

PRACE NAUKOWE GIG

GÓRNICTWO I ŚRODOWISKO

MINING & ENVIRONMENT

RESEARCH
REPORTS

Quarterly

KWARTALNIK

4



GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA
CENTRAL MINING INSTITUTE

KATOWICE 2005

Rada Programowa: *prof. dr hab. inż. Jakub Siemek (przewodniczący), prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielniak, prof. dr hab. inż. Bernard Drzęźła, prof. dr hab. inż. Józef Dubiński, prof. dr hab. inż. Korneliusz Miksch, prof. dr hab. inż. Joanna Pinińska, prof. dr hab. inż. Janusz Roszkowski, prof. dr hab. inż. Antoni Tajduś, prof. dr hab. inż. Janusz W. Wandrasz, prof. dr hab. inż. Piotr Wolański*

Komitety Kwalifikacyjno-Opiniotwórcze: *prof. dr hab. inż. Antoni Kidybiński (przewodniczący), doc. dr hab. inż. Krystyna Czaplicka, prof. dr hab. inż. Jan Hankus, prof. dr hab. inż. Władysław Konopko, prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek, doc. dr hab. Kazimierz Lebecki, prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan, prof. dr hab. inż. Kazimierz Rulka, prof. dr hab. Jerzy Sablik, doc. dr hab. inż. Jan Wachowicz*

Redaktor Naczelny

prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan

Redakcja wydawnicza i korekta

Ewa Gliwa

Małgorzata Kuśmirek

Barbara Jarosz

Skład i łamanie

Krzysztof Gralikowski

ISSN 1643-7608

Nakład 100 egz.

Adres Redakcji:

Zespół Wydawnictw i Usług Poligraficznych

Głównego Instytutu Górniczego, 40-166 Katowice, Pl. Gwarków 1

tel. 032-259-24-03, 032-259-24-04

fax 032-259-27-74

e-mail: cintexmk@gig.katowice.pl

Spis treści

JÓZEF DUBIŃSKI

Wystąpienie na akademii jubileuszowej z okazji 60-lecia Głównego Instytutu Górnictwa i 80-lecia Kopalni Doświadczalnej „Barbara”	5
Address at the 60 th anniversary celebration of the Central Mining Institute and 80 th anniversary of Barbara Experimental Mine	

JÓZEF DUBIŃSKI, ANTONI KIDYBIŃSKI

Ewolucja tematyki badawczej Głównego Instytutu Górnictwa w latach 1945–2004.....	21
Evolution of the Central Mining Institute subject area over the years 1945–2004	

LECH MALARA

Kompleksowa termomodernizacja wraz z poprawą sprawności systemu grzewczego obiektów szkolnych w gminie Psary	41
Complex thermomodernization including heating system efficiency improvement in school buildings in Psary commune	

MAGDALENA BIENIEK

Zmienność stężeń zanieczyszczeń zewnętrznych a jakość powietrza w pomieszczeniach budownictwa mieszkalnego.....	51
Variability of concentration of external pollutants and quality of air in the rooms of dwelling houses	

ADAM FROLIK, JANUSZ KUBICA

Ocena stanu zagrożenia wodnego i jego ryzyka w kopalniach węgla kamiennego.....	61
Evaluation of the water hazard condition and its risk in hard coal mines	

ALEKSANDRA HANKUS, BARBARA BIALECKA

Bilans zasobów do procesu podziemnego zgazowania węgla w Polsce	77
Balance of resources for underground gasification of coal in Poland	

BOŻENA ŁABUZ, JACEK ŁABUZ

Oznaczanie morfologii odpadów komunalnych na przykładzie odpadów pochodzących z terenu Jaworzna	87
Determining the morphology of municipal waste by example of waste from the Jaworzno area	

WITALIJ SKOROPACKI

Zapewnienie iskrobezpieczeństwa systemów zdalnego zasilania przez zastosowanie układów ochronnych z nieliniową charakterystyką wyjściową	99
Ensuring the intrinsic safety of remote power supply systems by means of application of protective circuits having non-linear output characteristics	

Józef Dubiński

Naczelnny Dyrektor Głównego Instytutu Górnictwa

**WYSTĄPIENIE NA AKADEMII JUBILEUSZOWEJ
z okazji 60-lecia Głównego Instytutu Górnictwa
i 80-lecia Kopalni Doświadczalnej „Barbara”**

**Address at the 60th anniversary celebration of the Central Mining Institute
and 80th anniversary of Barbara Experimental Mine**

**Dostojni Goście – Szanowne Panie – Panowie – pracownicy Głównego Instytutu
Górnictwa – Koleżanki i Koledzy!**

Moje okolicznościowe – jubileuszowe – wystąpienie chciałbym oprzeć na przesłaniach, jakie wynikają z treści dwóch mott. Oddają one bowiem bardzo dobrze atmosferę dzisiejszego Jubileuszu zarówno istotę misji, jaką Główny Instytut Górnictwa i Kopalnia Doświadczalna „Barbara” pełniły w ciągu minionych dziesięcioleci swojego istnienia, jak i potrzebę określenia naszej dalszej drogi, na kolejne dziesięciolecie XXI wieku.

Pierwsze z nich, motto XIX Światowego Kongresu Górniczego, który odbył się w 1997 roku w Meksyku – „Górnictwo jest podstawą cywilizacji w zmieniającym się świecie”, to stwierdzenie wyraźnie podkreślające, że bez górnictwa, a tym samym bez nauki górniczej, nie byłby możliwy cywilizacyjny rozwój świata. Historia wykazuje, że powyższe stwierdzenie jest praktycznie aktualne w każdym okresie cywilizacyjnym. To bowiem górnictwo od pradawnych czasów dostarczało surowców mineralnych determinujących techniczny rozwój każdej formacji społecznej, to górnictwo w dużej mierze decydowało o zamożności tych krajów, które natura obdarzyła określonymi bogactwami swojego wnętrza. Ta prawda jest nadal w pełni aktualna, może nawet jeszcze bardziej wyrazista, gdyż bogactwa ziemi ulegają z czasem szczerpaniu. Wielkim błędem wielu współczesnych społeczeństw jest to, że ta oczywista prawda jest niejednokrotnie niedostrzegana lub marginalizowana. Własna baza surowcowa i związane z nią górnictwo, to podstawa niezależności surowcowej państwa i jego bogactwa, to także podstawa jego bezpieczeństwa w kategoriach politycznych, gospodarczych i społecznych.

Nikt chyba nie zaprzeczy, że polskie górnictwo, mające wielowiekowe tradycje, zawsze dobrze pełniło powyższą misję cywilizacyjną. Uważam, że pełni ją także obecnie i powinno czynić to nadal. Mówię o tym z pełną świadomością, jako że Główny Instytut Górnictwa, którym mam zaszczyt kierować, od samego początku swojego istnienia jest, i nadal pozostaje, w ścisłym związku z polskim górnictwem i pełni ważną misję w jego funkcjonowaniu. Tak więc mogę stwierdzić, że nasza

instytucja, obchodząca dzisiaj swój jubileusz, służyła przez minione dziesięciolecia sprawie słusznej i ważnej w wymiarze naszego państwa.

Drugie motto, do którego chcę się dzisiaj odwołać brzmi następująco: „Przeszłość można medytować – przyszłość trzeba tworzyć”. Ma ono głęboki sens i stanowi dla nas trafne wskazanie o czym powinniśmy myśleć i co powinniśmy czynić dzisiaj, obchodząc nasze jubileusze. Zgodnie z tym mottem na pewno powinniśmy się odnieść do przeszłości – uszanować ją – oraz pamiętać i oddać należną cześć naszym wielkim poprzednikom, założycielom i twórcom Głównego Instytutu Górnictwa i Kopalni Doświadczalnej „Barbara”. To ich inicjatywa, głębokie zrozumienie potrzeby powstania takich instytucji, jak GIG i KD „Barbara”, a także wielki wysiłek organizacyjny sprawiły, że możemy się dzisiaj spotkać z okazji jubileuszowych rocznic. W moim wystąpieniu ograniczę się tylko do najważniejszych faktów z przeszłości. Będę się natomiast starał więcej powiedzieć, jaki jest Główny Instytut Górnictwa dzisiaj, w dniu swoich 60. urodzin. Będę chciał powiedzieć, jak widzimy naszą przyszłość, jakie podejmujemy działania, aby ją kształtować tak, aby Główny Instytut Górnictwa mógł jeszcze przez wiele dziesięcioleci istnieć i dawać pracę kolejnym pokoleniom młodych Polaków, którzy zwiążą swój los z tą instytucją. To przyszłość jest przede wszystkim przedmiotem naszych codziennych trosk i poszukiwania nowych dróg rozwoju Instytutu – dróg adekwatnych do zmieniającego się otoczenia i warunków, w jakim przychodzi nam pracować. Chcę jednak Państwa zapewnić, że podążając tą drogą, zawsze naszym drogowskazem i naszą myślą przewodnią jest i będzie misja i służba na rzecz górnictwa, Śląska i Polski.



Szanowni Państwo!

Daty 11 i 16 kwietnia 1945 roku to ważne dni w historii Głównego Instytutu Górnictwa. W dniu 11 kwietnia Rada Ministrów wydała uchwałę, w której zobowiązała Centralny Zarząd Przemysłu Węglowego do zorganizowania instytucji naukowo-badawczej. Zarząd tę uchwałę zrealizował, powołując do życia 16 kwietnia specjalistyczny instytut, dzisiejszy Główny Instytut Górnictwa.

Pierwsze jego komórki badawcze to laboratoria przeróbki mechanicznej węgla w Katowicach-Wełnowcu i przeróbki chemicznej węgla w Zabrze-Biskupicach, a także Kopalnia Doświadczalna „Barbara” w Mikołowie. Później dołączały do nich kolejne zakłady o profilu górniczym i mechanicznym, a także społecznym. Wymieniając KD „Barbara” powstałą w 1925 roku i obchodzącą dzisiaj jubileusz swojego 80-lecia, należy przypomnieć i podkreślić fakt, że w okresie przedwojennym była to jedyna na Górnym Śląsku placówka prowadząca prace badawcze na rzecz górnictwa, szczególnie na rzecz bezpieczeństwa pracy w tym trudnym przemyśle. Wracając do lat powstania Głównego Instytutu Górnictwa, jego skromna wówczas kadra otrzymała bardzo trudne zadanie tworzenia podstaw naukowych i technologicznych dla rozwoju nowego, efektywnego i bezpiecznego górnictwa w Polsce, szczególnie górnictwa węgla kamiennego.

Powstanie Instytutu nierozłącznie wiąże się z nazwiskiem i osobą profesora Bolesława Krupińskiego, który jako światowy i doświadczony naukowiec i górnik był głęboko przekonany o potrzebie powstania i funkcjonowania w Polsce specjalistycznej jednostki badawczej bardzo ściśle związanej z przemysłem wydobywczym, jednostki ukierunkowanej na najpilniejsze potrzeby tego przemysłu, mającej codzienne związki z kopalniami. To profesor Krupiński i skupione wokół Jego osoby grono ówczesnej polskiej elity górniczej – naukowców i praktyków – tworzyło wizję, model i struktury organizacyjne „młodego” Głównego Instytutu Górnictwa.

Pierwszym dyrektorem instytutu został Tadeusz Laskowski późniejszy profesor i rektor Politechniki Śląskiej. Swoje losy z tym „młodym” instytutem wiązało, czy to przez bezpośrednią pracę, czy też członkostwo w Radzie Naukowej GIG, wiele wybitnych osobistości polskiego górnictwa. Takie nazwiska, jak: Witold Budryk, Marcin Borecki, Michał Choraży, Wacław Cybulski, Walery Goetel, Jan Kuhl, Jerzy Litwiniszyn, Stanisław Ochęduszek, Oktwian Popowicz, Błażej Roga, Antoni Sałustowicz, Feliks Zalewski i wiele innych, mówią same za siebie. To oni i ich następcy tworzyli podwaliny polskiej szkoły górniczej, która wniosła swój wymierny wkład do światowej nauki i praktyki.

Wspominając w dniu dzisiejszym założycieli Instytutu nie można zapomnieć o tych wszystkich, którzy po nich w kolejnych dziesięcioleciach tworzyli, a także dzisiaj aktywnie współuczestniczą w kształtowaniu współczesnej historii Głównego Instytutu Górnictwa. To dzięki nim nadal funkcjonują, a także powstały nowe, specjalistyczne szkoły naukowe, będące światową wizytówką Instytutu, jak również miejscem rozwoju naszej młodej kadry badawczej. Pozwolę sobie wymienić tylko dwa nazwiska naszych profesorów – seniorów – Henryka Bystronia i Andrzeja Lisowskiego, którzy nadal aktywnie uczestniczą w naukowym życiu Instytutu. Niestety wielu z naszych zacnych i wybitnych uczonych odeszło już od nas na zawsze. Profesorów związanych z Instytutem zawsze wspierała doświadczona kadra naszych docentów, doktorów, inżynierów i techników oraz pracowników służb ekonomiczno-technicznych.

Myślę, że wspomnieć należy również zmarłych dyrektorów kierujących Głównym Instytutem Górnictwa w różnych, często trudnych, okresach naszej historii: Tadeusza Laskowskiego, Jana Stefańskiego, Marcina Boreckiego, Konrada Meissnera,

Jerzego Rabsztyna, Józefa Paździore, Józefa Małoszewskiego i zmarłego rok temu Adama Graczyńskiego – jak również dyrektorów KD „Barbara”: Józefa Juroffa, Stanisława Hermana, Wacława Cybulskiego, Jerzego Matuszewskiego. My o nich wszystkich pamiętamy i dla zachowania pamięci ludzi szczególnie zasłużonych dla Głównego Instytutu Górnictwa: profesorów, docentów, przewodniczących Rady Naukowej i dyrektorów Instytutu, została w dniu dzisiejszym odsłonięta nowa tablica pamiątkowa.

Pozwólcie Państwo, że chwilą ciszy uczymy pamięć, tych wszystkich, którzy tworzyli Instytut, budowali jego pozycję, kierowali nim oraz tych wszystkich, którzy swoje losy związali z tą instytucją – a których nie ma już pośród nas.



Dostojni Goście – Szanowni Państwo!

Wymierny dorobek minionej historii Instytutu to wiele nowych technologii, specjalistycznych metod badawczych i unikalnych rozwiązań technicznych w zakresie eksploatacji złóż różnych surowców mineralnych, nie tylko węgla kamiennego, w zakresie ochrony środowiska na terenach górniczych. Nie sposób ich tutaj wymieniać, chociaż podkreślić należy, że niektóre z nich, szczególnie w obszarze bezpieczeństwa pracy i górniczych zagrożeń naturalnych, weszły na trwałe do historii światowego górnictwa. To dzięki nim nazwa i logo GIG są dobrze znane dzisiaj w każdym górniczym kraju na świecie, podobnie jak nazwiska naszych sławnych uczonych. Zatem, podsumowując refleksje na temat naszej przeszłości, chcę wyraźnie podkreślić, że dzisiejszy Główny Instytut Górnictwa jest dumny z wielkich dokonań swoich pracowników, którzy wnieśli niewątpliwy wkład w wiele kluczowych obszarów działalności polskiego i światowego górnictwa.

Przenieśmy się teraz do teraźniejszości i tego, co ona kształtuje – to jest do naszej wizji przyszłości – którą zgodnie z zacytowanym mottem mamy obowiązek tworzyć. Nasza teraźniejszość – dzień dzisiejszy – została uformowana przez zachodzące wokół nas zmiany i nowe uwarunkowania, jakie zaistniały w okresie ostatnich lat w polskiej gospodarce, nauce, a także w naszym otoczeniu międzynarodowym – w Europie.

Instytut przeszedł trudny okres swojej restrukturyzacji i droga ta jest już za nami. Twierdzę, że dzięki jej pokonaniu jesteśmy dzisiaj wyraźnie silniejsi, bardziej doświadczeni i konkurencyjni w wymiarze nie tylko krajowym. Chciałbym podkreślić, że w fakcie członkostwa Polski w Unii Europejskiej dostrzegliśmy swoją wielką szansę – szansę na XXI wiek – i konsekwentnie ją wykorzystujemy.

Aktualnymi filarami naszego potencjału naukowo-badawczego są:

- górnictwo i geoinżynieria,
- bezpieczeństwo przemysłowe,
- technologie zrównoważonego rozwoju w obszarze inżynierii środowiska,
- technologie energetyczne z wykorzystaniem paliw kopalnych,
- inżynieria materiałowa dla potrzeb przemysłu wydobywczego,
- problematyka społeczno-ekonomiczna górnictwa i regionów,
- działalność certyfikacyjna,
- edukacja i szkolenia.

Instytut realizuje dzisiaj 23 różnych projekty w ramach 5. i 6. Programu Ramowego UE i Funduszu Badawczego Węgla i Stali. To dzięki nim, a także aktywności naszych specjalistów w europejskich sieciach tematycznych, w sieciach instytutów, w europejskich platformach technologicznych, jesteśmy znani w Europie i zapraszani do międzynarodowych konsorcjów naukowych. Jednak naszym najważniejszym celem przyszłościowym jest szeroki udział w 7. Programie Ramowym UE, który rozpocznie się w 2007 roku i będzie kształtował europejską przestrzeń badawczą do 2013 roku. Już dzisiaj pracujemy nad przygotowaniem tematów badawczych, które powinny zainteresować Europę. Na pewno naszą szansą są „Czyste Technologie Węglowe” tworzące wraz z technologiami sekwestracji CO₂ podstawę „zero emisyjnej technologii wytwarzania energii elektrycznej z paliw kopalnych”. Kolejne wyzwanie to „gospodarka wodorowa wykorzystująca paliwo węglowe”, to nowe materiały dla górnictwa oparte o nanotechnologie, niekonwencjonalne technologie wybierania złóż i wiele innych innowacyjnych tematów.

