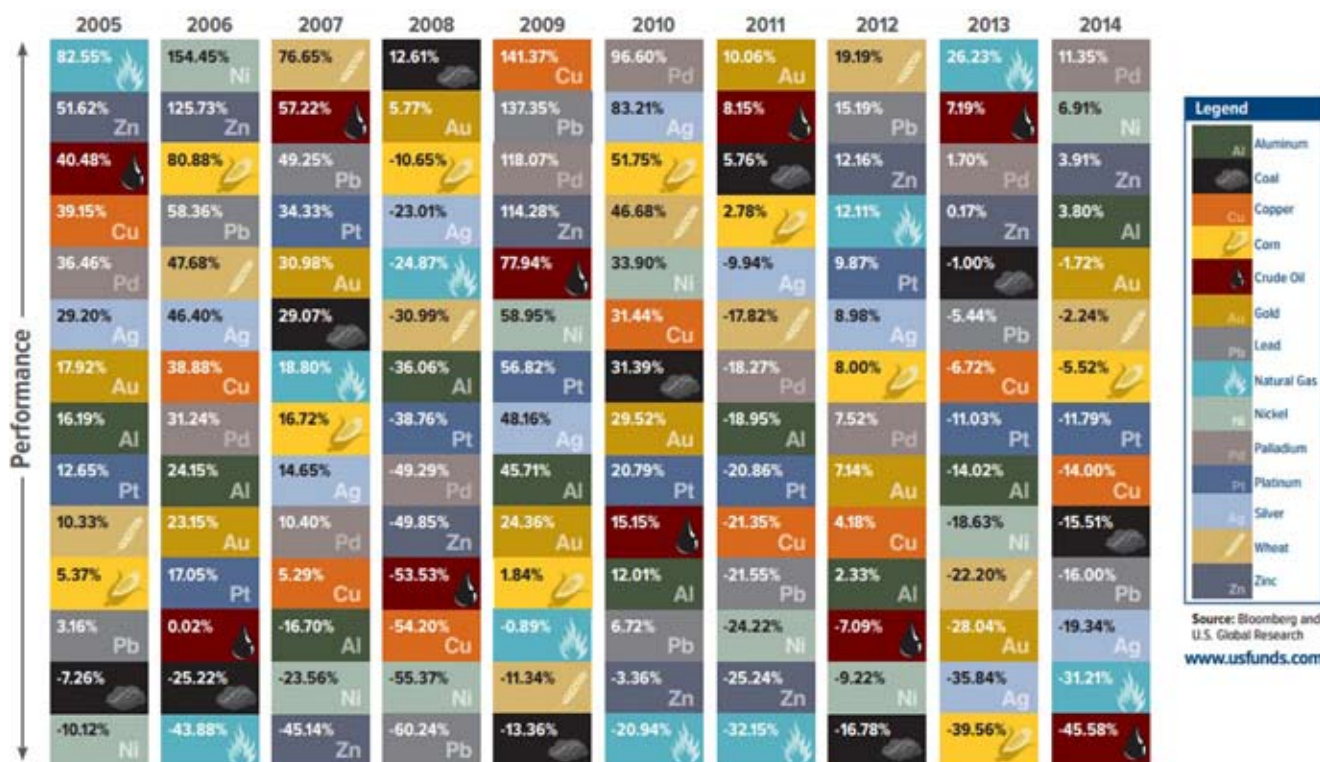
z najbardziej samobójczych decyzji podjętych przez rząd.

(W.K.)