Chcę wyraźnie podkreślić, że współpracując z wieloma podobnymi do nas placówkami badawczymi na świecie, staramy się wprowadzać ich pozytywne doświadczenia do swojej bieżącej i przyszłej działalności. To na ich podstawie jest prowadzona racjonalizacja wykorzystania naszego znaczącego potencjału badawczego w sferze górnictwa na rzecz rozwoju działalności badawczo-usługowej w obszarze inżynierii środowiska, bezpieczeństwa przemysłowego, jakości, certyfikacji, a więc na rzecz istotnego poszerzenia zakresu merytorycznego naszej działalności.

Środki budżetowe, jakie otrzymuje Instytut, a stanowią one aktualnie około 25% naszych przychodów, wykorzystujemy efektywnie. To realizacja corocznie blisko 150 zadań badawczych, w zdecydowanej większości wdrażanych i stosowanych w prze-

myśle oraz blisko 50 różnego rodzaju projektów badawczych uzyskiwanych w wyniku konkursów Ministerstwa Nauki i Informatyzacji. Sprzyja to systematycznemu rozszerzaniu naszej oferty usług badawczych, których w skali roku w różnej formie wykonujemy blisko 6 tysięcy na zasadach komercyjnych, sprzyja także działalności wynalazczej, sprzedaży licencji oraz sprzedaży know-how.

Jest rzeczą bezdyskusyjną, że podstawą dzisiejszych sukcesów Instytutu, a przede wszystkim jego najcenniejszym kapitałem na przyszłość, jest kadra naszych pracowników. Wśród nich 68% stanowią pracownicy z wyższym wykształceniem, głównie technicznym i ekonomicznym, a blisko 120 pracowników ma wyższe stopnie naukowe. Struktura zarówno ilościowa, jak i jakościowa tej kadry zmieniła się w ciągu minionych 60 lat w sposób diametralny. Własna Rada Naukowa, z pełnymi uprawnieniami akademickimi w dwóch dyscyplinach naukowych – górnictwo i inżynieria środowiska oraz istnienie własnych szkół naukowych, powodowało i nadal powoduje, że proces rozwoju naukowego pracowników GIG jest prawidłowy i nie mówi się u nas o problemie „luki pokoleniowej”, tak często wymienianej jako przyczyna trudności rozwojowych w polskiej nauce.



Szanowni Państwo!

Nie będę przedstawiał wszystkich charakterystycznych cech dzisiejszego Instytutu, które tworzą jego siłę i jego potencjał badawczy. Wspomnę jednak o działaniach, jakie w dobrej wierze, będąc przekonani o słuszności takiego postępowania, podjęliśmy i kontynuujemy na rzecz konsolidacji zaplecza badawczo-rozwojowego i na rzecz jego wzmocnienia oraz poprawy konkurencyjności, przede wszystkim w wymiarze międzynarodowym.

Zintegrowany Instytut Naukowo-Technologiczny ZINT oraz Centrum Zaawansowanych Technologii w obszarze „Energia – Środowisko – Zdrowie” to nasza odpowiedź na wyzwania w tym zakresie i na apel polskich ministerstw – Ministerstwa Nauki i Informatyzacji oraz Ministerstwa Gospodarki i Pracy. To także nasz udział

w innych Centrach Zaawansowanych Technologii. Uważamy, że podejmowane działania na rzecz przekształceń jednostek badawczo-rozwojowych, a do takich należy GIG, są w swoim zamyśle słuszne. Jednak uważamy, że powinny one w większym stopniu uwzględniać głos samych zainteresowanych, którzy dobrze czują i dobrze wiedzą, gdzie są słabe i mocne strony obecnego systemu ich funkcjonowania.

Jako dobry Instytut, o uznanej marce światowej, jesteśmy szczególnie głęboko z troskami o naszą przyszłość i pełni obaw, że może ono zależeć w mniejszym stopniu od naszej pracy i wizji, a w większym od decyzji administracyjnych. W sytuacji planowanej realizacji strategii przekształceń własnościowych i strukturalnych JBR opowiadamy się za formą przekształcenia GIG w Państwowy Instytut Badawczy, to jest Instytut, który będzie pełnił państwową, specjalistyczną służbę w sferze bezpieczeństwa pracy i ochrony środowiska w polskim przemyśle wydobywczym. Upoważnia nas do tego nasza wiedza, doświadczenie, jakość kadry, nowoczesna i często unikalna w skali światowej baza badawczo-pomiarowa, a także fakt, że polski przemysł wydobywczy – górnictwo – w tym także węgla kamiennego – ma przed sobą jeszcze wiele dziesięcioleci działalności. To nadal blisko 200 tysięcy pracowników i wiele społeczności żyjących w otoczeniu górnictwa w gminach górniczych.

Uważamy, że w wymiarze światowym, a nawet tylko ograniczonym do europejskiego, polska nauka, w tym także górnictwo musi się konsolidować, aby być konkurencyjną. Musimy się nauczyć lepiej współpracować, nie tworzyć polsko-polskiej konkurencji, umieć się dzielić informacjami i wspierać wzajemnie polskie instytucje naukowe na forum międzynarodowym. Jestem przekonany, że Główny Instytut Górnictwa jest tutaj, przez swoje dotychczasowe działania, bardzo dobrym przykładem do naśladowania.

Dziękuję serdecznie Panom Rektorom, Dziekanom, Dyrektorom i Profesorom z bratnich uczelni i instytutów, za minione lata partnerskiej współpracy na wielu różnych polach.

Dostojni Goście – Szanowni Państwo!

Jaka jest zatem nasza wizja przyszłości – wizja „Nowego GIG-u”? – instytutu, który ma wolę efektywnego funkcjonowania w XXI wieku i na pewno marzenia o swoich kolejnych okrągłych jubileuszach. Cechą charakterystyczną dróg, które prowadzą do nowych celów jest zwykle to, że są one trudne – najczęściej wiodą one pod górę – w kierunku szczytów – tam bowiem są nowe wyzwania i tam znajdują się kolejne cele do zdobycia. Chcę wyraźnie stwierdzić, że my na takiej drodze w górę już jesteśmy – wiemy jak się po niej poruszać – dysponujemy odpowiednimi ludźmi i środkami, aby podążać – nie tylko w dobrym kierunku – ale także bezpiecznie i pewnie. Pozwólcie Państwo, że wymienię i podkreślę tylko te najważniejsze milowe kamienie naszej drogi ku przyszłości.

Na pewno strategicznym priorytetem Instytutu, wynikającym z naszych korzeni – naszym głównym kamieniem milowym – będą zawsze aktualne problemy polskiego górnictwa – bezpieczeństwo pracy, minimalizacja oddziaływania górnictwa na środowisko naturalne, rozwój nowoczesnych technologii i środków technicznych dla dalszej poprawy efektywności działalności górniczej. To te właśnie obszary składają

się na hasło strategii zrównoważonego rozwoju, które polski przemysł wydobywczy będzie musiał w coraz większym stopniu realizować. Wspominałem już, że właśnie status Państwowego Instytutu Badawczego w tym zakresie, to właśnie ten ważny kamień milowy.

Kolejny, stanowi nasza służba dla śląskiej ziemi, którą pragniemy realizować przez pełnienie funkcji regionalnego instytutu doradczego dla władz administracji państwowej i samorządowej na terenie województwa śląskiego w obszarze naszych szerokich kompetencji.

Unikalna wiedza i potencjał w sferze specjalności górniczych i inżynierii środowiska – to podstawa dla zdobycia kolejnego naszego punktu na mapie drogowej – chcemy uzyskać pozycję europejskiej palcówki naukowo-badawczej w obszarze specjalności określanej jako geoinżynieria. Nasze kontakty z Europą wykazują, że potrzebuje ona takiej instytucji, co potwierdza żywe zainteresowanie naszą działalnością licznych europejskich firm i instytucji. Ten cel, to nasza szansa bardziej aktywnego uczestniczenia w przyszłości w europejskim rynku usług badawczych.

Droga w przyszłość to nie tylko zmierzanie coraz dalej i dalej, bez oglądania się za siebie, to także ciągła dbałość o to, aby określone miejsca, już zdobyte na tej drodze – owe kamienie milowe – utrzymać w należytych stanie i aby ich nie stracić. Nie możemy więc zapomnieć o naszych pracownikach i potrzebie ich ustawicznego rozwoju, o nowoczesnej bazie pomiarowej, o podejmowaniu innowacyjnych i niekonwencjonalnych wyzwań badawczych i o wielu innych problemach dnia codziennego.

Szanowni Państwo!

Wierzę, że wszystko co zakłada nasza strategia uda się nam zrealizować. Wskazują na to nasze dotychczasowe pozytywne doświadczenia i bardzo dobra współpraca Instytutu z partnerami przemysłowymi – spółkami, kopalniami – z licznymi fabrykami, firmami oraz przedsiębiorstwami – małymi i średnimi. Współpraca ta jest także twórcza w odniesieniu do organów administracji państwowej – ministerstw, urzędów centralnych – urzędu wojewódzkiego, organów samorządu terytorialnego – to jest urzędu marszałkowskiego, prezydentów miast, w szczególności miasta Katowice i Mikołów, burmistrzów, wójtów.

Chciałbym podkreślić wręcz modelową naszą współpracę z Wyższym Urzędem Górniczym i na ręce Pana Prezesa Bradeckiego przekazać nasze szczere podziękowanie za dawne i obecne lata wspólnej i partnerskiej służby dla polskiego górnictwa.

Wszystkim przedstawicielom wymienionych instytucji bardzo serdecznie dziękuję za lata współpracy z Instytutem.

W swoich działaniach Instytut zawsze mógł liczyć na wsparcie polskich parlamentarzystów, szczególnie z naszego województwa. Wierzę, że tak będzie nadal w przyszłości. Wszystkim obecnym na dzisiejszej uroczystości Paniom oraz Panom Posłom i Senatorom dziękuję za ich, a także za ich poprzedników, pomoc dla Instytutu w minionych latach.

Podziękowania kieruję także do przedstawicieli związków zawodowych, które nie tylko korzystają z naszych opinii i specjalistycznych ekspertyz, ale także pomagają nam w identyfikowaniu istotnych problemów społecznych i technicznych, wymagających wsparcia naukowego.

Szanowni Państwo!

Jak Państwo widzieliście zapewne zmierzając ku miejscu naszej jubileuszowej akademii – na pierwszym piętrze tego budynku pojawiły się dwa nowe i ważne dla Instytutu symbole. O jednym z nich – tablicy pamiątkowej poświęconej pamięci naszych znakomitych poprzedników już wspominałem. Drugi z tych symboli – to figura świętej Barbary – patronki górniczego stanu, do którego nasz Instytut należy i z dumą zawsze to podkreśla. To dar polskich górników – kopalń węgla i rud – dla nas – dla Głównego Instytutu Górnictwa – jako wyraz podziękowania za 60 i 80 lat naszej służby na rzecz tego przemysłu. Myślę, że to chyba najmiłszy prezent w dniu jubileuszu, jaki moglibyśmy sobie życzyć. Serdecznie za niego dziękuję przedstawicielom kierownictw Kompanii Węglowej, Jastrzębskiej Spółki Węglowej, Katowickiego Holdingu Węglowego, Południowego Koncernu Węglowego, Kopalń „Bogdan-ka” i „Budryk” oraz KGHM „Polska Miedź” S.A., jak i wszystkim licznie dzisiaj obecnym dyrektorom kopalń.

Dzisiaj rano Ksiądz Arcybiskup Damian Zimoń metropolita katowicki, po mszy świętej odprawionej w intencji obecnych, byłych i zmarłych pracowników Głównego Instytutu Górnictwa, dokonał poświęcenia tej pięknej figury, którą wykonał artysta rzeźbiarz – prodziekan Wydziału Rzeźby Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie Pan Andrzej Zwolak. Napis na cokole, na którym stoi figura świętej Barbary brzmi – „Święta Barbaro – czuwaj nad nami”. Ufamy, że tak będzie i że z Jej pomocą Główny Instytut Górnictwa będzie mógł jeszcze przez wiele dziesięcioleci pełnić swoją zaszczytną służbę – zgodnie ze swoją misją w zakresie kształtowania korzystnych relacji między „przemysłem, w szczególności górnictwem a środowiskiem i człowiekiem”.

Moje okolicznościowe – jubileuszowe – wystąpienie dobiega końca – serdecznie dziękuję wszystkim dostojnym Gościom, którzy zaszczytili swoją obecnością naszą uroczystość. Wszystkim naszym partnerom ze sfery nauki i z obszaru szeroko rozumianego przemysłu i administracji dziękuję jeszcze raz serdecznie za minione lata współpracy. Mam nadzieję, że była ona zawsze obopólnie korzystna i deklaruję ze strony Instytutu wolę jej dalszego kontynuowania.

Na koniec kieruję słowa szczerego uznania i z serca płynące podziękowania dla wszystkich pracowników Głównego Instytutu Górnictwa, tych obecnych na uroczystej akademii jubileuszowej i tych, którzy są teraz na swoich stanowiskach pracy oraz tych, którzy zakończyli już swoją pracę w Instytucie. Chcę jeszcze raz wyraźnie podkreślić, to my wszyscy razem tworzyliśmy i nadal tworzymy to wszystko co składa się na instytucję zwaną Głównym Instytutem Górnictwa i to w naszych rękach jest jej los i jej przyszłość. Za to wszystko, co dla niej czyniliście i nadal czynicie, na rzecz jej dalszego rozwoju, serdecznie Wam dziękuję.

Wszystkim zebranym dostojnym gościom i pracownikom dziękuję za wysłuchanie mojego okolicznościowego wystąpienia i życzę każdemu z Państwa, podobnie jak Instytutowi, wszelkiej pomyślności i sukcesów.

„Szczęść Boże”



Prezydent
Rzeczypospolitej Polskiej

Warszawa, 5 września 2005 roku

Do uczestników i organizatorów
obchodów 60. rocznicy powstania
Głównego Instytutu Górnictwa

Szanowni Państwo,

Serdecznie pozdrawiam wszystkich uczestników obchodów 60. rocznicy powstania Głównego Instytutu Górnictwa. Gratuluję pięknego jubileuszu.

Wspaniały, nieustannie pomnażany dorobek placówki budzi moje szczerze uznanie. Instytut zawsze potrafił odpowiadać na potrzeby gospodarki i wyzwania czasów, w których przyszło mu działać. Najlepszym tego dowodem jest fakt, że – będąc początkowo skromną jednostką badawczą przemysłu wydobywczego – stał się z czasem najważniejszym ogniwem sieci instytutów naukowo-technologicznych „Paliwa-Bezpieczeństwo-Środowisko”. Jest także sprawnym koordynatorem zaawansowanych technologii przemysłowych, cieszącym się zasłużoną renomą w kraju i za granicą.

Instytut znany jest z wysokich kwalifikacji zawodowych swoich pracowników. Z tego, że potrafią Państwo rozwiązywać nawet najtrudniejsze problemy techniczne i ekonomiczne w wielu gałęziach przemysłu. O wysokiej pozycji Instytutu świadczy także jego współpraca z wieloma placówkami i organizacjami naukowymi na świecie. Z satysfakcją myślę o tym, że Instytut w bardzo udany sposób włączył się w prace badawcze prowadzone pod auspicjami Unii Europejskiej.

Dziękuję wszystkim, których codzienny wysiłek złożył się na sukcesy Głównego Instytutu Górnictwa. Życzę całej załodze i kadrze kierowniczej kolejnych osiągnięć. Proszę także przekazać moje gratulacje pracownikom kopalni doświadczalnej „Barbara”, która jako część Instytutu i unikalny w skali światowej poligon górnictwa, obchodzi w tym roku 80-lecie swojej działalności.

Wszystkiego najlepszego!

Aleksander Kwaśniewski



PREZES
WYŻSZEGO URZĘDU GÓRNICZEGO
Wojciech BRADECKI

Pan
prof. dr hab. inż. Józef Dubiński
Naczelnny Dyrektor
Głównego Instytutu Górnictwa

Szanowny Panie Naczelnny Dyrektorze,

Z okazji jubileuszu 60-lecia Głównego Instytutu Górnictwa oraz 80-lecia Kopalni Doświadczalnej „Barbara”, w imieniu wszystkich pracowników organów nadzoru górnictwa, pragnę złożyć wyrazy najwyższego szacunku tym, którzy swoją pracą tworzą nowatorskie rozwiązania służące polskim kopalniom i podmiotom pracującym na rzecz górnictwa.

Dyrekcji, Radzie Naukowej oraz wszystkim pracownikom Instytutu składam życzenia satysfakcji zawodowej, kolejnych doniosłych osiągnięć i inicjatyw badawczych. Szczerze i gorąco życzę sukcesów w realizacji szczytnej misji kształtowania przyjaznych relacji w układzie człowiek – przemysł – środowisko oraz osiągnięcia zamierzonych celów strategicznych.

Katowice, 5 września 2005 r.



MARSZAŁEK
WOJEWÓDZTWA
ŚLĄSKIEGO
Michał Czarski

Katowice, 8 sierpnia 2004 r.

Pan

Prof.dr hab.inż. Józef Dubiński
Naczelny Dyrektor
Głównego Instytutu Górnictwa

Szanowny Panie Dyrektorze,

Proszę o przyjęcie serdecznych gratulacji z okazji **60-lecia działalności Głównego Instytutu Górnictwa oraz 80 rocznicy powstania Kopalni Doświadczalnej „Barbara” GIG.**

Główny Instytut Górnictwa jest przykładem, iż tylko dzięki wielkiemu poświęceniu i zaangażowaniu wszystkich pracowników możliwe jest osiągnięcie sukcesu.

Życzę Państwu, aby wysoki profesjonalizm i umiejętność sprostania wymaganiom, jakie stoją przed branżą górniczą stały się wyzwaniem przynoszącym zadowolenie i satysfakcję.

Pragnę złożyć na Pana ręce życzenia dla wszystkich pracowników, którzy włożyli wiele wysiłku w rozwój firmy i zapewnili jej wysoką pozycję wśród placówek naukowo-badawczych.

z poważaniem



Michał Czarski
Michał Czarski

Urząd Marszałkowski
Województwa Śląskiego
ul. Ligonia 46
40-037 Katowice
tel. +48 (32) 255 35 34
fax +48 (32) 251 99 99
marszal@silesia-region.pl
www.silesia-region.pl



Warszawa, dnia 2005-09r. 02

MINISTER ŚRODOWISKA

Tomasz Podgajniak

DGe- 079-1-6449/05/MM

**Pan
Józef Dubiński
Naczelný Dyrektor**

Główny Instytut Górnictwa
Plac Gwarków 1
40-166 Katowice

Szanowny Panie Dyrektorze,

Serdecznie dziękuję za zaproszenie do Katowic na uroczystość z okazji obchodów 60 lecia działalności Głównego Instytutu Górnictwa oraz 80 rocznicy powstania Kopalni Doświadczalnej "Barbara".

W ciągu swej ponad półwiecznej działalności jednostka naukowo-badawcza Głównego Instytutu Górnictwa wniosła istotny wkład w rozwój polskiego górnictwa. Wiele wyników, zrealizowanych przez Państwa prac naukowo-badawczych, koncentrujących się na rozwiązywaniu, najbardziej istotnych dla górnictwa problemów bezpieczeństwa pracy, rozwoju nowoczesnych technologii i technik górniczych oraz ochrony środowiska przed skutkami działalności przemysłowej stworzyło podstawy nowoczesnego i bezpiecznego polskiego górnictwa. Wiele z nich znalazło także szerokie zastosowanie w górnictwie światowym.

Korzystanie z najnowocześniejszych metod zarządzania, posiadanie szerokiej wiedzy i doświadczenia wysoko wykwalifikowanej kadry pracowniczej stanowi podstawę sukcesu Instytutu, a ciągłe działanie na rzecz wiedzy i umiejętności ludzkich zaowocowało licznymi sukcesami dla polskiego górnictwa.

Warto wspomnieć, iż prace Instytutu zawsze prezentowały wysoki poziom i znajdowały szerokie grono odbiorców m. in. w branżach przemysłu, instytucjach i urzędach administracji państwowej i samorządowej jak również wśród partnerów zagranicznych.

Także szeroko propagowana misja Instytutu - kreowanie nowoczesnych, energooszczędnych i czystych technologii, rozwiązań technicznych i przedsięwzięć służących kształtowaniu korzystnych relacji: człowiek - przemysł - środowisko ze wszech miar zasługuje na poparcie i najwyższe słowa uznania.

W strukturach Państwa jednostki znajduje się założona 80 lat temu Kopalnia Doświadczalna „Barbara”. Ta nowoczesna placówka posiada doskonale wyposażone zaplecze laboratoryjne i świadczy usługi nie tylko na rzecz górnictwa,

ale również całego przemysłu m.in. jako producent pyłu odlewniczego dla podmiotów krajowych i zagranicznych.

Prowadzone przez lata badania nad gazowością kopalń, sposobami zwalczania zagrożenia metanowego, wyrzutami gazów i skał, jak również w zakresie zagrożeń pyłowych, w dużym stopniu przyczyniły się do rozwoju wiedzy górniczej na ten temat, wpływając na poprawę bezpieczeństwa pracy górników. Wszyscy wiemy, że prace prowadzone w Kopalni Doświadczalnej "Barbara" znajdują uznanie na całym świecie.

Nie mogę przy tej okazji nie wspomnieć nazwiska Profesora Wacława Cybulskiego - wybitnego polskiego badacza zjawiska wybuchu pyłu oraz byłego dyrektora kopalni, jako osoby znanej we wszystkich krajach eksploatujących węgiel na świecie.

Z okazji jubileuszu, doceniając w pełni dotychczasowe osiągnięcia, życzę Wszystkim Pracownikom Głównego Instytutu Górnictwa wielu dalszych sukcesów na polu zawodowym oraz osobistej pomyślności.

Mam nadzieję, iż będę miał przyjemność uczestniczyć w przyszłości w kolejnych, nowatorskich rozwiązaniach dla polskiego i światowego górnictwa, których autorami będzie właśnie Główny Instytut Górnictwa.

2 wypracowań na ocenę
T. Podgórski



**MINISTER
GOSPODARKI I PRACY**
Jacek Piechota

Warszawa 2005.08.31

**Szanowny Pan
Prof. dr hab. inż. Józef DUBIŃSKI
Dyrektor
Głównego Instytutu Górnictwa**

Szanowny Panie Profesorze,

Z okazji jubileuszu 60-lecia działalności Głównego Instytutu Górnictwa oraz 80 rocznicy powstania Kopalni Doświadczalnej „Barbara” pragnę przekazać Panu Dyrektorowi, a za Pana pośrednictwem Radzie Naukowej, Dyrekcji, pracownikom jak również byłym, zasłużonym pracownikom Instytutu serdeczne gratulacje.

Wieloletnie dokonania Instytutu, jego wszystkich pracowników naukowych i techników, teoretyków i praktyków, ludzi kilku pokoleń przyczyniły się w istotnym stopniu do rozwoju polskiego górnictwa węglowego. Instytut odgrywa wiodącą rolę w rozwoju technologii wydobywania i przetwórstwa surowców mineralnych oraz w dostosowaniu polskiego przemysłu wydobywczego do standardów Unii Europejskiej.

Jubileusz jest okazją do podsumowania dotychczasowych osiągnięć jak również skłania do wybiegania myślą w przyszłość. Jestem przekonany, że i w następnych latach Główny Instytut Górnictwa dzięki długoletniemu doświadczeniu i wysokiemu poziomowi kadry będzie służył swoją wiedzą przemysłowi krajowemu.

Uczestnikom jubileuszowej uroczystości przekazuję serdeczne życzenia dalszych sukcesów zawodowych i pomyślności w życiu osobistym.

Z wyrazami szacunku



**Prezydent Miasta
KATOWICE**

Katowice, dnia 16 stycznia 2004 roku

*Szanowny Pan
prof. dr hab. inż. Józef Dubiński
Dyrektor Naczelny
Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach*

Z okazji 60. lecia funkcjonowania Głównego Instytutu Górnictwa oraz 80. lecia istnienia Kopalni Doświadczalnej „Barbara”, proszę przyjąć gratulacje oraz szczere i serdeczne życzenia dalszych sukcesów w działalności naukowej, pracach badawczo-rozwojowych oraz implementacji osiągnięć w gospodarce. Ten wyjątkowy jubileusz to niezwykle okazja uhonorowania pracy oraz osobistego zaangażowania tych wszystkich, dzięki którym polski przemysł może korzystać z nowoczesnych rozwiązań technologicznych. Wysokie kwalifikacje pracowników oraz znakomite umiejętności menedżerskie kadry zarządzającej stanowią doskonałą rękojmię jakości oferowanych usług oraz prestiżu nowoczesnej i wyróżniającej się jednostki badawczo-rozwojowej, jaką jest Główny Instytut Górnictwa.

W tym szczególnym dniu, pragnę życzyć wszystkim osobom związanym z Głównym Instytutem Górnictwa w przeszłości i obecnie, wszelkiej pomyślności w życiu osobistym, a także realizacji zamierzeń naukowych.

Z poważaniem

Prezydent Miasta Katowice

Flora Jasick

Józef Dubiński, Antoni Kidybiński

EWOLUCJA TEMATYKI BADAWCZEJ GŁÓWNEGO INSTYTUTU GÓRNICTWA W LATACH 1945–2004

Evolution of the Central Mining Institute subject area over the years 1945–2004

WPROWADZENIE

W ciągu sześćdziesięciu lat działalności Instytut zmieniał ewolucyjnie tematykę swoich prac badawczo-rozwojowych oraz zakres zaangażowania się w prace naukowo-usługowe dla przemysłu górniczego oraz innych podmiotów gospodarczych. Przyczyny tych zmian były różnorodne, lecz w większości przypadków wynikały z następujących czynników:

- dostosowywania oferty Instytutu do bieżących potrzeb przemysłu górniczego i innych odbiorców,
- potrzeby opracowywania analiz doradczych dla organów rządowych, organów gospodarczych państwa lub samorządów lokalnych,
- potrzeby opracowywania nowych, doskonalszych materiałów, urządzeń oraz technologii dla górnictwa, szczególnie warunkujących poprawę bezpieczeństwa pracy w kopalniach,
- potrzeby stworzenia podstaw lokalnej polityki ekologicznej na terenach uprzemysłowionych oraz poprzemysłowych,
- potrzeby dostosowywania tematyki prac Instytutu do programów badawczych Unii Europejskiej.

Ponadto, na kierunki ewolucji problematyki badawczej Instytutu miały wpływ zmiany organizacyjne w zapleczu badawczo-rozwojowym górnictwa węglowego w Polsce, takie jak:

- przekształcenie powstałego w 1945 roku Biura Projektowego Maszyn Górniczych w Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne Przemysłu Węglowego (1957 rok), a następnie – w Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach (1975 rok), które to centrum w 1990 roku zostało samodzielną jednostką badawczo-rozwojową górnictwa węglowego,
- powstanie w 1975 roku Centrum Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa EMAG w Katowicach (z części byłego ZKM PW),
- powstanie w 1955 roku Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu (przez włączenie do niego Zakładu Chemicznej Przeróbki Węgla GIG),
- powstanie Instytutu POLTEGOR we Wrocławiu, który przejął badawczą obsługę odkrywkowego górnictwa węgla brunatnego i surowców skalnych.

Zmiany te spowodowały w Instytucie ograniczenie bądź wyeliminowanie tematyki badawczej związanej z budową maszyn górniczych i obudów ścianowych, wytwarzaniem sprzętu do elektryfikacji i automatyzacji górnictwa, a także przemysłowych procesów karbochemii i zagadnień górnictwa odkrywkowego.

W niniejszym artykule został naświetlony pokrótce charakter tej ewolucji, której podłożem były zmiany zachodzące w gospodarce kraju, w szczególności w polskim przemyśle węglowym, a także – europejskie i światowe trendy w gospodarce i zarządzaniu środowiskiem.

1. OKRES ZAŁOŻYCIELSKI OD 1945 DO 1950 ROKU

W pierwotnej formie Instytut został powołany do życia jako Instytut Naukowo-Badawczy Przemysłu Węglowego – okólnikiem Nr 24 Centralnego Zarządu Przemysłu Węglowego w Katowicach, wydanym w dniu 16 kwietnia 1945 roku (Instytut Naukowo-Badawczy Przemysłu Węglowego, Przegląd Górniczy, Nr 3, 1945). Wyznaczone Instytutowi przez organ założycielski główne zadania obejmowały prowadzenie badań i analiz z zakresu:

- robót górniczych,
- mechanizacji górniczej,
- wzbogacania węgla oraz
- petrografii i technologii chemicznej przeróbki węgla.

Cel wykonywania badań został określony jako *najlepsze wykorzystanie posiadanych zasobów węgla, ulepszanie metod pracy w tej dziedzinie oraz opracowanie podstaw dla powstania nowych gałęzi przemysłu w ciągłym dążeniu do najpełniejszego rozwoju gospodarki narodowej*.

Zainicjowano równocześnie piątą, tzw. społeczną dziedzinę badań, polegającą na analizie fizjologii pracy, wypadkowości i chorób zawodowych w górnictwie oraz na opracowywaniu metod i środków profilaktycznych.

Wymienionym dziedzinom badawczym został podporządkowany pierwszy schemat organizacyjny Instytutu obejmujący pięć działów. Tematykę badawczą tych działów w okresie pierwszych pięciu lat działalności Instytutu – podano w tablicy 1.

W pierwszym pełnym sprawozdaniu rocznym Instytutu (za 1946 rok) udokumentowano następujące, główne zrealizowane badania (KRONIKA – z działalności Instytutu Naukowo-Badawczego Przemysłu Węglowego za rok 1946, Przegląd Górniczy, Nr 7–8, 1947):

- a) **Dział I – Górniczy** (mieszczący się w kopalni „Barbara” w Mikołowie): badania pyłów węglowych z dziesięciu kopalń pod względem ich wybuchowości, badania osiemnastu rodzajów pyłu kamiennego stosowanego do zapobiegania **wybuchom pyłu węglowego**, badania czternastu materiałów wybuchowych na dopuszczenie ich do przewozu kolejowego i stosowania w górnictwie, a ponadto badania spłonek, lontów, otoczek wodoszczelnych, pochłaniaczy indywidualnych, lamp, hełmów oraz aparatu do pobierania prób gazów spoza tamy ogniowej. Wyrazem znaczenia górniczej tematyki badawczej w tym okresie było utworzenie przy

Dziale Górnictwem szeregu specjalistycznych komisji skupiających ekspertów z przemysłu w różnych dziedzinach, a mianowicie: ciśnień i tępań, systemów eksploatacji, transportu dołowego, podsadzki, norm pracy, wentylacji i pożarów, miernictwa i szkód górniczych, organizacji ruchu kopalń, a także gazyfikacji.

Tablica 1. Pierwotny zakres tematyki badawczej Instytutu (lata 1945–1950)

Lp.	Dziedzina badań	Główne kierunki badań
I	Eksploatacja górnicza	Zwalczanie zagrożeń górniczych (wybuchów metanu i pyłu węglowego), systemy eksploatacji węgla, przejawy ciśnienia górotworu, geologia złóż i straty eksploatacyjne, obudowa drewniana, lupliwość skał, technologie podsadzki, wentylacja kopalń, granulacja urobku, materiały wybuchowe.
II	Mechanizacja górnictwa	Mechanizacja urabiania, transport dołowy, liny kopalniane, oleje i smary, układy elektryczne bezpieczne wobec metanu, ręczne wiertarki obrotowe, opory ruchu kół i taśmowych.
III	Wzbogacanie i petrografia węgla	Normy pobierania próbek do badań laboratoryjnych węgla, petrografia węgla, wzbogacalność węgla, spiekalność węgla, popioły węglowe, optymalizacja otrzymywania koksu z mieszanek różnych węgla, mikroskopowe struktury kokсів, charakterystyki węgla koksujących, podstawy flotacji mułów węglowych, skład substancji mineralnej w węglu, klasyfikacja naturalnych paliw stałych, zawartość siarki w węglu, wydajność produktów koksowania węgla, kruszalność węgla koksujących.
IV	Chemiczna przeróbka węgla	Normy pobierania i przygotowywania próbek węgla do analizy chemicznej, uwodornienie węgla, półprodukty z gazu koksowniczego.
V	Badania społeczne	Fizjologia pracy w górnictwie, badania załóg górniczych, analizy wypadków i chorób zawodowych w górnictwie (pylica, choroby wibracyjnej), programy szkoleń zawodowych w górnictwie.

- b) **Dział II – Mechanizacji Górniczej:** opracowano wytyczne przechowywania i badań odbiorczych produktów naftowych, wytyczne regeneracji zużytych olejów, normy zużycia produktów smarowniczych, a ponadto ekspertyzy kabli elektrycznych, taśm gumowych i spieków skrawających. Przebadano parametry stosowanych w kopalniach młotków pneumatycznych, wiertarek elektrycznych i powietrznych, wentylatorów i powietrznych kołowrotów turbinowych.
- c) **Dział III – Wzbogacania i Petrografii Węgla** (laboratoria w Wełnowcu i Świętochłowicach): wykonano schematy jakościowe nowych sortowni i płuczek, ekspertyzy sprawnościowe różnych maszyn przerobczych stosowanych w płuczkach i wialniach, przebadano własności przerobcze węgla z kilku pokładów oraz wytypowano optymalne odczynniki flotacyjne dla mułów i pyłów polskich węgla koksujących. Przeprowadzono ponadto badania procesu kruszenia się węgla przy zmianie systemu transportu pionowego (klatka, skip), oceniono zmienność petrograficzną węgla pokładu 510 w kierunku zachód – wschód, a także określono metodykę badania stopnia uwęglenia węgla i przebadano chemicznie popioły polskich węgla kamiennych.
- d) **Dział IV – Chemicznej Przeróbki Węgla:** przygotowano materiały do podstawowej monografii węgla koksowych w Polsce, przeprowadzono badania nad poprawą jakości koksu z węgla górnośląskich, oceniono możliwości zastosowania półkoksu do napędu pojazdów mechanicznych, a także przeprowadzono wstępne badania nad otrzymywaniem zeolitów i kolonitów z węgla brunatnego i kamiennego.

- e) **Dział V – Społeczny**: wykonano rentgenowskie badania płuc załóg górniczych (11 000 zdjęć) oraz badania psychotechniczne tysiąca uczniów w szkołach do-kształcających i gimnazjach zawodowych na Śląsku (4644 testy).

Do najważniejszych osiągnięć Instytutu w latach 1945–1950 można zaliczyć (Laskowski 1950):

- wstępne opracowanie metod i środków zabezpieczenia załóg górniczych przed wybuchami pyłu węglowego i metanu (Cybulski 1948),
- polepszenie jakości wydobywanego węgla przez kontrolne analizy i opracowywanie schematów nowych zakładów przerobczych,
- polepszenie jakości koksu przez systematyczne analizy kontrolne węgla wsadowego oraz opracowanie mieszanek z różnych węgli górno- i dolnośląskich.

Zagadnienia powyższe należały do **najistotniejszych** w trudnym okresie powojennym i działania Instytutu odpowiadały na bezpośrednie potrzeby górnictwa węglowego w tym czasie, stanowiąc bieżące wsparcie rzeczoznawcze dla przemysłu.

W publikacjach pracowników GIG z tego okresu dominują zagadnienia: podstawowe i technologiczne właściwości węgla i koksu, właściwości mechaniczne skał karbońskich, fizyczne cechy środowiska podziemnego, zachowanie się górotworu w otoczeniu wyrobisk górniczych, wybuchowość pyłów węglowych oraz analizy warunków pracy w podziemnych kopalniach węgla.