Układ Okresowy Inwestycji

U.S. Global Investors (www.usfunds.com) przedstawia „Układ okresowy inwestycji w surowce” za lata 2005 – 2014.

wraz z interesującym komentarzem: „Naturalne surowce to bloki budowlane świata. Jak w przypadku wszystkich inwestycji ich cena zmienia się w czasie. Tabela ta przedstawia wzloty i upadki cen tych surowców w okresie ostatnich 10 lat i ilustruje zasadę rewersji do wartości średnich (mean reversion) – poglądu, że zwrot nakładów powraca do wartości średniej lub przeciętnej. Ruchy cen surowców mają historycznie charakter zarówno sezonowy, jak i cykliczny. Dlatego uważamy, że inwestując w surowce naturalne posiadać portfolio zdwersyfikowanego koszyka surowców, aktywnie zarządzanego przez fachowców, rozumiejących te wyspecjalizowane aktywa oraz globalne tendencje mające na nie wpływ. Jak w przypadku jakichkolwiek inwestycji dywersyfikacja nie zabezpiecza inwestora przed ryzykiem rynkowym, ani nie zapewnia zysku,



a udana inwestycja w przeszłości nie gwarantuje takich samych wyników w przyszłości.

(W.K.)

Reuters donosi

(<http://www.reuters.com/article/2015/02/03/us-germany-renewables-idUSKBN0L7I9U20150203>), że ilość zainstalowanych paneli słonecznych w Niemczech w roku 2014 spadła o 42,4 %, do 1,9 GW. Całkowita moc zainstalowanych w Niemczech paneli słonecznych wynosi więc obecnie 38,2 GW. W teorii powinno to wystarczyć do zapewnienia zapotrzebowania na energię tylko z paneli słonecznych podczas słonecznego dnia, jednakże podczas typowego zimowego dnia zapotrzebowanie to wynosi 70 GW. Z drugiej strony zwiększenie generowania energii z paneli spowodowało kłopoty w tradycyjnych elektrowniach

„gazowych” i „węglowych”, które musiały pracować przez mniejszą ilość godzin, ponieważ priorytet w zakresie wprowadzania energii do sieci miała energia pochodząca z paneli słonecznych oraz turbin wiatrowych.

(W.K.)

Okiełznać dwutlenek węgla

Technologia CCS (wychwytywania i magazynowania CO₂) może być mniej efektywna, niż sądzono (<http://www.powerengineeringint.com/articles/2015/01/ccs-less-effective-than-thought-researchers-say.html>). Nowe badania nad problemem efektywności wychwytywania, zatłaczania i magazynowania CO₂ pod ziemią, wykonane przez MIT (częściowo finansowane przez rząd USA) wykazały, że jedynie niewielki ułamek zatłoczonego CO₂

pod ziemią „staje się skałą”. W procesie CCS dwutlenek węgla zatłoczony pod ziemię na głębokość 2100 m do wodonośnych solanek reaguje z nimi i tworzy materiał stały. Podczas modelowania tego procesu badający stwierdzili, że pierwsze partie CO₂ wtłoczone pod ziemię tworzyły materiał stały, którego pojawienie się zatrzymywało dalszy przebieg reakcji chemicznych. Zjawisko to powoduje blokowanie kanału dopływowego, nie dopuszczając dalszych ilości zatłaczanego CO₂ do wodonośnych solanek. Zestalony CO₂ jest w tej postaci trwały, jednakże niezestalony, w postaci gazowej lub płynnej może przedostać się ponownie do atmosfery. Badacze podkreślają, że potrzebne są dalsze badania, ponieważ każdy z potencjalnych przypadków może być różny, umożliwiający lub uniemożliwiający zmineralizowanie się zatłaczanego CO₂.

(W.K.)

przedstawiamy największe miejskie aglomeracje światowe

Szanghaj

Jest to najbardziej zaludnione miasto Chin i jednocześnie najbardziej zaludnione miasto świata, liczące, wg danych z roku 2013 ponad 24 mln ludności, o gęstości zaludnienia 3800 osób/km². Jest jednym z czterech wydzielonych miast Chin, podlegających bezpośrednio władzom tego kraju. Cała aglomeracja Szanghaju zajmuje powierzchnię ponad 6300 km². Jest to globalne centrum finansowe oraz węzeł transportowy z największym na świecie portem kontenerowym. Usytuowane jest w ujściu rzeki Jangcy. Przez wieki miasto było wielkim centrum administracyjnym, transportowym i handlowym, przy czym jego znaczenie wzrosło w wieku XIX, w momencie, kiedy Europejczycy zwrócili uwagę na jego korzystne położenie geograficzne i związany z tym potencjał rozwojowy. Szanghaj jest popularnym centrum turystycznym, z wieloma zabytkami i muzeami.

Klimat

Jest to wilgotny, subtropikalny klimat,



z wyraźnymi czterema porami roku. Zimy są chłodne i wietrzne, z wiatrami wiejącymi z Syberii, które mogą spowodować spadek temperatur w nocy poniżej 0° C. Lato jest wilgotne i gorące z możliwością wystąpienia huraganów i tajfunów, które jednakże w ostatnich latach nie wyrządzały poważniejszych szkód. Najprzyjemniejsze pory roku to wiosna i jesień. Zanieczyszczenie powietrza jest w Szanghaju mniejsze, aniżeli w większości wielkich chińskich miast. Tym niemniej w porównaniu do standardów światowych jest ono dalej duże.

Gospodarka

Szanghaj jest finansowym i handlowym centrum Chińskiej Republiki Ludowej. Pod koniec roku 2009 miasto było siedzibą 787 instytucji finansowych, przy czym 170 z nich to instytucje zagraniczne. W tym samym roku Giełda Szanghajska była trzecią co do wielkości obrotów giełdą świata oraz szóstą co do kapitalizacji zarejestrowanych na niej firm oraz pierwszą co do wielkości obrotów sześcioma najważniejszymi surowcami, włącznie z kauczukiem, miedzią i cynkiem. W ostatnich dwóch dekadach miasto było jednym z najszybciej rozwijających się miast



świata. W roku 2013 Produkt Krajowy Brutto Szanghaju wynosił ponad 350 mld USD, dając na głowę mieszkańca 14,8 tys. USD. Najważniejsze gałęzie gospodarki to sektor finansowy, handel hurtowy oraz nieruchomości. Miasto jest jednym z największych centrów przemysłowych Chin, obejmujących przemysł ciężki, przemysł samochodowy, stoczniowy oraz Centra Rozwoju Technologicznego. SAIC Motors z siedzibą w Szanghaju jest trzecią co do wielkości korporacją samochodową Chin, mającą za strategicznych partnerów takie firmy, jak Volkswagen i General Motors. Od września 2013 roku miasto posiada największą strefę wolnego handlu (FTZ – Free Trade Zone) na terenie Chin, obejmującą obszar 29 km². Aby uatrakcyjnić tę strefę dla inwesto-

rów zagranicznych wprowadzono dla nich cały szereg udogodnień celnych i podatkowych. Z celnego punktu widzenia teren FTZ nie jest terytorium Chińskiej Republiki Ludowej i towary wchodzące do tej strefy nie podlegają podatkom i opłatom celnym.

Transport

Miasto jest ogromnym węzłem komunikacyjnym, z siecią dróg ekspresowych, metrem, szybką koleją i rozwiniętym transportem publicznym. Ma ono cztery główne stacje kolejowe, z których trzy połączone są z metrem i stanowią węzeł rozwiniętej sieci kolejowej całych Chin.

(W.K.)

Fotografie: Stanisław Downorowicz

Kronika działalności TKP

Posiedzenie Zarządu Głównego Towarzystwa Konsultantów Polskich

Poznań, 20 marca 2015

W dniu 20.03.2015 r. w siedzibie Zarządu Oddziału TKP w Poznaniu odbyło się wyjazdowe posiedzenie Zarządu Głównego Towarzystwa Konsultantów Polskich.

Na posiedzeniu omówiono działalność statutową i finansową poszczególnych Oddziałów i Zarządu Głównego Towarzystwa w 2014 r.

Uznano, że przy naborze nowych członków w Oddziałach, priorytetem należy objąć przedsiębiorców prowa-

dzących mikro, małe i średnie firmy konsultingowe i produkcyjne, a w szczególności zajmujących się wdrażaniem innowacji.