Z **ważniejszych publikacji** własnych Instytutu (Prace GIG – Komunikat) można wymienić następujące (Zestawienie publikacji wydanych w Głównym Instytucie Górnictwa 1995: pt. Prace GIG – Komunikat, Prace Naukowe GIG. Katowice, Wydaw. GIG):

- Przyczynek do badania wzbogacalności węgla (D. Korol, Prace GIG – Komunikat nr 2, 1947).
- Badania nad popiołami węgla Zagłębia Górnośląskiego (T. Mielecki, Prace GIG – Komunikat nr 7, 1947).
- Wpływ dodatku węgla dolnośląskiego z kopalni „Victoria” na jakość koksu z węgla górnośląskich (M. Choraży, W. Kijewski, Prace GIG – Komunikat nr 14, 1947).
- Występowanie łupliwości w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (J. Cis, Prace GIG – Komunikat nr 22, 1947).
- Wpływ temperatury skał na temperaturę powietrza kopalnianego (J. Litwiniszyn, Prace GIG – Komunikat nr 26, 1948).
- Zjawiska ciśnienia górotworu w świetle mechaniki ciał plastycznych (A. Sałustowicz, Prace GIG – Komunikat nr 35, 1948).
- Praca górnika w przodku ze stanowiska fizjologicznego i higienicznego (S. Niebrój, Prace GIG – Komunikat nr 51, 1949).
- Badania nad hamowaniem wybuchów pyłu węglowego zaporami z pyłu kamiennego (W. Cybulski, Prace GIG – Komunikat nr 61, 1950).

2. OKRES OD 1951 DO 1960 ROKU

W tym okresie zaznaczył się rozwój badań: urabialności węgla i skał otaczających – jako podstawa do przejścia z urabiania strzelniczego do procesów skrawania za pomocą pierwszych kombajnów ścianowych i doboru narzędzi urabiających, pojawiły się również pierwsze prace badawczo-wdrożeniowe na temat mechanizacji wydobywania węgla, organizacji pracy w wyrobiskach eksploatacyjnych, samozapalności węgla i skłonności węgla do tępień. Rozpoczęto zakrojone na szeroką skalę obserwacje i pomiary przejawów ciśnienia górotworu w kopalniach węgla – w celu uogólnienia wykrytych zależności i opracowanie na tej podstawie – metod optymalnego doboru obudowy zarówno wyrobisk korytarzowych w oddziałach wydobywczych, jak i wyrobisk eksploatacyjnych (głównie – ścianowych). Zbudowano w laboratorium własne stoiska badawcze, służące do badania oporów urabiania skał (skrawaniem lub zwiercaniem), podjęto również pierwsze próby podziemnego zgazowania węgla za pomocą tlenu lub powietrza – najpierw w skali laboratoryjnej i na powierzchni, a następnie pod ziemią – przystosowując do prób Upadową Mars. Badania nad górnictwymi materiałami wybuchowymi pozwoliły na opracowanie i wdrożenie do produkcji receptur nowych materiałów, bezpiecznych w warunkach występowania metanu w kopalni. Przebadano gazonośność pokładów węgla w obydwóch zagłębiach węglowych (górnosląskim i dolnosląskim) i zainicjowano prace badawcze nad mechanizmem powstawania szkód górniczych.

Z **ważniejszych publikacji** własnych Instytutu z tego okresu można wymienić następujące:

- Analiza wpływu mechanizacji urabiania na wydajność pracy na węglu (Z. Ajdukiewicz, Prace GIG – Komunikat nr 81, 1951).
- Organizacja cyklu pracy na ścianach (W. Strzeszewski, Prace GIG – Komunikat nr 86, 1951).
- Zarys budowy geologicznej Wałbrzyskiego Rejonu Węglowego (Z. Suchodolski, Prace GIG – Komunikat nr 89, 1951).
- Częściowe uwodornienie węgla płomiennych i antracytu (R. Pampuch, Prace GIG – Komunikat nr 103, 1951).
- Fizyczne własności piasków podsadzkowych (R. Adamek, Prace GIG – Komunikat nr 105, 1951).
- O stratach eksploatacyjnych węgla w systemie filarowym (L. Rzempiel, Prace GIG – Komunikat nr 120, 1952).
- Analiza wyników masowych oznaczeń samozapalności węgla (W. Olpiński, Prace GIG – Komunikat nr 130, 1952).
- Wpływ ziarnistości węgla na przebieg spalania na ruszcie taśmowym (T. Radowicki, Prace GIG – Komunikat nr 138, 1953).
- Tępienia w świetle badań laboratoryjnych (J. Znański, Prace GIG – Komunikat nr 143, 1953).
- Własności chemiczne i podział krajowych węgla płomiennych (B. Roga, A. Ihnatowicz, Prace GIG – Komunikat nr 142, 1954).

- Badania petrograficzne fosforytów polskich (J. Kuhl, Prace GIG – Komunikat nr 155, 1954).
- Badania nad bezpieczeństwem górniczych materiałów wybuchowych wobec pyłu węglowego (W. Cybulski, Prace GIG – Komunikat nr 159, 1954).
- Warunki współpracy z górotworem i zasady obliczania obudowy ścianowej (M. Borecki, Prace GIG – Komunikat nr 175, 1955).
- Metoda analizy inwestycji w przemyśle węglowym (B. Krupiński, J. Kolbe, Prace GIG – Komunikat nr 180, 1956).
- Doświadczenia nad podziemnym zgazowaniem węgla w laboratoryjnym gazogeneratorze powierzchniowym (K. Dziunikowski, Prace GIG – Komunikat nr 182, 1956).
- Wskaźnik zmęczenia kopalnianych lin wyciągowych (J. Kowalczyk, Prace GIG – Komunikat nr 187, 1957).
- O własnościach benzyny wylewnej z polskich węgla kamiennych (M. Ihnatowicz, Prace GIG – Komunikat nr 211, 1958).
- Wypadkowość przy transporcie w kopalniach węgla kamiennego (J. Wanat, Prace GIG – Komunikat nr 221, 1958).
- Wysokociśnieniowy hydrauliczny transport węgla (M. Borecki, T. Radowski, Prace GIG – Komunikat nr 226, 1958).
- Kształtowanie się kanału ogniowego w podziemnym zgazowaniu węgla kamiennego (J. Rauk, Prace GIG – Komunikat nr 241, 1959).
- Próby zastosowania hydrourabiania w eksperymentalnej dowiezchni węglowej w pokł. 506 kopalni „Jankowice” (M. Leżon, Prace GIG – Komunikat nr 259, 1960).
- Wytyczne projektowania rejonów zhydromechanizowanych w kopalniach węgla (M. Borecki, R. Zahaczewski, Prace GIG – Komunikat nr 267, 1960).

3. OKRES OD 1961 DO 1970 ROKU

W okresie tym przeprowadzono wstępne próby zastosowania obudowy kotwiowej w wyrobiskach korytarzowych kopalń węgla, gdzie do tej pory stosowano wyłącznie stalową obudowę łukową lub drewnianą. Ponadto, nastąpiło ogólne **znaczne rozszerzenie** tematyki badawczej Instytutu o liczne nowe, do tej pory nie realizowane, prace badawcze, takie jak: optymalizacja podsadzki hydraulicznej oraz materiałów podsadzkowych, konstrukcja sprzętu ratowniczego dla górników, nowe metody analityczne i pomiarowe (na przykład zorganizowano laboratorium i opracowano metodykę badań reologicznych właściwości skał), konstrukcja obudów wyrobisk korytarzowych oraz ścianowych (produkowanych we własnych warsztatach), analiza mechanizmu wyrzutów gazu i skał w warunkach zagłębia dolnośląskiego, podstawy strugowej techniki urabiania pokładów węgla w wyrobiskach ścianowych, pomiary ruchów powierzchni pod wpływem eksploatacji górniczej wraz z elementami nowej teorii osiadania górotworu, prognozowanie zawodnienia kopalń i opracowanie metod ich efektywnego odwadniania, analiza warunków pracy w podwyższonej temperaturze

otoczenia, wykorzystanie radiometrii do badania stopnia zapopielenia węgla, opracowanie szeregu koncepcji oraz projektów warstwowej eksploatacji grubych pokładów węgla, podstawy eksploatacji filarów szybowych, badania szczelinowatości skał stropowych i opracowanie klasyfikacji stateczności i zawałowości (tzw. rabowalności) stropów pokładów węglowych, podstawy teorii rozpełniania gruntów wraz z budową laboratorium modelowania procesów rozpełniania i oceny wpływu tego procesu na budowie powierzchniowe, opracowanie metodyki wierceń małośrednicowych (z pomiarem uzysku zwiercin) – do oceny zagrożenia pokładów węgla tąpnięciami, opracowanie podstaw sejsmoakustycznej metody określania stanu zagrożenia tąpnięciami, opracowanie podstaw konstrukcji centralnych dyspozytorni kopalnianych, jak również wentylatorów kopalnianych, opracowanie podstaw schematu potencjalnego kopalnianej sieci wentylacyjnej, opracowanie zasad stosowania podsadzki częściowej i szereg innych.

W tym okresie nastąpiło natomiast zmniejszenie liczby prac badawczych z zakresu **karbochemii** w związku ze wspomnianym na wstępie powstaniem w 1955 roku Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, który przejął znaczną część tematyki badawczej GIG.

Z **ważniejszych publikacji** własnych Instytutu z tego okresu można wymienić następujące:

- Przyczyny wstrząsów górotworu na Górnym Śląsku (Z. Wierzchowska, Prace GIG – Komunikat nr 268, 1961).
- Wpływ prędkości wybierania na zachowanie się górotworu i obudowy (M. Borecki, A. Biliński, A. Kidybiński, Prace GIG – Komunikat nr 301, 1962).
- Solanki kopalniane jako surowiec dla przemysłu chemicznego (W. Olczakowski, I. Motyka, Prace GIG – Komunikat nr 305, 1962).
- Hydrauliczna obudowa krocząca systemu GIG-4 (M. Borecki, T. Radowski, Prace GIG – Komunikat nr 308, 1962).
- Wpływ prędkości skrawania węgla różnych pokładów na wielkość wydatkowanej energii (W. Sikora, Prace GIG – Komunikat nr 292, 1963).
- Wpływ kształtu i wielkości ziarn na wysokość oporów hydraulicznych przy przepływie mieszanin wody i węgla w rurociągach poziomych (R. Zahaczewski, Prace GIG – Komunikat nr 309, 1963).
- Wypadki strzałowe i przyczyny ich powstawania w kopalniach węgla kamiennego (J. Wanat, Prace GIG – Komunikat nr 322, 1963).
- Systemy eksploatacji krajowych rud żelaza (J. Zajdel, S. Woronowski, T. Świeboda, Prace GIG – Komunikat nr 324, 1963).
- Badania temperatury i stopnia odgazowania calizny węglowej w podziemnym zgazowaniu węgla kamiennego (J. Rauk, Prace GIG – Komunikat nr 336, 1964).
- Charakterystyka petrograficzna bitumicznych węgla brunatnych z Turowa (T. Kruśzewski, Prace GIG – Komunikat nr 356, 1964).
- Modele reologiczne skał karbońskich (A. Kidybiński, Prace GIG – Komunikat nr 360, 1964).

- Wyznaczenie granic filarów ochronnych dla pokładów o nieregularnym zaleganiu (E. Romanowicz, B. Skinderowicz, K. Trojanowski, T. Pytlarz, Prace GIG – Komunikat nr 378, 1965).
- Twardość polskich węgla kamiennych (J. Ziółkowski, A. Ćwiakowska, Prace GIG – Komunikat nr 384, 1965).
- Wskaźniki stanu bezpieczeństwa górniczej liny wyciągowej (J. Kowalczyk, J. Hankus, Prace GIG – Komunikat nr 390, 1966).
- Rozkład powierzchni osłabionej spoistości w skałach, metoda oznaczania trwałości i próba klasyfikacji stropów pokładów węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (K. Pawłowicz, Prace GIG – Komunikat nr 429, 1967).
- Wpływ rozpełzania podłoża na siły rozciągające w fundamentach budowli (J. Kwiatek, Prace GIG – Komunikat nr 430, 1967).
- Kontrolowane utlenianie średnich sortymentów węgla płomiennych jako metoda otrzymywania paliwa bezdymnego (A. Ihnatowicz, E. Rusin, M. Ihnatowicz, Prace GIG – Komunikat nr 443, 1968).
- Osiadanie powierzchni spowodowane osuszeniem nadkładu oraz nowe kryteria dla określenia filarów bezpieczeństwa (J. Sztelak, Prace GIG – Komunikat nr 368, 1969).
- Podstawy schematu potencjalnego kopalnianej sieci wentylacyjnej (H. Bystroń, Prace GIG – Komunikat nr 471, 1969).
- Optymalizacja procesu hydraulicznego wysokociśnieniowego urabiania w ścianowym systemie eksploatacji (A. Raczyński, Prace GIG – Komunikat nr 496, 1970).

4. OKRES OD 1971 DO 1980 ROKU

W okresie tym nastąpił największy rozwój tematyki badawczej Instytutu – pod względem jej zakresu i liczby realizowanych prac badawczych – co było związane między innymi z dużą dynamiką rozwoju górnictwa węglowego w Polsce, wyrażającą się na przykład osiągnięciem szczytowego wydobycia węgla kamiennego (ponad 200 mln ton rocznie). Tematyka najliczniejszych prac badawczo-wdrożeniowych obejmowała następujące zagadnienia: nowe urządzenia mechaniczne i elektrotechniczne dla kopalń, szkody górnicze i eksploatację pod obiektami budowlanymi, rozwój transportu kopalnianej, badanie przejawów ciśnienia górotworu i tąpnięć (łącznie z sejsmologią górniczą), zagrożenia gazowe i wyrzutowe, rozwój wentylacji kopalnianej oraz badania i opracowanie nowych materiałów konstrukcyjnych dla górnictwa. Od 1975 roku ulegała stopniowemu ograniczaniu tematyka badawcza i konstrukcyjna w zakresie nowych maszyn i urządzeń górniczych, a także elektrycznych urządzeń pomiarowych dla kopalń – co miało związek ze wspomnianym na wstępie utworzeniem samodzielnych górniczych jednostek badawczo-rozwojowych CMG KOMAG i CEIAG EMAG, które przejęły większość tematyki.

Z ważniejszych publikacji własnych Instytutu z tego okresu można wymienić następujące:

- Wpływ podporności obudowy na strop bezpośredni w ścianach zawałowych (W. Konopko, Prace GIG – Komunikat nr 501, 1971).
- Badania nad elektroodwadnianiem mułów węglowych (R. Lach, Prace GIG – Komunikat nr 504, 1971).
- Modele wysokosprawnych wentylatorów osiowych (A. Wszelaczyński, Prace GIG – Komunikat nr 506, 1971).
- Analiza obciążenia wsporników zbrojenia szybowego (S. Kawulok, Prace GIG – Komunikat nr 510, 1971).
- Oscylograficzne badania zaburzeń ruchu elektrycznych maszyn wyciągowych (A. Smolański, Prace GIG – Komunikat nr 524, 1971).
- Ścieki kopalniane jako źródło wody użytkowej w przemyśle węglowym (I. Motyka, A. Sanetra, Prace GIG – Komunikat nr 529, 1971).
- Badania nad zabezpieczeniem taśm przenośnikowych z polichloru winylu przed rozkładem mikrobiologicznym (B. Zyska, Prace GIG – Komunikat nr 543, 1972).
- Wpływ kształtu i parametrów dysz na właściwości wysokociśnieniowych strumieni stosowanych do hydraulicznego urabiania węgla (J. Perek, Prace GIG – Komunikat nr 548, 1972).
- Iskrobezpieczne transformatory klasy 2BJ (J. Ciok, B. Kołodziejcki, Prace GIG – Komunikat nr 580, 1973).
- Kompleksowy program eksploatacji pokładów węgla w filarze ochronnym dla Zakładów Górniczo-Hutniczych Orzeł Biały (B. Stranz, Z. Bojarski, T. Pytlarz, Prace GIG – Komunikat nr 585, 1973).
- Metody obliczeń energii wstrząsów górotworu na Górnym Śląsku (J. Dubiński, Z. Wierzchowska, Prace GIG – Komunikat nr 591, 1973).
- Wskaźnik energetyczny skłonności naturalnej węgla do tępai (Z. Szczówka, J. Domżał, P. Ożana, Prace GIG – Komunikat nr 594, 1973).
- Prognozowanie czasu bezpiecznego składowania lub transportu morskiego węgla (J. Muzyczuk, Prace GIG – Komunikat nr 603, 1973).
- Określanie nieciągłości górotworu metodami geofizycznymi na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (R. Zakolski, Prace GIG – Komunikat nr 622, 1974).
- Badania skał płonnych jako wypełniaczy filtrów do oczyszczania powietrza z par i gazów (K. Hołowiecki, A. Chodyński, J. Kiedik, Prace GIG – Komunikat nr 633, 1975).
- Klasyfikacja uskoków tektonicznych w badaniach nad ich oddziaływaniem na proces deformacji powierzchni (A. Tyrała, M. Szwedzicka, S. Szukalski, Prace GIG – Komunikat nr 652, 1975).
- Wpływ czasu na kształtowanie się dynamicznych niecek osiadania (B. Skindero-wicz, Prace GIG – Komunikat nr 666, 1976).
- Badania zagrożenia elektrostatycznego tworzywami sztucznymi w kopalniach metanowych (A. Chwalczyk, Prace GIG – Komunikat nr 675, 1977).
- Klasyfikowanie pokładów węgla pod względem zagrożenia metanowego (J. Bo-rowski, Z. Gawraczyński, B. Kozłowski, Prace GIG – Komunikat nr 679, 1977).