Wiele uwagi poświęcono organizacji i procedurom nadawania tytułów konsultanta certyfikowanego dla członków TKP oraz członków innych stowarzyszeń, a także specjalistom niezrzeszonym.

Omówiono również problemy związane z edycją kwartalnika naukowo-tech-

nicznego „Konsulting Polski”, który zdaniem obecnych powinien być pismem promocyjnym dla innowacji autorstwa małych i średnich przedsiębiorstw oraz ogółu członków stowarzyszeń naukowo-technicznych.

ZG TKP podjął stosowne uchwały przyjmujące sprawozdania z działalności statutowej i finansowej w 2014 r. oraz w sprawie współdziałania Oddziałów TKP przy edycji kwartalnika „Konsulting Polski”.

Sprawozdanie z działalności Towarzystwa Konsultantów Polskich w Warszawie w 2014 r.

Warszawa-Lubin, 30 marca 2015

Interdyscyplinarna działalność Towarzystwa koncentruje się w regionach kraju przypisanych poszczególnym Oddziałom. Poza działalnością statutową obejmującą również współpracę i współdziałanie z terenowymi jednostkami Federacji SN-T NOT w Warszawie i stowarzyszeń, do głównych form działalności należą konsulting techniczny na rzecz samorządów oraz podmiotów gospodarczych, a także szeroka własna działalność szkoleniowa, ekspercka i wydawnicza.

Do wyróżniających się w 2014 r. należały Oddziały TKP w Gdańsku, Poznaniu, Lubinie i Gliwicach. Poza rutynową działalnością w zakresie specjalistycznych szkoleń, np. w zakresie eksploatacji urządzeń i instalacji energetycznych, diagnostyki maszyn i urządzeń (Od-

ział TKP-Katowice), organizowano również konferencje międzynarodowe (np. współudział w organizacji TKP O/Katowice „Zarządzanie eksploatacją transformatorów”) i krajowe (np. „Zagospodarowanie odpadów wydobywanych w górnictwie rud” - Oddział TKP w Lubinie. Działalność wydawnicza, w tym niezwykle aktywna w ramach Pomorskiego Wydawnictwa Naukowo-Technicznego - Centrum Wydawnicze TKP O/Gdańsk była prowadzona przez Oddziały Gdański i Oddział Lubiniński. Podpisane zostały umowy partnerskie z uczelniami (np. z Politechniką Gdańską), klastrami (np. Gdański Kłaster Budowlany) i in. podmiotami (np. z Wyższą Szkołą Ekonomiczną w Białymstoku, POLSPAR – NOT/Warszawa, IFAC, IMEKO – dotycząca też konferencji DPS’2015

w Ustce).

Wiodącym pismem Towarzystwa Konsultantów Polskich jest kwartalnik „Konsulting Polski”, który w 2014 r. miał dwie edycje podwójnych numerów, prowadzony przez Oddział TKP w Lubinie (Redaktor Naczelny – s.downorowicz@konsultingpolski.eu).

Funkcję Prezesa Zarządu Głównego Towarzystwa Konsultantów Polskich w Warszawie pełni Stanisław Downorowicz – dr hab. inż., prof. nzw. Politechniki Wrocławskiej (s.downorowicz@hydro-geometal.pl); funkcje Wiceprezesa-Sekretarza – Zdzisław Kowalczyk – prof. dr hab. inż., prof. zw. Politechniki Gdańskiej (zdzislaw.kowalczyk@eti.pg.gda.pl) a Wiceprezesa-Skarbnika – Michał Kałużny – mgr inż. elektryk (michal.kaluzny@poczta.fm).

Przedstawiamy Oddział Gdański Towarzystwa Konsultantów Polskich

80-309 Gdańsk, ul. Grunwaldzka 311

Gdański Oddział rozpoczął działalność w roku 1982. Założycielem był Pan Zbigniew Grabowski (Instytut Rolnictwa), Dyr. inż. Bogdanowicz (Techma-projekt), Dyr. inż. Madziar (Projmors), Prof. Werno (Instytut Morski), Członkami Zarządu byli m.in. Dr Kubica i Dr Kaszuba oraz inni pracownicy Politechniki Gdańskiej. W Jego Zarządzie byli m.in. Prof. Dębicki (Rektor Politechniki Gdańskiej) oraz Dyr. inż. Mazurkiewicz (Geoprojekt). Ostatnim Vice-prezesem i Kierownikiem Zespołu Usług był Mgr inż. arch. Marian Skowroński. Po dynamicznym rozwoju (podobnie jak całe Towarzystwo Konsultantów Polskich), na skutek zmian gospodarczych, Oddział Gdański został rozwiązany w roku 1992. Przy poparciu Prezesa Zarządu Głównego Dr inż. St. Czarnowskiego, Mgr inż. Janusz Dembek zorganizował w dniu 17.10.2000 roku Założycielskie Zgromadzenie Członków Towarzystwa Konsultantów Polskich Oddział Gdański i został wybrany Prezesem reaktywowanego Oddziału Gdańskiego TKP. Dokonano rejestracji Oddziału jako osoby prawnej w Sądzie Rejonowym w Gdańsku (XVI Wydział Gospodarczy KRS). Wśród realizowanych wówczas projektów w zakresie budowy zabytkowych mieszczą się ekspertyzy dotyczące znanego wysokiej klasy zabytków Gdańskiej Starówki.

W dniu 9 września 2002 r. odbyło się Nadzwyczajne Zgromadzenie Członków TKP O/Gdańsk, na którym Prezesem Zarządu Oddziału został wybrany Profesor Zdzisław Kowalczyk z Wydziału Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Nowy Zarząd Oddziału położył szczególny nacisk na aktywizację członków TKP i bliską współpracę z uczelniami Trójmiasta, w tym zwłaszcza na zastosowanie nowoczesnych technik informatycznych i technologii informacji, a ponadto na zrównoważony rozwój działalności gospodarczej w obszarach, w których istnieją takie potrzeby, w celu jak najlepszego służenia społeczności Wybrzeża.

Aktualnie Towarzystwo Konsultantów Polskich O/Gdańsk jest prężną organizacją skupiającą konsultantów ze wszystkich dziedzin i ukierunkowaną przede wszystkim na współpracę z konsultantami ze środowisk naukowo-technicznych różnych specjalności, w tym ze specjalistami o najwyższych naukowych i praktycznych kwalifikacjach.

Aktywność statutowa TKP związana jest z promocją myśli ekonomicznej, technicznej i naukowej oraz innowacji, organizowaniem badań, studiów, kursów, szkoleń (np. dotyczących charakterystyki energetycznej budynków), oraz krajowych i międzynarodowych sympozjów i konferencji (w tym cyklicznej Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Diagnostyka Procesów i Systemów, wydawnictwem materiałów szkoleniowych i książek naukowo-technicznych (w tym konferencyjnych, podoktorskich, naukowo-badawczych, habilitacyjnych i profesorskich) w swoim Centrum Wydawniczym PWNT - Pomorskim Wydawnictwie Naukowo-Technicznym, jak również z integracją zawodową, ogólnokrajową oraz europejską.

Podstawowa działalność gospodarcza Towarzystwa wyraża się odpłatnym udzielaniem konsultacji, wykonywaniem ekspertyz oraz orzeczeń technicznych i innych konsultacji pod hasłem Ogólne Konsultacje i Ekspertyzy, oraz opisanych na stronach internetowych Oddziału, zwłaszcza w obszarach objętych aktywnością Centrów TKP O/G:

- Centrum Analizy i Oceny Systemów Bezpieczeństwa,
- Centrum Certyfikacji,
- Centrum Konsultacji Budowlanych i Budowy Zabytkowych,
- Centrum Nieruchomości,
- Centrum Techniki i Technologii,
- Centrum Konferencyjne i Szkoleniowe,
- Centrum Wydawnicze (PWNT).