- Stanowisko do badań obudowy chodnikowej i jej wstępne badania (B. Sawka, Prace GIG – Komunikat nr 689, 1978).
- Urabialność pokładów węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (W. Sikora, M. Fels, K. Sołtysek, Prace GIG – Komunikat nr 692, 1978).
- Metoda wyznaczania filarów ochronnych dla szybów i przyszybowych obiektów powierzchniowych (E. Jędrzejec, A. Kowalski, A. Tyrała, Prace GIG – Komunikat nr 698, 1978).
- Analiza i kształtowanie stanu naprężeń wokół wyrobisk chodnikowych dla ograniczenia wypiętrzania spągów (A. Smółka, Prace GIG – Komunikat nr 699, 1978).
- Zastosowanie audiometrii obiektywnej ERA w badaniach narządu słuchu górników (T. Malinowski, J. Klepacki, R. Wagstyl, Prace GIG – Komunikat nr 715, 1980).
- Mapy pierwotnej temperatury skał Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego dla horyzontów –450, –550 i –750 m (J. Knechtel, P. Markefka, Z. Zgryza, Prace GIG – Komunikat nr 719, 1980).

5. OKRES OD 1981 DO 1990 ROKU

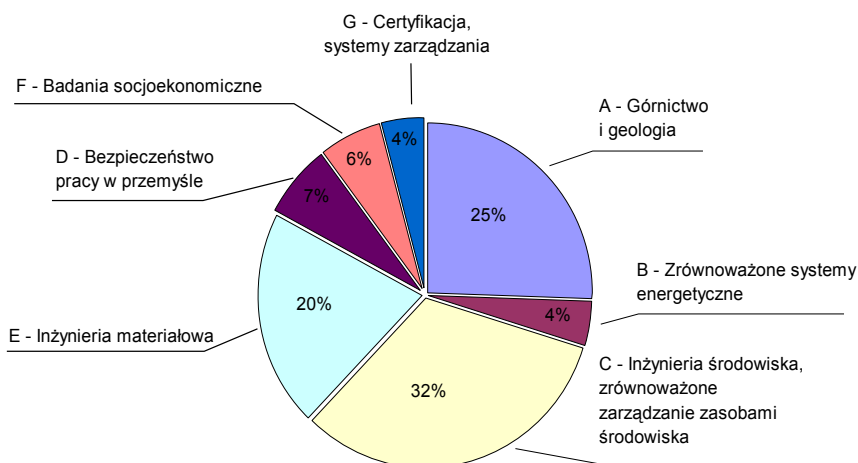
W okresie tym nastąpił pewien spadek liczby prac badawczych i własnych publikacji naukowych Instytutu, zaś tematyka koncentrowała się w trzech głównych obszarach, a mianowicie: na opracowywaniu nowych elementów i zespołów stalowych obudów wyrobisk korytarzowych, ocenie wybuchowości pyłów węglowych oraz zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia, a także – rozwoju metod wzbogacania węgla. Niemniej jednak w wyniku przeprowadzonych badań wydano w tym okresie ponad 40 publikacji własnych, z których ważniejsze są następujące:

- Flokulacja zawiesin węglowych (A. Tobiczek, Prace GIG – Komunikat nr 721, 1982).
- Zagrożenie pyłowe w strefie zasięgu zapylenia ze ścian zawałowych i możliwości jego prognozowania (M. Stolecki, W. Matula, Prace GIG – Komunikat nr 727, 1982).
- Systematyka węgla kamiennych według strukturalnego wskaźnika metamorfizmu (Z. Chruściel, Prace GIG – Komunikat nr 730, 1983).
- Włókno węglowe komponentem tworzywa termoplastycznego przeznaczonego na łopatki wentylatorów górniczych (K. Czaplicka-Kolarz, Prace GIG – Komunikat nr 733, 1984).
- Aktywne obniżanie zagrożeń wyrzutami gazów i skał (B. Kozłowski, R. Siarkiewicz, Prace GIG – Komunikat nr 735, 1985).
- Nośność i wytrzymałość odrzwi łukowej obudowy chodnikowej ŁP-V jako funkcja ich wielkości (W. Konopa, B. Sawka, Prace GIG – Komunikat nr 742, 1987).
- Model numeryczny warstwy wodonośnej PIEZOMETRIA-80 (M. Rogoż, E. Solik-Heliasz, Prace GIG – Komunikat nr 749, 1988).

- Technologia wielowarstwowej eksploatacji grubych pokładów od stropu do spągu z podszadką hydrauliczną samozestalającą się (J. Łojas, Prace GIG – Komunikat nr 750, 1988).
- Własności fizykochemiczne wód obiegowych w zakładach mechanicznej przeróbki węgla (Z. Nowak, L. Kurczabiński, Prace GIG – Komunikat nr 752, 1989).
- Modele postępującego osłabienia lin stalowych pracujących w warunkach przeginięcia i cyklicznie zmiennych obciążeń rozciągających (J. Hankus, P. Szołtyś, K. Minch, B. Pajonk, Prace GIG – Komunikat nr 753, 1989).
- Podstawy teoretyczne projektowania i doboru stalowych obudów odrzwiowych dla wyrobisk komorowych i odgałęzień (J. Małoszewski, J. Mateja, K. Rułka, Prace GIG – Komunikat nr 756, 1989).

6. OKRES OD 1991 DO 2000 ROKU

W tym okresie nastąpił znaczny wzrost liczby prac badawczych Instytutu oraz publikacji jego pracowników – zwłaszcza w wydawnictwach zewnętrznych, takich jak: czasopisma zagraniczne z listy filadelfijskiej, czasopisma krajowe (górnictwe i poza-górnictwe) i materiały konferencyjne, krajowe oraz zagraniczne. Coroczna ogólna liczba publikacji pracowników Instytutu w tym okresie wynosiła 150–330 (średnio 244), zaś udział w niej publikacji własnych GIG (Prace Naukowe GIG, kwartalnik GIG „Górnictwo i Środowisko”) – zmniejszył się do około 6%. Pod względem tematycznym zaznaczył się znaczny przyrost tematyki związanej z inżynierią środowiska i zarządzaniem zasobami środowiska, wysoko pod względem liczbowym były reprezentowane również prace z zakresu górnictwo-geologicznego i bezpieczeństwa pracy w przemyśle. Procentowy udział poszczególnych dziedzin badawczych w pracach Instytutu za lata 1992–2003 przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Średni udział dziedzin badawczych w publikacjach GIG za lata 1992–2003

Fig. 1. Average share of research fields in Central Mining Institute's publications over the years 1992–2003

Z ważniejszych prac Instytutu wykonanych i opublikowanych w tym okresie można wymienić następujące:

- Problemy hydrogeologiczne związane z likwidacją kopalń węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (P. Bukowski, Prace GIG – Komunikat nr 764, 1991).
- Metoda optymalizacji wykorzystania odpadów kopalnianych i energii potencjalnej w podsadzce hydraulicznej – metoda OG (A. Lisowski, Prace GIG – Komunikat nr 768, 1992).
- Charakterystyka zagrożenia krótkożyciowymi produktami rozpadu radonu w kopalniach węgla kamiennego (J. Skowronek, Prace GIG – Komunikat nr 771, 1992).
- Geologiczne i środowiskowe uwarunkowania wtłaczania cieczy do górotworu (M. Rogoż, 1992).
- Projektowanie systemów obudowy kotwiowej w kopalniach węgla (A. Kidybiński, 1992).
- Wpływ czynników naturalnych i technicznych na stan utrzymania stropu wyrobiska ścianowego (A. Biliński, T. Kostyk, Prace Naukowe GIG nr 779, 1993).
- Projektowanie eksploatacji górniczej minimalizującej wpływ wstrząsów górniczych na powierzchnię (J. Dubiński, J. Drzewiecki, G. Mutke, 1993).
- Rury z laminatów poliestrowo-szklanych przeznaczone dla górnictwa podziemnego (J. Bursa, K. Czaplicka, J. Piasecka, H. Rydarowski, K. Walczak, Prace Naukowe GIG nr 787, 1994).
- Bariery i szanse pracy dla górników zwalnianych z kopalń (K. Nowak, W. Sobula, K. Tausz, Prace Naukowe GIG nr 789, 1994).
- Kryteria doboru węgla aktywnego do oczyszczania wody (Z. Dębowski, Prace Naukowe GIG nr 792, 1994).
- Mapa akustyczna województwa śląskiego (J. Kompała, 1994).
- Odsiarczanie gazów emitowanych do atmosfery z procesu grafitowania wyrobów węglowych (E. Orszulik, J. Szpineter, 1994).
- Strzelania torpedujące jako metoda zapobiegania tąpniom (K. Pawłowicz, Prace Naukowe GIG nr 803, 1995).
- Strategia restrukturyzacji zatrudnienia na przykładzie likwidowanej kopalni (P. Koćwin, W. Sobula, K. Tausz, 1995).
- Własności zasiarczonych odpadów powęglowych (J. Girczys, Prace Naukowe GIG nr 807, 1996).
- Energetyczne wykorzystanie gazów metanowych towarzyszących pokładowi węglowemu – alternatywa zmniejszenia degradacji środowiska naturalnego (A. Pilch-Kowalczyk, J. Szumny, Prace Naukowe GIG nr 813, 1996).
- Ryzyko wypadków technicznych (Z. Niczyporuk, 1996).
- Profilaktyka pylicy – świadomościowe uwarunkowania (R. Studenski, 1996).
- Określenie czynników powodujących zagrożenie powstawania pożarów taśm przenośnikowych w kopalniach węgla (J. Wachowicz, Prace Naukowe GIG nr 816, 1997).

- Ukierunkowane hydroszczelinowanie skał i możliwości jego wykorzystania (W. Konopko i inni, Prace Naukowe GIG nr 824, 1997).
- Podstawy oceny trwałości górniczych taśm przenośnikowych w aspekcie badań reologicznych (K. Czaplicka-Kolarz, Prace Naukowe GIG nr 826, 1998).
- Zagrożenie klimatyczne w polskich kopalniach węgla (J. Knechtel, Prace Naukowe GIG nr 835, 1998).
- Dobór parametrów stabilnej sieci wentylacyjnej (J. Cygankiewicz, 1998).
- Komputerowe wspomaganie zarządzania bezpieczeństwem pracy w kopalni (A. Lipowczan, 1998).
- Modyfikacja procesu spalania w celu redukcji tlenków azotu (B. Białecka, 1999).
- Iskrobezpieczeństwo obwodów z liniami elektrycznymi w kopalniach metanowych (P. Krzysłowski, 1999).
- Wpływ prędkości eksploatacji podziemnej na obiekty budowlane (J. Kwiatek, 1999).
- Koncentracja wydobywania a zagrożenia górnicze (Praca zbiorowa pod red. J. Dubińskiego, 1999).

Poza pracami przyczynkowymi w Instytucie opracowano, w omawianym okresie, wiele monografii, na przykład – analizy sektorowe górnictwa węgla kamiennego w Polsce w aspekcie prywatyzacji oraz w zakresie wpływu na środowisko, ocenę bazy zasobowej węgla kamiennego pozostawionej w likwidowanych zakładach górniczych z propozycją rozwiązań prawnych, zapewniających ich ochronę oraz inne monografie.

Od 1997 roku zaznaczył się wyraźny spadek liczby i kosztów prac usługowych Instytutu, zlecanych przez kopalnie węgla kamiennego, natomiast od 1999 roku wartość zleceń spoza tego tradycyjnego źródła stała się dominująca.

7. TEMATYKA WSPÓŁCZESNA (PO 2000 ROKU)

Tematykę prac badawczych i rozwojowych Instytutu realizowanych współcześnie zestawiono w tablicy 2.

Obejmuje ona siedem głównych dziedzin działalności badawczej oraz 33 kierunki.

Cechami charakterystycznymi prac badawczych Instytutu są: kompleksowe analizy zagrożeń górniczych i środowiskowych przy zastosowaniu metod nowoczesnej analizy (sieci neuronowe, LCA – analiza cyklu życia, zagrożenia skojarzone), nowe rozwiązania metrologiczne, a także szerokie włączanie się zespołów Instytutu w europejskie programy badawcze.

Z ważniejszych prac Instytutu zrealizowanych i opublikowanych w tym okresie można wymienić następujące:

- Aparat regeneracyjny ze sprężonym tlenem do zastosowań ratowniczych (A. Lipowczan, 2001).
- Projektowanie i wytwarzanie wyrobów dla budownictwa drogowego i przemysłowego z tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu materiałowego (K. Walczak, 2001).

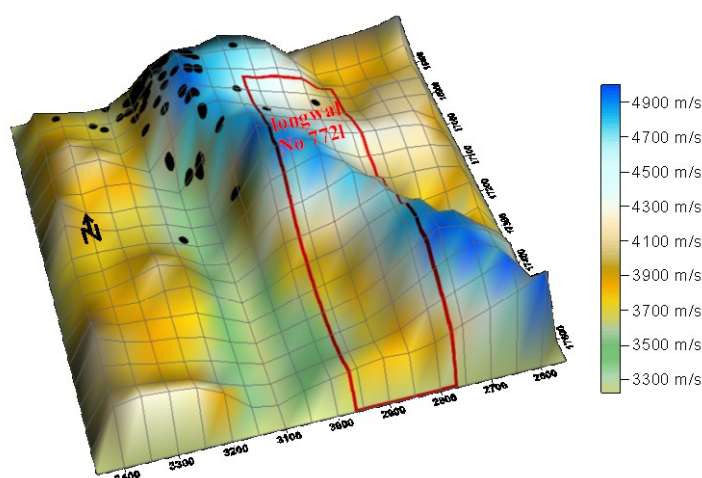
Tablica. 2. Współczesne kierunki działalności badawczej

Lp.	Dziedzina	Kierunki
A	Górnictwo i geologia	Zrównoważone zarządzanie zasobami surowców mineralnych Rozpoznanie złóż metodami geofizycznymi, geologicznymi i górnictwami Technologie bezpiecznej eksploatacji złóż surowców mineralnych Czyste technologie węglowe (<i>Clean coal technology</i>)
B	Zrównoważone systemy energetyczne	Sekwestracja CO ₂ w strukturach geologicznych Odnawialne źródła energii Optymalizacja doboru paliw Wykorzystanie gazu kopalnianego w energetyce Produkcja ciepła w skojarzeniu z wytwarzaniem energii elektrycznej w małych układach rozproszonych (CHP) Audyty energetyczne i rozwiązania termomodernizacyjne w nowoczesnym budownictwie Nowe i bezpieczne technologie produkcji paliwa wodorowego
C	Inżynieria środowiska, zrównoważone zarządzanie zasobami środowiska	Kompleksowa ocena środowiskowa (gleba, woda, powietrze, hałas, drgania, radiacja, monitoring geochemiczny, geofizyczny i geotechniczny) Technologie środowiskowe Zrównoważone zarządzanie gospodarką wodno-ściekową Gospodarcze wykorzystanie terenów poprzemysłowych Zrównoważone zarządzanie gospodarką odpadami
D	Bezpieczeństwo pracy w przemyśle	Analiza ryzyka poważnych awarii przemysłowych na bazie ustawodawstwa krajowego i dyrektyw UE Analiza ryzyka zagrożeń wybuchowych i pożarowych w przemyśle wraz z systemami opanowania tych zagrożeń Monitoring zagrożeń gazowych i pyłowych w przemyśle Komputerowe systemy wspomagania zarządzania bezpieczeństwem pracy System kształtowania przebiegów bezpiecznych postaw załogi Statyczne i dynamiczne badania materiałów, maszyn i urządzeń
E	Inżynieria materiałowa	Badania materiałów i wyrobów niemetalowych Ocena wpływów środowiskowych związanych z wyrobem, procesem lub działalnością produkcyjną Prognozowanie właściwości użytkowych nowych materiałów
F	Badania socjoekonomiczne	Rozwój lokalnych rynków pracy – równoważenie podaży i popytu na pracę Prognozowanie zrównoważonego rozwoju w skali lokalnej i regionalnej Analizy ekonomiczne i organizacyjne przekształceń własnościowych
G	Certyfikacja, ocena zgodności, systemy zarządzania	Legalizacja i uwierzytelnienia aparatury wibroakustycznej Badania odporności obiektów technicznych na działanie drgań mechanicznych Opracowanie, wdrażanie i rozwój systemów zarządzania środowiskowego (Czysta produkcja, ISO 14001, EMAS i inne) Certyfikacja wyrobów, systemów zarządzania i osób, ocena zgodności (jednostka notyfikowana) Wdrażanie i doradztwo w zakresie systemu zarządzania jakością i środowiskowego w podmiotach zewnętrznych

- Badania nad wykorzystaniem sieci neuronowych do prognozowania krytycznych stanów zagrożenia tąpnięciem (J. Kabiesz, 2001).
- Ocena możliwości wykorzystania ciepła z wód zlikwidowanych kopalń węgla (E. Solik-Heliasz, 2001).
- System wielopunktowego pomiaru hałasu komunikacyjnego (A. Lipowczan i zespół, 2002).

- Charakterystyka skojarzonych zagrożeń górniczych w aspekcie ich oceny oraz doboru metod prewencji (J. Kabiesz, Prace Naukowe GIG nr 849, 2002).
- Metrologia emisji metanu z rozciągniętych obiektów środowiskowych z wykorzystaniem selektywnej absorpcji promieniowania laserowego w średniej podczerwieni (H. Passia, Prace Naukowe GIG nr 851, 2002).
- Zmiany struktur kopalń i wskaźników techniczno-ekonomicznych w procesie restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego (M. Turek, Prace Naukowe GIG nr 855, 2003).
- Wpływ postępu frontu ściany na dynamikę niszczenia górotworu karbońskiego (J. Drzewiecki, Prace Naukowe GIG nr 860, 2004).

Na rysunku 2 pokazano przykład zastosowania metody sejsmicznej tomografii pasywnej do prognozy zagrożenia łupnięciem w rejonie ścianowej eksploatacji węgla.



Rys. 2. Ocena zagrożenia łupnięciem metodą pasywnej tomografii sejsmicznej

Fig. 2. Assessment of rock burst hazard using the method of passive tomography

Instytut uczestniczy w następujących badawczych programach międzynarodowych:

- RECOPOL – Redukcja emisji CO₂ do atmosfery przez magazynowanie go w pokładach węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym.
- AIRPIPE – Poduszki powietrzne dla zapobiegania wyciekom i przenoszeniu wybuchu w rurociągach.
- ARAMIS – Analiza ryzyka i system zarządzania bezpieczeństwem dla przemysłów.
- MASURIN – Ekorozwój regionów przemysłowych – europejski przewodnik.
- RESCUE – Regeneracja europejskich terenów w miastach i ich otoczeniu.
- TENORHARM – Nowe podejście do oceny i redukcji ryzyka skażenia środowiska naturalnego związanego z naturalną podwyższoną promieniotwórczością.

- ERRICCA 2 – Europejska sieć – radon w budynkach, badanie, zapobieganie, współpraca z przemysłem.
- NESMI – Sieć europejskich zrównoważonych przemysłów górnictwa i przetwórstwa minerałów.
- METROPOLIS – Sieć tematyczna „Metrologia we wspomaganiu nauk o zapobieganiu i polityce zrównoważonego rozwoju”.
- ENERGYFOREST – Rozwój lasów energetycznych w krajach Europy Środkowej i Wschodniej na terenach gdzie produkcja rolnicza jest nieekonomiczna.

Na fotografii 1 pokazano otwór badawczy służący do próbnego wtłaczania CO₂ do pokładu węgla (program RECOPOL) w celu zapobiegania emisji tego gazu do atmosfery.



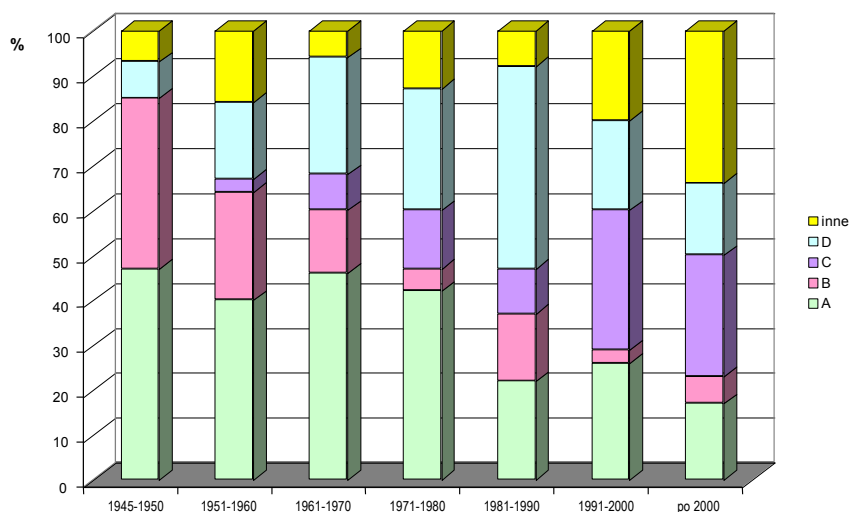
Fot. 1. Otwór badawczy do wtłaczania CO₂ do pokładu węgla (program RECOPOL)

Photo. 1. Exploratory borehole for pumping up CO₂ into the coal seam (RECOPOL program)

8. DROGI EWOLUCJI TEMATYKI BADAWCZEJ

Śledząc publikacje własne Instytutu (Seria Prace Naukowe GIG), których ukazało się dotychczas (lata 1947–2004) 862 zeszyty, a także inne (głównie publikowane poza Instytutem) publikacje pracowników GIG – których tylko w ostatnich 12 latach (1992–2003) ukazało się 2928 – można dostrzec ogólne tendencje ewolucji tematyki

badawczo-rozwojowej realizowanej przez Instytut. Przeprowadzona analiza wykazała, że ewolucyjne zmiany można zaobserwować łatwiej, analizując dłuższe okresy (np. dziesięciolecia), bowiem w okresach rocznych występują duże zmiany tematyki, niepozwalające na prześledzenie rzeczywistych długoterminowych tendencji. W celu pełnej analizy ilościowej tych tendencji przyjęto współczesny podział tematyki badawczej (tabl. 2), następnie zaś zaliczano poszczególne prace powstałe w ciągu sześćdziesięciu lat istnienia Instytutu do siedmiu dziedzin (oznaczonych od A do G) i obliczano procentowy udział każdej z dziedzin w ogólnej liczbie prac wykonanych w danym przedziale czasu. Przedziały te dobrano w ten sposób, że odpowiadały one pełnym dziesięcioleciom (w okresie od 1951 do 2000) oraz przedziałom czasu w przybliżeniu pięcioletnim – w pozostałych okresach (1945–1950 oraz 2001–2005). Można zauważyć następujące tendencje (rys. 3).



Rys. 3. Udział głównych dziedzin badawczych w publikacjach GIG w latach 1945–2003

Fig. 3. Contribution of major research fields to Central Mining Institute's publications over the years 1945–2003

Dziedzina A (Górnictwo i geologia):

W początkowym okresie działalności Instytutu (1945–1950) badania górnicze i geologiczne stanowiły niemal połowę tematyki badawczej (47%) i taki wysoki poziom utrzymywał się przez trzy kolejne dziesięcioletnie okresy aż do 1980 roku (42%). W latach osiemdziesiątych XX wieku nastąpił znaczący spadek liczby opublikowanych opracowań naukowych z tego zakresu (do 22% ich ogólnej liczby), zaś w kolejnych analizowanych okresach – liczba ta ustaliła się na 17–26%. Można to generalnie tłumaczyć tym, że wypracowane w latach 1945–1980 metody badawcze, systemy analityczne i technologie górnicze nie wymagały już w latach następnych dużego wkładu badawczego w celu ich dalszego doskonalenia, natomiast były intensywnie wdrażane w kopalniach i innych zakładach związanych z górnictwem – o czym świadczy stale zwiększająca się liczba prac naukowo-usługowych (tzw. doraźnych zleceń) dla przemysłu górniczego po 1980 roku. Inne technologie wypra-

cowane w fazie badawczej, nad którymi badania zostały zakończone częściowym sukcesem – jak na przykład podziemne zgazowanie węgla, kompleksowa hydromechanizacja kopalń, hydrotransport węgla, urabianie strugami, lekkie zmechanizowane obudowy ścianowe itp. – nie znalazły zastosowania w praktyce i dalsze badania nad nimi zostały zaniechane. Jeszcze inne technologie górnicze, których przydatność stwierdzono badaniami, a których stopień wdrożenia do praktyki jest ciągle niewystarczający – jak na przykład samodzielna obudowa kotwiova w kopalniach węgla – poddawane są ciągle wnikliwym badaniom w nadziei, że przez popularyzację i szkolenia – skala ich wdrożenia w praktyce będzie się zwiększała.

Jest również oczywiste, że przejęcie przez inne jednostki badawcze górnictwa – o czym była mowa poprzednio – tematyki mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji procesów górniczych zmniejszyło znacznie liczbę badań z tego zakresu, prowadzonych w Instytucie.

Dziedzina B (Zrównoważone systemy energetyczne):

Ta rozległa tematycznie dziedzina badań w okresie początkowym zajmowała 38% działalności Instytutu, zaś ich treść wynikała w tym czasie przede wszystkim z realizowanych prac poznawczych kierunku 3 (Optymalizacja doboru paliw). Zaliczyć tu można: petrograficzne i technologiczne rozpoznanie polskich węgli (zarówno kamiennych, jak i brunatnych), badania koksowalności węgla i ich klasyfikowanie pod tym względem, zgazowanie węgla i produkcja paliw uszlachetnionych, wreszcie szeroki zakres prac nad mechaniczną przeróbką i wzbogacaniem paliwa węglowego.

Udział tych badań w całej działalności naukowej Instytutu zaczął systematycznie spadać już w latach pięćdziesiątych XX wieku i spadek ten utrzymywał się w kolejnych dziesięcioleciach – co częściowo było wynikiem powstania Biura Projektów Przeróbki Mechanicznej Węgla SEPARATOR, które miało własne zaplecze analityczno-badawcze i przejęło część prac Instytutu. Procentowy udział tej tematyki w całości publikowanych prac badawczych GIG wynosił w kolejnych analizowanych okresach: 24% (1951–1960), 14% (1961–1970), 5% (1971–1980), 15% (1981–1990) i 3% (1991–2000). W ostatnim okresie (po 2000 roku) udział ten wyniósł do tej pory 6%, lecz należy się spodziewać jego znacznego wzrostu w związku z rozwojem innych kierunków tej dziedziny badań, takich jak: sekwestracja CO₂ w strukturach geologicznych, odnawialne źródła energii, wykorzystanie gazu kopalnianego w energetyce, produkcja ciepła w skojarzeniu z wytwarzaniem energii elektrycznej w małych układach rozproszonych (CHP), termomodernizacje w budownictwie oraz badania nad paliwem wodorowym.

Dziedzina C (Inżynieria środowiska, zarządzanie zasobami środowiska):

Badania z tej tematyki rozpoczęto w Instytucie już w latach pięćdziesiątych XX wieku i dotyczyły one w tym czasie: występowania siarki i boru w węglach GZW, wydzielania piryty z węgli, śladów metali w popiołach węglowych, analizy procesu powstawania osiadania powierzchni oraz szkód górniczych, a także podszadki hydraulicznej – jako sposobu na eliminowanie nieciągłych deformacji powierzchni pod wpływem eksploatacji podziemnej złóż węglowych. Niemniej jednak ogólna

liczba publikacji Instytutu na ten temat nie przekraczała 3% ogółu publikacji. W kolejnych dziesięcioleciach udział ten systematycznie wzrastał i wynosił: 8% (1961–1970), 13% (1971–1980), 10% (1981–1990), 31% (1991–2000), 27% (po 2000 roku). W najbliższej przyszłości należy spodziewać się dalszego dynamicznego rozwoju tej dziedziny badań ze względu na stały wzrost zapotrzebowania społecznego w kraju, a także szeroki udział inżynierii środowiska w europejskich programach badawczych.

Znacznemu poszerzeniu uległa wielostronność działania w tej dziedzinie, obejmując obecnie pięć podstawowych kierunków (tabl. 2).

Dziedzina D (Bezpieczeństwo pracy w przemyśle):

Bezpieczeństwo pracy w górnictwie od początku istnienia Instytutu było jednym z naczelných jego priorytetów w pracach badawczych i wdrożeniowych. Już bowiem w latach czterdziestych XX wieku rozpoczęto (a właściwie wznowiono po przerwie wojennej) w Kopalni Doświadczalnej „Barbara” prace nad wybuchami pyłu węglowego (W. Cybulski) oraz podjęto badania nad fizjologią pracy pod ziemią i zatruciami z nią związanymi (S. Niebrój, L. Lisiecki), a także wpływem pracy narzędziami udarowymi napędzanymi sprężonym powietrzem – na zmiany stawowo-kostne u górników (M. Jonas).

W tym okresie udział prac nad bezpieczeństwem górniczym wynosił wprawdzie zaledwie 8% ogółu publikowanych prac badawczych, lecz wkrótce zakres ich uległ znacznemu poszerzeniu, a udział wzrastał regularnie aż do końca lat osiemdziesiątych XX wieku (17% w latach 1951–1960, 26% w latach 1961–1970, 27% w latach 1971–1980, 45% w latach 1981–1990). Po 1990 roku udział prac związanych z bezpieczeństwem w górnictwie był mniejszy niż poprzednio, a mianowicie: 20% – w latach 1991–2000, 16% – po 2000 roku). Jednocześnie pojawiły się w tym czasie prace wykraczające poza przemysł górniczy, na przykład dotyczące wybuchowości pyłów w przemyśle młynarskim. Szerszą okazję po temu stworzyło uczestnictwo Instytutu w programie europejskim ARAMIS dotyczącym analizy ryzyka i zarządzania bezpieczeństwem w różnych dziedzinach przemysłu.

Pozostałe dziedziny badań (E, F, G i inne):

Po 1990 roku zaznaczyła się wyraźnie tendencja wzrostu wielokierunkowości opracowań Instytutu. O ile bowiem w poprzednich okresach (1945–1990) udział prac „innych” w stosunku do czterech podstawowych omówionych powyżej dziedzin aktywności Instytutu (A, B, C i D) wynosił stosunkowo niewiele (7% w latach 1945–1950, 16% w latach 1951–1960, 6% w latach 1961–1970, 13% w latach 1971–1980, 8% w latach 1981–1990), o tyle w latach następnych wystąpił w tym zakresie znaczący przyrost (20% w latach 1991–2000, 34% po 2000 roku).

Opracowania te obejmują szeroki krąg tematyczny, poczynając od inżynierii materiałowej, problemów socjoekonomicznych a kończąc na certyfikacji, ocenie zgodności i systemach zarządzania. Szczegółowe kierunki tych opracowań wymieniono w trzeciej kolumnie tablicy 2.

PODSUMOWANIE

W ciągu sześćdziesięciu lat swej działalności w Głównym Instytucie Górnictwa nastąpiła ewolucja tematyki realizowanych prac badawczych i rozwojowych, od prawie monotematycznego profilu górniczo-przeróbczego (85% publikowanych prac naukowych) w pierwszych latach działalności (1945–1950) do szerokiego kręgu rozwiązywanych zagadnień przemysłowo-środowiskowych i socjoekonomicznych dla różnorodnych odbiorców, wśród których jest zarówno przemysł górniczy, sektor paliwowo-energetyczny i przemysł chemiczny, jak i samorządy lokalne miast i obszarów przemysłowych. Uprawnienia akademickie Rady Naukowej Instytutu obejmują szeroko pojęte obszary „Górnictwo” i „Inżynieria środowiska”, zaś pokaźna liczba opracowanych w ostatnich latach przez Instytut strategicznych analiz dla resortu gospodarki i pracy stwarza podstawę do starań o nadanie Instytutowi statusu Państwowego Instytutu Badawczego (PIB). Dynamiczny rozwój bazy laboratoryjno-aparaturowej i oprogramowania komputerowego, zwłaszcza w zakresie geoinżynierii oraz inżynierii środowiska daje podstawę do realizacji badań i analiz w wielu nowych kierunkach, co stwarza szansę dalszego rozwoju Instytutu w przyszłości w obliczu wyzwania stawianego przez spodziewaną prywatyzację zakładów górniczych w Polsce.

Literatura

1. Cybulski W. (1948): *Badania nad hamowaniem wybuchów pyłu węglowego zaporami z pyłu kamiennego*. Przegląd Górniczy nr 5–6.
2. Instytut Naukowo-Badawczy Przemysłu Węglowego (1945): Przegląd Górniczy nr 3.
3. Kronika (1947) z działalności Instytutu Naukowo-Badawczego Przemysłu Węglowego za rok 1946. Przegląd Górniczy nr 7–8.
4. Laskowski T. (1950): *Pięćciolecie Instytutu Węglowego*. Przegląd Górniczy nr 4.
5. Materiały Zespołu Programowania i Koordynacji Badań GIG (roczne Ankiety GIG, Wnioski do KBN o fundusze statutowe, za lata 1992–2003).
6. www.gig.katowice.pl.
7. Zestawienie publikacji wydanych w Głównym Instytucie Górnictwa (1995): pt. Prace GIG – Komunikat, Prace Naukowe GIG. Katowice, Wydaw. GIG.

Lech Malara

KOMPLEKSOWA TERMOMODERNIZACJA WRAZ Z POPRAWĄ SPRAWNOŚCI SYSTEMU GRZEWczego OBIEKTÓW SZKOLNYCH W GMINIE PSARY

Streszczenie

W latach 2000–2004 w gminie Psary przeprowadzono kompleksową termomodernizację obiektów szkolnych. Podstawę do przeprowadzenia termomodernizacji stanowiły wcześniej wykonane, w Głównym Instytucie Górnictwa w Zakładzie Oszczędności Energii i Ochrony Powietrza, prace audytorskie w postaci analiz ograniczenia potrzeb ciepłych obiektów szkolnych, na podstawie których sporządzono projekty technologiczno-wykonawcze.

W artykule przedstawiono opis przebiegu tych prac: charakterystykę technologiczną obiektów, energooszczędne usprawnienia termomodernizacyjne (w tym również poprawę sprawności systemu grzewczego), wyniki bilansu energetycznego przed i po wykonaniu zaproponowanych usprawnień termomodernizacyjnych, analizę ekonomiczną wariantu wykonawczego (w tym oszczędności kosztów ogrzewania) oraz sposób finansowania tych inwestycji.

Complex thermomodernization including heating system efficiency improvement in school buildings in Psary commune

Abstract

A number of investments related to complex thermomodernization of school buildings has been done in years 2000–2004 in Psary commune. The base of these investments – auditing research was performed earlier by Central Mining Institute in Department of Energy Saving and Air Protection. This research contained analyses of reduction school buildings thermal needs. They were used to make technological and executive projects concerning final investments.

This publication describes progress of this research: technological characteristic of buildings, energy-saving improvements (including heating system efficiency improvement), energy balance results before and after proposed thermomodernization improvements realization, economical analysis of final thermomodernization variant (including cost savings of heating) and way of financing investments.

WPROWADZENIE

W budynkach szkół w gminie Psary stwierdzono duże straty ciepła spowodowane brakiem izolacji termicznej ścian zewnętrznych oraz ścian piwnic ogrzewanych, stropodachów budynków, złym stanem technicznym okien drewnianych podwójnie szklonych, drzwi wejściowych do budynków oraz małą sprawnością istniejącej instalacji c.o. w obiektach. Ograniczenie tych strat, a także zmniejszenie zapotrzebowania na energię ciepłą budynków szkół i w konsekwencji, redukcję emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych do powietrza w sezonie grzewczym było uzasadnione między innymi:

- zapisami zawartymi w Programie Ochrony Środowiska Województwa Śląskiego: realizacja celu długoterminowego pt. „Polepszenie jakości powietrza atmosferycznego”, zakłada w zakresie gospodarki cieplnej działania związane z termomodernizacją obiektów,
- listą przedsięwzięć priorytetowych planowanych do dofinansowania ze środków WFOŚ i GW w latach 2001–2004 (działania OA 5.3),
- strategią rozwoju gminy Psary, będącej częścią powiatu będzińskiego.