Działa także w innych dziedzinach, które są przydatne w szeroko pojętym rozwoju zawodowym zarówno

konsultantów, wysokiej klasy specjalistów oraz pracowników nauki, jak również społeczności Wybrzeża i Regionu Pomorskiego, zwłaszcza społeczności akademickiej. Wszystkie informacje dotyczące spraw członkowskich oraz dane o władzach Oddziału i jego strukturze znaleźć można na stronach TKP O/Gdańsk www.konsulting.gda.pl.

Z bieżących wydarzeń roku 2014 związanych z prof. dr hab. inż. Z. Kowalczykiem, prezesem TKP Oddział Gdańsk można odnotować: (a) odznaczenie Profesora przez FSNT-NOT w Warszawie medalem J. Nowackiego/IFAC; (b) udział Prezesa w Zarządzie Fundacji Techniki Polskiej przy FSNT-NOT w Warszawie; (c) współudział Przewodniczącego Rady Naukowej „Konsultingu Polskiego” w redakcji, współautorstwie oraz dystrybucji czasopisma.



Prezes TKP Oddział Gdańsk:

Prof. Zdzisław Kowalczyk, prof. zw. dr hab. inż.
Towarzystwo Konsultantów Polskich, Oddział Gdańsk, ul. Grunwaldzka 311 (c/o Firma Nov-Weld), 80-309 Gdańsk, tel. 58 552 1536, fax 58 552 1536, tkp@konsulting.gda.pl, tel 58 347 2018, 58 347 2289, kova@pg.gda.pl

I Wiceprezes/Skarbnik:

Mgr inż. Wiesława Marchwicka
Nov-Weld - NW Nieruchomości, Gdańsk
tel.: +58 552 1536, fax: +58 552 1536, nieruchomosci@novweld.gda.pl

II Wiceprezes/Sekretarz:

Mgr inż. Waldemar Sołtyka INNER, Waldemar Sołtyka, Gdynia, tel.: +58 622 8327, waldeksol@wp.pl

Pozostali Członkowie Zarządu to:

Mgr Grażyna SOBON, grazynasobon@wp.pl

Dr inż. Piotr KUBSKI, pikuba@op.pl

Przewodniczącym Komisji Rewizyjnej jest:

Prof. dr hab. inż. Cezary ORŁOWSKI, cor@zie.pg.gda.pl

Wybór nowych władz Zarządu Oddziału TKP w Poznaniu

Poznań, 15 maja 2015

W dniu 15.05.2015 odbyło się Walne Zebranie członków TKP Poznań, na którym m.in. rezygnację z funkcji Prezesa złożył mgr inż. Wojciech Kazimierzczak oraz z funkcji Sekretarza mgr inż. Andrzej Franek. W wyniku wyborów do Zarządu TKP O/ Poznań wybrano następujących Kolegów:

Mgr inż. FRANEK Andrzej
Mgr BŁASZAK Maciej Władysław
Mgr inż. KAZIMIERCZAK Wojciech
Mgr KOWALSKI Przemysław

Mgr inż. KRYGIER Wiktor
Mgr ZABŁOCKI Stanisław

Wobec rezygnacji Wojciecha Kazimierzczaka Prezesem wybrano kol. Macieja Błaszaka, który zajmuje się specjalizacją w zakresie BHP, prowadzi własną firmę, żonaty.

Wiceprezesem ds. Finansowych wybrano kol. Przemysława Kowalskiego, a Sekretarzem Stanisława Zabłockiego.

Na zebraniu wyborczym na wniosek honorowego członka TKP inż. Krzysztofa Bobińskiego postanowiono skierować wniosek do Walnego Zgromadzenia Delegatów TKP o nadanie członkostwa honorowego dla byłego Prezesa Wojciecha Kazimierzczaka.

Przewodniczącym Komisji Rewizyjnej został Zygmunt Bocian, a Przewodniczącym Sądu Koleżeńskiego kol. Zdzisław Horak.

Wojciech Kazimierzczak

XIII Forum Inżynierskie Innowacyjna Technika w Medycynie

Poznań, 9 czerwca 2015



W dniu 09 czerwca 2015 r. w ramach Międzynarodowych Targów Poznańskich odbyło się XIII Forum Inżynierskie poświęcone tym razem innowacjom technicznym w medycynie wdrażanym w Polsce i na świecie przez polskie firmy. W Forum uczestniczyło ponad 200 specjalistów. Wygłoszone zostały wystąpienia i prezentacje n.t. roli techniki wobec wyzwań współczesnej medycyny, innowacyjnych rozwiązań teleinformatycznych w obsłudze, monitorowaniu i leczeniu pacjentów oraz na temat „hitów technicznych” podbijających rynek światowy i krajowy.

Delegacja członków TKP na XIII Forum Inżynierskim w Poznaniu. Od prawej: inicjator i organizator pierwszych forów inżynierskich, b. Prezes ZG Federacji SNT NOT – Wojciech Ratyński; Przewodniczący GKR TKP – Roman Klecan; Organizator XIII Forum – Prezes ZG Federacji SNT NOT i Redaktor Naczelny „Przeglądu Technicznego” – Ewa Mańkiewicz-Cudny; Prezes ZG TKP i Redaktor Naczelny „Konsultingu Polskiego” – Stanisław Downorowicz oraz: Stanisław Petrykowski, Wojciech Kaźmierczak, Maciej Błaszak, Wiktor Krygier i Stanisław Zabłocki.

WARUNKI PUBLIKACJI ORAZ WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

- Nadesłany do publikacji projekt artykułu w formie elektronicznej i papierowej autoryzowanej własnoręcznie podpisem autora winien zawierać:
 - imię i nazwisko, tytuły naukowe, stanowisko i miejsce zatrudnienia, a także do wiadomości redakcji dane teleadresowe;
 - fotografię autora;
 - w językach polskim, angielskim i rosyjskim: tytuł artykułu, streszczenia (do 100 słów) oraz słowa kluczowe;
 - treść artykułu winna być poprzedzona wprowadzeniem, a zakończenie winno zawierać podsumowanie lub wnioski oraz wykaz literatury cytowanej (wykorzystanej) w tekście;
 - rysunki, tabele, fotografie należy nadesłać w osobnym edytowalnym pliku, z zaznaczeniem w treści miejsca ich usytuowania;
 - ilustracje graficzne, w tym fotograficzne, jako figury – fig. Należy oznaczać kolejnym numerem;
 - numeracja tabel – oddzielna;
 - maksymalna objętość artykułu – do 12 stron tekstu łącznie z figurami i tabelami.
- Projekt artykułu do publikacji nie może być wcześniej opublikowany w innym czasopiśmie w tej samej postaci, nie może naruszać praw autorskich innych osób fizycznych lub prawnych.
- Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za informacje zawarte w autorskich artykułach publikowanych w „Konsultingu Polskim”.
- Redakcja zastrzega prawo do dokonywania zmian redakcyjnych (bez naruszenia strony merytorycznej projektu artykułu, w zakresie wynikającym z uwag recenzentów oraz Kolegium Redakcyjnego Kwartalnika. Zmiany merytoryczne treści projektu artykułu są dokonywane wyłącznie w porozumieniu i za zgodą autora.
- Honorarium autorskie stanowi numer Kwartalnika zawierający wydrukowany artykuł wraz z wersją elektroniczną tego numeru przesłana na adres autora.

REDAKCJA

KONSULTING
POLSKI

Jak zamówić prenumeratę?

-faksem: 76 8462 659
-telefonicznie: 76 8462 651
-pocztą elektroniczną:
redakcja@konsultingpolski.eu

Koszt prenumeraty rocznej wynosi 80,00 zł.

Konto:
BZ WBK S.A.
nr: 42 10902082 0000 0005 1542

spółka z o.o.