Przed przystąpieniem do termomodernizacji wykonano opracowania dotyczące analiz możliwości ograniczenia potrzeb cieplnych budynków szkolnych zlokalizowanych na terenie gminy Psary. Przeprowadzono inwentaryzację stanu przegród budowlanych budynków, w celu wyliczenia bilansu cieplnego oraz obliczenia zapotrzebowania na ciepło i moc do wytworzenia tego ciepła, a następnie scharakteryzowano optymalne przedsięwzięcia termomodernizacyjne w celu ograniczenia potrzeb cieplnych obiektów szkolnych. Opracowania zawierały również analizy ekonomiczne, w tym kosztów ogrzewania, wielkości nakładów inwestycyjnych na prace termomodernizacyjne i propozycje ich finansowania.

Kompleksowa termomodernizacja budynków szkół polegała na ociepleniu ścian zewnętrznych obiektów, ścian zewnętrznych piwnic, stropodachów wentylowanych nad budynkami, wymianie starych okien w ramach drewnianych, wymianie okien w ramach metalowych, eliminacji przegród z luksferów, zmniejszeniu powierzchni okiennej, wymiany drzwi wejściowych do budynków oraz przeprowadzeniu modernizacji źródeł ciepła i usprawnień wewnętrznej instalacji grzewczej zasilanej z kotłowni gazowych znajdujących się w pomieszczeniach piwnicznych budynków szkół.

1. LOKALIZACJA OBIEKTÓW SZKOLNYCH I OCENA ICH STANU TECHNICZNEGO

Obiekty szkolne przeznaczone do termoizolacji są zlokalizowane w gminie Psary, która należy do powiatu będzińskiego. Powierzchnia gminy stanowi obszar około 46 km², który zamieszkuje 10 885 mieszkańców (stan na 31.XII.2003 r.). W gminie występują tereny rolnicze, leśne oraz rekreacyjne, a zabudowę mieszkaniową stanowią rozproszone jedno- i wielorodzinne budynki mieszkalne.

Budynki szkół zostały wybudowane w różnych latach. Dwa z nich w latach przedwojennych, a dwa w powojennych. Technologia budynków: tradycyjna – murowane z cegły pełnej i kamienia łamanego. Budynki mają dwie lub trzy kondygnacje oraz są podpiwniczone.

Stan techniczny obiektów nie był zadowalający ze względu na duże współczynniki przenikania ciepła k w przegrodach, wynoszące przeciętnie:

- 1,5–2,3: dachy,
- 1,1–2,2: stropodachy,
- 1,0–1,7: ściany zewnętrzne budynków,
- 2,5–5,6: okna zewnętrzne,
- 2,5–5,6: drzwi zewnętrzne.

Okna na ścianach zewnętrznych budynku były podwójnie szklone, w ramach drewnianych lub pojedynczo szklone, w ramach stalowych. Stan okien był zły – okna były nieszczelne. Drzwi wejściowe główne do budynków były najczęściej w ramach stalowych lub aluminiowych, podwójnie lub pojedynczo szklone, w złym stanie technicznym. Drzwi wejściowe boczne – drewniane pełne, stan ich był niedostateczny, drzwi były nieszczelne.

Charakterystykę technologiczną obiektów szkolnych przedstawiono w tablicy 1. Obiekty są wyposażone w instalacje:

- wodno-kanalizacyjną – służącą do zaopatrywania użytkowników w wodę pitną i odprowadzającą ścieki bytowo-gospodarcze,
- wentylacyjną – grawitacyjną (z wnętrz pomieszczeń szkolnych, gabinetów, pracowni, sal wykładowych) i mechaniczną (nawiewno-wywiewną), na przykład z kuchni i sal gimnastycznych,
- klimatyzacyjną – umywalnie i natryski (zaplecze sali gimnastycznej – szkoła D),
- spaliniową (dymową) – służącą do odprowadzania spalin z urządzeń grzejnych – gazowych (na przykład z kuchni szkolnych),
- elektryczną – służącą do oświetlenia wnętrz pomieszczeń szkolnych i napędu urządzeń elektrycznych małej mocy,
- centralnego ogrzewania – z własnymi kotłowniami gazowymi (ogrzewanie budynków głównych szkół oraz sal gimnastycznych),
- przygotowywania c.w.u. – z term gazowych (kuchnie) lub term elektrycznych przepływowych (punkty sanitarne).

Tablica 1. Charakterystyka technologiczna obiektów

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny			
	A	B	C	D
Rok budowy	1972	1937	1937	1955
Technologia budynku	Budynek murowany z cegły pełnej zbudowany metodą tradycyjną	Budynek murowany z cegły i kamienia łamanego zbudowany metodą tradycyjną	Budynek murowany z cegły pełnej zbudowany metodą tradycyjną	Budynek murowany z cegły i kamienia łamanego zbudowany metodą tradycyjną
Powierzchnia zabudowy, m ²	851	860	998	1 267
Kubatura budynku, m ³	8 275	10 973	8 987	11 728
Powierzchnia użytkowa pomieszczeń, m ²	1 717	2 004	1 826	1 593
Kubatura ogrzewanej części budynku, m ³	6 282	7 806	6 826	5 975
Budynek podpiwniczony	tak	tak	tak	tak
Kotłownia w budynku	tak	tak	tak	tak

2. BILANS ENERGETYCZNY BUDYNKÓW

Do obliczenia zapotrzebowania ciepła i mocy budynków zastosowano program komputerowy AUDYTOR OZC 3.0 Narodowej Agencji Poszanowania Energii S.A. w Warszawie, opracowany na podstawie obowiązujących norm.

Temperaturę zewnętrzną przyjęto zgodnie z normą PN-82/B-02403 – Temperatury obliczeniowe zewnętrzne, a mianowicie:

- temperatury zewnętrzne dla III strefy klimatycznej – 20°C,

Temperaturę ogrzewanych pomieszczeń w budynkach przyjęto według PN-82/B-02402:

- sale wykładowe, pracownie, gabinety, biura, jadalnie, biblioteki + 20°C,
- łazienki, natryski, rozbieralnie, gabinety lekarskie + 24°C,
- klatki schodowe, korytarze, sale gimnastyczne + 16°C.

Strumień powietrza wentylacyjnego ustalono według PN-83/B-03430 – Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Zgodnie z normą w pomieszczeniach typu w.c. przewidziano wentylację grawitacyjną o strumieniu 30 m³/h, dla pomieszczeń typu łazienki z w.c. przewidziano wentylację grawitacyjną o strumieniu 50 m³/h, dla kuchni z oknem zewnętrznym – 70 m³/h. W pomieszczeniach przeznaczonych na kotłownię – 2,5 wymiany na godz. W pomieszczeniach przeznaczonych na naukę – 1,0–1,5 wymiany na godz. W pomieszczeniach typu klatki schodowe oraz korytarze – 1,0 wymiana na godz. W pomieszczeniach piwnicznych – 0,3 wymiany na godz.

Współczynniki przenikania ciepła przegród U (k) obliczono, korzystając z katalogu materiałów programu AUDYTOR OZC 3.0

Uzyskane wyniki obliczeń zamieszczano w opracowaniach jako załącznik na wydrukach z powyższego programu.

Charakterystykę obiektów szkolnych przed i po modernizacji przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Charakterystyka obiektów szkolnych w stanie istniejącym i po termomodernizacji (bilans energetyczny obiektów)

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny							
	A		B		C		D	
	przed	po	przed	po	przed	po	przed	po
Obliczeniowa moc cieplna, kW	212,58	126,29	206,71	137,30	173,83	129,22	126,00	45,63
Roczne zapotrzebowanie na ciepło, GJ/rok	1544,38	972,78	1395,84	912,75	1458,03	1134,62	850,63	329,08
Sprawność systemu grzewczego	0,606	0,783	0,600	0,759	0,647	0,783	0,592	0,759
Poprawa sprawności systemu grzewczego, %	–	22,6	–	21,0	–	17,4	–	22,0
Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, GJ/rok	2548,48	1242,37	2326,40	1202,57	2253,53	1449,07	1436,88	433,57
Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło, kWh/m ² rok	242,40	147,30	193,50	126,50	210,70	159,20	209,00	64,30
Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło, kWh/m ³ rok	238,60	40,30	49,70	32,50	56,40	42,60	69,30	21,30

3. OPTYMALIZACJA PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

Do wyznaczenia optymalnego dodatkowego oporu cieplnego ΔR przegrody korzysztano z zależności

$$SPBT = \frac{N_u}{\left[J - \frac{1}{U + \Delta R} \right] V_E}, \text{ lata}$$

gdzie:

- ΔR – dodatkowy opór cieplny przegrody zewnętrznej ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$);
- N_u – planowane koszty robót na zwiększenie o wartość ΔR oporu cieplnego 1 m^2 przegrody, $\text{zł} / \text{m}^2$;
- U – współczynnik przenikania ciepła przegrody zewnętrznej, określony zgodnie z Polską Normą dotyczącą sposobu obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła, dla budynku przed termomodernizacją, $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- W_E – jednostkowa roczna oszczędność kosztów energii w wyniku usprawnienia termomodernizacyjnego, $(\text{zł} \cdot \text{K}) / \text{W} \cdot \text{rok}$.

Optymalny dodatkowy opór cieplny ΔR , odpowiadający optymalnej grubości warstwy ocieplenia, jest to opór, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną.

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji przegród otrzymano następujące współczynniki przenikania ciepła k w przegrodach wynoszące przeciętnie:

- 0,214–0,219: dla dachów,
- 0,206–0,220: dla stropodachów,
- 0,235–0,250: dla ścian zewnętrznych budynków,
- 1,3–1,5: dla okien zewnętrznych,
- 1,1–1,2: dla drzwi zewnętrznych.

Okna na ścianach zewnętrznych budynków wymieniono na okna PCV podwójnie szklone (szyby niskoemisyjne). Drzwi wejściowe główne i boczne do budynków szkolnych wymieniono na drzwi PCV z szybą specjalną.

Charakterystykę obiektów szkolnych przed i po optymalizacji przegród zewnętrznych przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 3. Charakterystyka obiektów szkolnych w stanie istniejącym i po optymalizacji przegród zewnętrznych

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny											
	A			B			C			D		
	U_0 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	d_i cm	U_1 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	U_0 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	d_i cm	U_1 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	U_0 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	d_i cm	U_1 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	U_0 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	d_i cm	U_1 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$
Dachy	1,480	16,0	0,214	0,433	9,0	0,219	2,310	17,0	0,214	–	–	–
Stropodachy	1,168	15,0	0,214	2,158	21,0	0,220	0,379	8,0	0,220	1,794	21,0	0,218
	1,091	16,0	0,206	2,108	16,0	0,220				1,703	21,0	0,216
Ściany zewnętrzne	1,409	14,0	0,237	1,339	14,0	0,235	1,087	13,0	0,240	1,376	14,0	0,238
				1,722	14,0	0,245	0,977	12,0	0,250	1,435	14,0	0,237
				0,548	9,0	0,250	0,524	9,0	0,248			
Okna zewnętrzne	2,60	–	1,50	5,10	–	1,30	3,20	–	1,30	5,60	–	1,30
	2,00	–	2,00	2,00	–	1,30	2,60	–	1,30	5,10	–	1,30
				5,60	–	1,30				3,00	–	1,30
Drzwi zewnętrzne	5,10	–	1,20	3,50	–	1,20	3,50	–	1,20	4,50	–	1,20
				5,60	–	1,20	2,50	–	1,20	1,10	–	1,10
				1,10	–	1,10						

Objaśnienie: U_0 , U_1 – współczynnik przenikania przegrody przed i po termomodernizacji, d_i – grubość warstwy izolacyjnej.

4. MODERNIZACJA ŹRÓDEŁ CIEPŁA I SYSTEMÓW GRZEWczyCH

Jak wspomniano, systemy grzewcze w obiektach szkolnych były w złym stanie technicznym. Dotyczyło to zarówno źródeł ciepła (były to stare kotły stalowe, wodne niskotemperaturowe z palnikami na gaz ziemny o niskiej sprawności), jak również wyeksploatowane dwururowe stalowe instalacje grzewcze. Brak zaworów termostacyjnych na grzejnikach nie pozwalał na ustalenie właściwej temperatury w pomieszczeniach, co z kolei wpływało na brak możliwości oszczędzania energii podczas ogrzewania pomieszczeń.

Modernizacja systemów grzewczych w obiektach szkolnych polegała na: wymianie źródeł ciepła na nowoczesne o wysokiej sprawności źródła ciepła zaopatrzone w elementy regulacyjne (np. automatykę pogodową) oraz płukaniu chemicznym instalacji w celu usunięcia osadów i przywrócenia pełnej drożności rurociągów (szkoła A) lub wymianie kompleksowej instalacji grzewczej (szkoły B, C i D), wymianie starych grzejników żeliwnych na grzejniki konwekcyjne, zabudowie na grzejnikach zaworów termostacyjnych, hermetyzacji (przez zastosowanie naczyń wzbiorczych zamkniętych) i odpowietrzaniu instalacji (zastosowanie indywidualnych odpowietrzników na pionach), a następnie przeprowadzeniu regulacji hydraulicznej (we wszystkich powyższych obiektach).

Całkowitą sprawność systemów grzewczych obliczono ze wzoru

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e$$

gdzie:

- η_w – sprawność wytwarzania ciepła określana zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych wodnych niskotemperaturowych gazowych, przyjmowana na podstawie oceny lub z dokumentacji technicznej,
- η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana na podstawie oceny lub z dokumentacji technicznej,
- η_r – sprawność regulacji systemu ogrzewania obliczana ze wzoru lub przyjmowana z dokumentacji technicznej,
- η_e – sprawność wykorzystania ciepła przyjmowana na podstawie oceny lub z dokumentacji technicznej.

5. WYBÓR WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

Zdyskontowaną wartość netto inwestycji NPV obliczono ze wzoru

$$NPV = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{1+i} \cdot \Delta O_{rco} - N_{co}, \text{ zł}$$

gdzie:

- i – stopa dyskonta określana corocznie (rozporządzenie ministra finansów);

ΔO_{rco} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu ogrzewania, zł/rok;

N_{co} – planowane koszty robót, zł.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rco} obliczono ze wzoru

$$\Delta O_{rco} = (w_{t0} w_{d0} Q_{0co}/\eta_0 - w_{t1} w_{d1} Q_{0co}/\eta_1) O_z + 12 O_m (q_0 - q_1), \text{ zł/rok}$$

gdzie:

Q_{0co} – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków, GJ/rok;

η_0, η_1 – całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po modernizacji,

w_{t0}, w_{t1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia;

w_{d0}, w_{d1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby;

q_0, q_1 – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania zapotrzebowania na ciepło lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego zdyskontowana wartość netto inwestycji NPV przyjmuje wartość maksymalną.

Przy wyborze wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dla inwestora wzięto pod uwagę również wielkość maksymalnych oszczędności uzyskanych w wyniku wykonania jak największej liczby usprawnień termomodernizacyjnych w obiektach szkolnych.

6. ANALIZA EKONOMICZNA I ENERGETYCZNA EFEKTÓW TERMOMODERNIZACJI OBIEKTÓW I SPOSÓB FINANSOWANIA

Analizę ekonomiczną i energetyczną efektów termomodernizacji szkół w gminie Psary przedstawiono w tablicy 4.

W czasie termomodernizacji obiektów szkolnych gmina Psary korzystała z następujących środków finansowania:

- własnych,
- Powiatowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Tablica 4. Analiza ekonomiczna obiektów szkolnych w stanie istniejącym i po termomodernizacji

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny							
	A		B		C		D	
	przed	po	przed	po	przed	po	przed	po
Oplata stała O_m , zł/(MW·m·c)	5671,24	5671,24	4362,44	4362,44	2659,68	2659,68	7130,22	7130,22
Oplata zmienna O_z , zł/GJ	26,89	26,89	31,63	31,63	26,89	26,89	31,63	31,63
Cena za 1 GJ ciepła z uwzględnieniem opłaty za moc zamówioną C_e , zł/GJ	35,19	35,19	38,01	38,01	30,78	30,78	42,06	42,06
Jednostkowa roczna oszczędność kosztów energii W_e , zł·K/W·a	11,55	11,55	12,47	12,47	10,10	10,10	13,80	13,80
Oplata za ogrzanie 1 m ² powierzchni użytkowej, zł/m ²	4,35	2,11	3,68	1,90	3,17	2,03	4,45	1,07
Oszczędność w zapotrzebowaniu na ciepło, %	–	51,4	–	48,3	–	35,70	–	76,0
Oszczędność w zapotrzebowaniu na moc cieplną, %	–	40,6	–	33,6	–	21,5	–	63,8
Koszt ogrzewania obiektu, zł/rok	82 996	41 884	84 405	45 225	66 145	43 319	56 229	14 803
Oszczędności kosztów ogrzewania obiektu, zł/rok	–	41 112	–	39 180	–	22 826	–	41 426

PODSUMOWANIE

W gminie Psary od 2001 roku konsekwentnie, jest realizowany Program ograniczania zanieczyszczenia powietrza (tzw. niskiej emisji) przez kompleksową termomodernizację obiektów szkolnych: Szkoła A – 2001 rok, Szkoła B – 2002 rok, Szkoła C – 2003 rok, Szkoła D – 2004 rok.

Termomodernizacja obiektów spowodowała zmniejszenie zapotrzebowania na energię cieplną, a w efekcie zmniejszenie ilości paliwa gazowego do jej produkcji, co w konsekwencji doprowadziło do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do środowiska. Uzyskano także znaczne efekty ekonomiczne. W obiektach szkolnych oszczędność energii cieplnej wyniosła 35,7–76,0%.

Do termomodernizacji obiektów szkolnych, oprócz własnych środków finansowych, zostały wykorzystane środki uzyskane na ten cel w postaci dotacji i niskoprocentowanych pożyczek z NFOŚ i GW, WFOŚ i GW i PFOŚ i GW.

Obiekty szkolne po wykonaniu termomodernizacji przedstawiono na poniższych zdjęciach.