PIEC



BUD

WROCLAW

Naszą ofertę kierujemy do partnerów w przemyśle:

- metali nieżelaznych
- koksowniczym
- cementowym
- metalurgicznym
- energetycznym

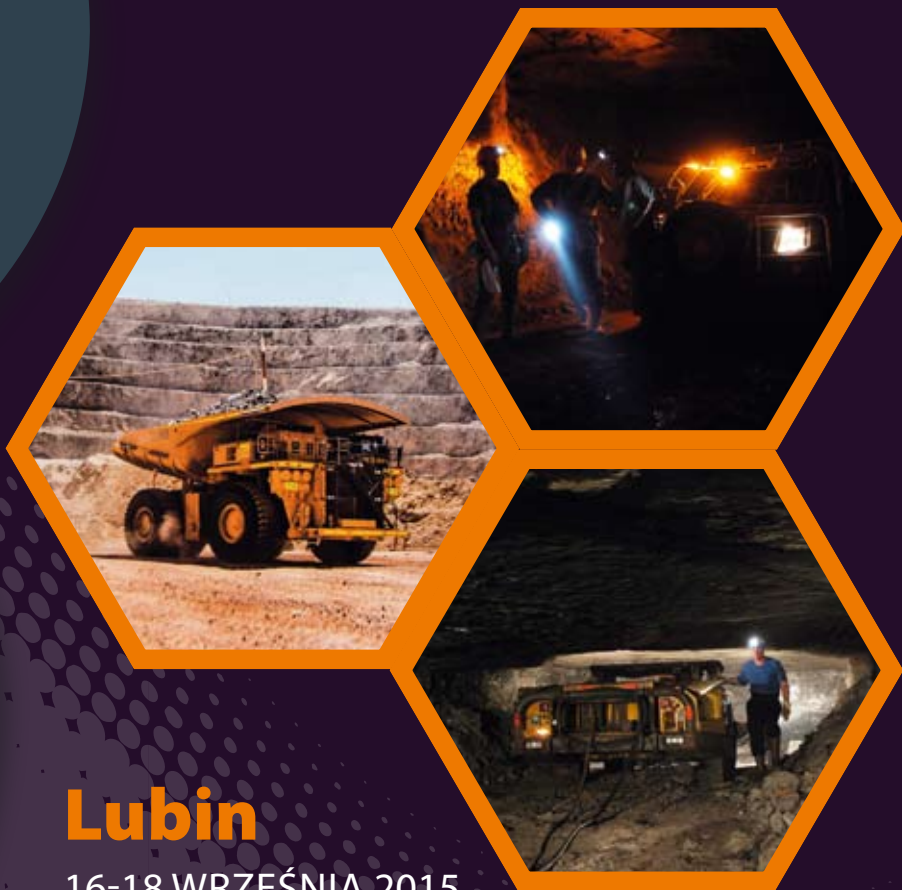
Wykonywany przez nas zakres prac, to głównie:

- piece przemysłowe wszelkich typów
- instalacje technologiczne
- kominy przemysłowe, wieże, silosy
- konstrukcje stalowe i obróbka skrawaniem
- budownictwo przemysłowe
- kompleksowe projektowanie

Przedsiębiorstwo Budowy Pieców Przemysłowych „PIEC-BUD” Wrocław Sp. z o.o.

ul. Piękna 62/62a, 50-506 Wrocław, tel. 71 780 31 50, fax. 71 780 31 51

www.piecbud.wroc.pl



Lubin

16-18 WRZEŚNIA 2015



MIĘDZYNARODOWY KONGRES GÓRNICTWA RUD MIEDZI

INTERNATIONAL COPPER ORE MINING CONGRESS

Honorowy Patronat Prezesa Zarządu KGHM Polska Miedź S.A. **Herberta Wirtha**

Szanse i wyzwania

CHANCES AND CHALLENGES

TEMATYKA KONGRESU

- Baza zasobowa, produkcja, stan obecny górnictwa rud miedzi.
- Uwarunkowania funkcjonowania górnictwa rud miedzi w globalnej gospodarce.
- Techniczne aspekty produkcji górniczej.
- Profilaktyka zagrożeń, organizacja i bezpieczeństwo pracy.