Fot. 1. Obiekt szkoły A po wykonaniu usprawnień termomodernizacyjnych, poprawie sprawności systemu grzewczego i wymianie źródła ciepła (fot. L. Malara)

Photo. 1. School "A" building after thermomodernization improvements realization, heating system efficiency improvement and heat source replacement (photo. L. Malara)



Fot. 2. Obiekt szkoły B po wykonaniu usprawnień termomodernizacyjnych, poprawie sprawności systemu grzewczego i wymianie źródła ciepła (fot. L. Malara)

Photo. 2. School "B" building after thermomodernization improvements realization, heating system efficiency improvement and heat source replacement (photo. L. Malara)



Fot. 3. Obiekt szkoły C po wykonaniu usprawnień termomodernizacyjnych i poprawie sprawności systemu grzewczego (fot. L. Malara)

Photo. 3. School "C" building after thermomodernization improvements realization and heating system efficiency improvement (photo. L. Malara)



Fot. 4. Obiekt szkoły D po wykonaniu usprawnień termomodernizacyjnych i poprawie sprawności systemu grzewczego (fot. L. Malara)

Photo. 4. School "D" building after thermomodernization improvements realization and heating system efficiency improvement (photo. L. Malara)

Literatura

1. Malara L. (2000, 2001, 2002) – *Prace badawczo-usługowe dotyczące kompleksowych termomodernizacji obiektów szkolnych w gminie Psary*. Katowice, GIG.
2. PN-B-02025 – Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych.
3. PN-91/B-02020 – Ochrona cieplna budynków.
4. PN-82/B-02402 – Temperatuty ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
5. PN-82/B-02403 – Temperatuty obliczeniowe zewnętrzne.
6. PN-83/B-03406 – Obliczenie zapotrzebowania ciepła pomieszczeń o kubaturze do 600 m³.
7. PN-83/B-03430 – Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.
8. Rozporządzenie MSWiA (Dz. U. nr 15, poz. 140 z dnia 25.02.1999), w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
9. Rozporządzenie MSWiA (Dz. U. nr 46, poz. 459 z dnia 21.05.1999), w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, a także wzorów kart audytu energetycznego.
10. Rozporządzenie MSWiA z dnia 22.09.1999 r. (Dz. U. nr 79, poz. 900 z dnia 1.10.1999), zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.
11. Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 15 listopada 2000 r. (Dz. U. nr 105, poz. 1112 z dnia 28.11.2000) w sprawie wartości stopy dyskonta do obliczania zdyskontowanej wartości netto dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych.
12. Ustawa z dnia 18 grudnia 1998 r. dotycząca wspierania przedsięwzięć termomodernizacyjnych wraz z rozporządzeniami wykonawczymi.
13. Nowelizacja ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych z dnia 21 czerwca 2001 r.

Recenzent: dr Bronisław Kajewski

*Magdalena Bieniek**

ZMIENNOŚĆ STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ ZEWNĘTRZNYCH A JAKOŚĆ POWIETRZA W POMIESZCZENIACH BUDOWNICTWA MIESZKALNEGO

Streszczenie

Inżynieria środowiska poświęca wiele uwagi jakości powietrza zewnętrznego. Ponieważ większość czasu człowiek spędza w pomieszczeniach, równie istotna jest jakość powietrza wewnętrznego. W przeważającej większości pomieszczeń budownictwa mieszkalnego wymiana powietrza realizowana jest za pomocą wentylacji naturalnej (grawitacyjnej). Intensywność wymiany powietrza jest wypadkową wielu jednocześnie oddziałujących parametrów mających charakter sił napędowych oraz zakłóceń. Jednym z nich są zanieczyszczenia powietrza wentylacyjnego. Zanieczyszczenia powstające wewnątrz pomieszczeń, ich źródła i charakter oddziaływania zostały w przeważającej większości dość dobrze opisane i rozeznane, natomiast dużym i ciągle niedocenianym problemem dla funkcjonowania wentylacji w pomieszczeniach budownictwa mieszkalnego są zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego. Zakładanie, że w przypadku wentylacji naturalnej strumień powietrza wentylacyjnego dopływającego do pomieszczeń to powietrze „świeże” jest dużym uproszczeniem. Zbadanie wpływu tych nie branych dotąd pod uwagę zmiennych wartości oraz oszacowanie wielkości ich zmian może w znaczący sposób wpłynąć na stan naszej wiedzy o jakości powietrza wewnątrz pomieszczeń mieszkalnych i sposobach jej poprawy dla ochrony zdrowia użytkowników.

Variability of concentration of external pollutants and quality of air in the rooms of dwelling houses

Abstract

The quality of outside air is a great concern of environmental engineering. As the man passes most of his time in the rooms, of comparable importance is also the quality of internal atmosphere. In most rooms of dwelling houses, the exchange of air is realised by means of natural (gravitational) ventilation. The intensity of air exchange is a resultant of many simultaneously influencing parameters having a character of driving forces and disturbance. One of them are the pollutants of atmospheric air. The pollutants originating inside the rooms, their sources and character of influence have been, in most cases, fairly adequately described and recognised while a big and still underestimated problem for functioning of ventilation in the rooms of dwelling houses are the pollutants of the external atmosphere. The assumption that in the case of natural ventilation the stream of ventilation air flowing into the rooms is the stream of “fresh” air is a big simplification. Investigating the influence of those, not considered so far, variables and evaluating the size of their changes can significantly influence the level of our knowledge about the quality of air inside the dwelling rooms, and about the methods of its improvement in favour of protection of health of inhabitants.

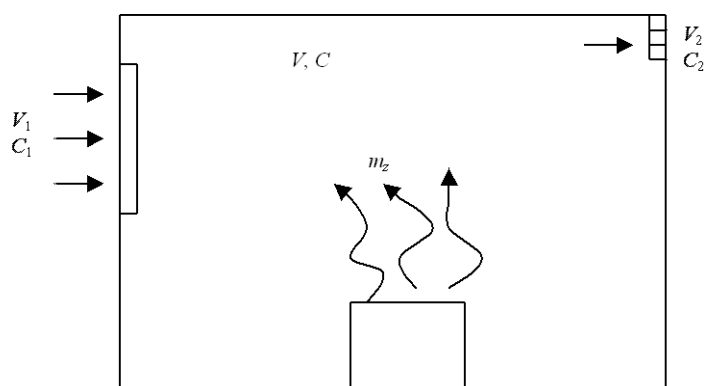
* Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach.

We współczesnych społeczeństwach przeważająca większość ludzi spędza około $\frac{2}{3}$ życia w pomieszczeniach zamkniętych, tj. w budynkach mieszkalnych, pomieszczeniach przeznaczonych do pracy i nauki, obiektach handlowych i innych, które chronią użytkowników przed bezpośrednim wpływem zmiennych zewnętrznych warunków klimatycznych, ale także powinny zapewniać poczucie komfortu przebywania w nich. Aby zapewnić użytkownikom warunki i poczucie komfortu przebywania w pomieszczeniu muszą być stworzone odpowiednie warunki mikroklimatu, można powiedzieć zatem, że dobre samopoczucie użytkowników warunkuje właściwy mikroklimat pomieszczenia IAQ (ang. *Indoor Air Quality*). Z tego względu projektowanie i instalacja systemów wentylacyjnych w budynkach jest koniecznością.

Wentylacja – według amerykańskiego stowarzyszenia inżynierów wentylacji ASVE (*American Society of Ventilation Engineers*) – jest definiowana jako proces zorganizowanej wymiany powietrza w pomieszczeniu w celu jego odświeżenia, przy jednoczesnym usunięciu na zewnątrz zanieczyszczeń powstałych w pomieszczeniu. Podstawowym zadaniem systemu wentylacyjnego jest zatem zapewnienie i dostarczenie do pomieszczenia (lub budynku) wymaganej ilości powietrza wentylacyjnego.

Dominujący wpływ na jakość powietrza wewnątrz budynku mają powstające w pomieszczeniach wentylowanych zanieczyszczenia, głównym ich źródłem są użytkownicy przebywający w pomieszczeniach, gdyż powodują zmiany parametrów powietrza ze względu na wydzielane zbędne ciepło i wilgoć, które są uważane za zanieczyszczenia. Duży wpływ na stan jakości powietrza wewnętrznego mają również emitowane w pomieszczeniu inne zanieczyszczenia (nie pochodzące od ludzi), często toksyczne i występujące w dużych stężeniach. Niekiedy jednak nawet stosunkowo mała koncentracja tych zanieczyszczeń ma negatywny wpływ na zdrowie i samopoczucie człowieka przebywającego w pomieszczeniu wentylowanym. Znaczącymi źródłami zanieczyszczeń w budynkach są urządzenia i maszyny użytkowane w odpowiednich pomieszczeniach, na przykład drukarki i kserokopiarki w pomieszczeniach biurowych, a według ostatnich badań (Fanger, Lauridsen, Bluyssen, Clausen 1988; Clausen, de Oliveira Fernandes, Fanger 1996) także materiały budowlane, elementy wyposażenia wewnątrz oraz instalacja wentylacyjna lub klimatyzacyjna. Ponadto, istotnym źródłem bardzo dużej liczby lotnych substancji szkodliwych dla zdrowia jest dym papierosowy. Schemat rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w pomieszczeniach przedstawiono na rysunku 1.

Odrębną grupę stanowią zanieczyszczenia wprowadzane do pomieszczenia wraz z powietrzem zewnętrznym, przy czym za zanieczyszczenie powietrza uważa się każdy składnik powietrza, który powoduje odstępstwa od klasycznego składu powietrza atmosferycznego. Do zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego zalicza się więc związki zawarte w spalinach, pyłki roślin, parę wodną, ale także jego naturalne składniki (O_2 , N_2 , CO_2), jeżeli ich udział w powietrzu zewnętrznym jest różny od określonego dla klasycznego składu powietrza.



Rys. 1. Schemat rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w pomieszczeniach: V – kubatura (pomieszczenia, budynku) [m^3], C – stężenie zanieczyszczeń w pomieszczeniu [kg/m^3], m_z – strumień zanieczyszczeń [kg/s], V_1 – natężenie przepływu powietrza nawiewanego [m^3/s], C_1 – stężenie zanieczyszczeń w powietrzu nawiewanym [kg/m^3], V_2 – natężenie przepływu powietrza wywiewanego [m^3/s], C_2 – stężenie zanieczyszczeń w powietrzu wywiewanym [kg/m^3]

Fig. 1. Scheme of propagation of pollutants in the rooms: V – cubature (of room, building) [m^3], C – concentration of pollutants in the room [kg/m^3], m_z – stream of pollutants [kg/s], V_1 – flow intensity of inflowing air [m^3/s], C_1 – concentration of pollutants in the inflowing air [kg/m^3], V_2 – intensity of outflowing air [m^3/s], C_2 – concentration of pollutants in the outflowing air [kg/m^3]

Powietrze atmosferyczne jest mieszaniną azotu i tlenu. Azot stanowi 78%, a tlen 21% objętości powietrza. W pozostałym 1% mieszczą się dwutlenek węgla, para wodna, argon i inne gazy. Najważniejszym składnikiem powietrza jest tlen. Zmniejszenie jego ilości z 21 do 16%, nie powoduje odczuwalnego pogorszenia samopoczucia. Azot w normalnych warunkach jest obojętny dla organizmu ludzkiego, gdyż nie bierze udziału w procesach biologicznych człowieka. Zawartość dwutlenku węgla w pomieszczeniach, w których przebywa człowiek jest większa niż w powietrzu atmosferycznym. Spowodowane jest to tym, że wydychane przez ludzi powietrze zawiera około 4% tego gazu. Wzrost zawartości dwutlenku węgla do 2,5% nie wpływa szkodliwie na zdrowie. Przy większym stężeniu występują bóle głowy, szum w uszach, przyspieszona akcja serca. Wzrost zawartości dwutlenku węgla do 18% jest niebezpieczny dla życia. Najwyższe dopuszczalne wartości stężeń wybranych zanieczyszczeń przedstawiono w tablicy 1.

Na co dzień więc ludzie są narażeni w budynkach na takie zanieczyszczenia, jak: kurz, pyłki roślin, zarodniki grzybów i pleśni, zanieczyszczenia chemiczne wydzielane przez materiały budowlane i wyposażenie wnętrz. Ponadto, wiele niebezpiecznych dla życia szkodliwych substancji nie jest wyczuwanych przez człowieka. Są one bezwonne lub bezbarwne, objawy ich szkodliwego działania na organizm mogą być mylące, a niektóre spowodowane nimi choroby mogą się ujawnić po wielu latach.

Do podstawowych źródeł emisji zanieczyszczeń w pomieszczeniach mieszkalnych należą:

- zbędne ciepło, zapachy, dwutlenek węgla (CO_2) oraz para wodna wytwarzana przez samych mieszkańców,
- wydzielanie się pary wodnej podczas gotowania, mycia się i sprzątania,

- dym tytoniowy,
- wydzielanie się spalin podczas różnych procesów spalania,
- chemikalia domowe (środki czystości i środki piorące, spraye, kosmetyki),
- parowanie rozpuszczalników w klejach, farbach, lakierach, meblach, dywanach i tekstyliach,
- kurz z tekstyliów i wyposażenia domowego,
- roztocza i zarodniki (pleśni, grzybów).

Tabela 1. Najwyższe dopuszczalne stężenia par i gazów w powietrzu

Substancja	Dopuszczalne stężenie, g/m ³
Amoniak	0,02
Benzyna	0,3
Chlor	0,001
Cyjanki	0,0003
Dwutlenek siarki	0,02
Fluor	0,00005
Jod	0,001
Kwas azotowy	0,01
Kwas siarkowy	0,001
Nikotyna	0,0005
Ołów	0,00005
Rtęć	0,00001
Tlenek węgla	0,1

Ze względu na wyżej wymienione zagrożenia zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach zamkniętych, niestosowanie wentylacji, lub nieodpowiednia i nieskuteczna wentylacja mogą prowadzić do powstawania u użytkowników symptomów chorobowych dotychczas nieznanymi, takich jak: bóle i zawroty głowy, osłabienie i ogólne wyczerpanie, nieregularne bicie serca, podrażnienie błon śluzowych oczu, nosa i gardła, określanymi wspólnym mianem „syndromu budynku chorego” (ang. *Sick Building Syndrome*).

Wymagania dotyczące wykonania instalacji wentylacji w budownictwie mieszkaniowym reguluje norma PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – wymagania. Standardowym przykładem instalacji wentylacyjnych stosowanych powszechnie w budownictwie mieszkaniowym jest tzw. wentylacja grawitacyjna (naturalna), odbywająca się dzięki różnicy temperatury (a w rzeczywistości w wyniku różnicy gęstości) powietrza zewnętrznego i wewnętrznego. Schemat prawidłowego funkcjonowania wentylacji naturalnej w budownictwie mieszkaniowym przedstawiono na rysunku 2. Wymagane strumienie powietrza, w zależności od przeznaczenia pomieszczeń, zgodnie z tą normą, są następujące:

- kuchnia z kuchenką gazową – 70 m³/h,
- kuchnia z kuchenką elektryczną – 50 m³/h,
- łazienka – 50 m³/h,
- toaleta – 30 m³/h,
- pokój mieszkalny – 30 m³/h,

- pomieszczenie pomocnicze (bez okna) – $15 \text{ m}^3/\text{h}$,
- przedsionek – $15 \text{ m}^3/\text{h}$.

Strumienie mogą być też określone na podstawie „liczby wymian” powietrza. Jedna „wymiana” odpowiada objętości pomieszczenia, która musi być wymieniona w ciągu godziny. Wymagania dotyczące budynków wielorodzinnych są następujące:

- piwnica lokatorska – 0,3 wymiany na godzinę,
- pralnia – 2,0 wymiany na godzinę,
- suszarnia – 1,0 wymiana na godzinę,
- klatka schodowa – 0,4–0,6 wymiany na godzinę.

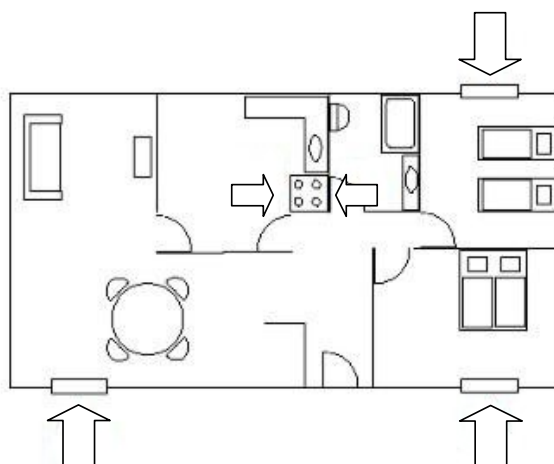
W budynkach użyteczności publicznej strumień powietrza zależy od ilości przebywających w nich osób i powinien wynosić:

- $20 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdej przebywającej osoby,
- $30 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdej przebywającej osoby, jeżeli dopuszcza się palenie tytoniu,
- $15 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdego dziecka (żłobki i przedszkola).

W budynkach nie wyższych niż dziewięć kondygnacji można stosować wentylację naturalną lub mechaniczną. Dla budynków wyższych konieczna jest wentylacja mechaniczna, najlepiej nawiewno-wywiewna, w przypadku której zarówno usuwanie, jak i dostarczanie powietrza jest wymuszane przez urządzenia wentylacyjne. Pokoje mieszkalne muszą mieć zapewniony odpływ powietrza przez tzw. otwory wyrównawcze. Rolę tych otworów pełnią otwory w górnej części drzwi, szczeliny między krawędzią drzwi a sufitem lub ewentualnie między krawędzią drzwi a podłogą. Przekrój powierzchni wyrównawczych musi wynosić co najmniej 80 cm^2 . Warunki te nie muszą być spełnione, jeśli w ramie okiennej jest zainstalowany nawiewnik, umożliwiający wymianę powietrza między pomieszczeniem a środowiskiem zewnętrznym. Jeśli w mieszkaniu znajdują się urządzenia wymagające grawitacyjnego odprowadzenia spalin (paleniska, kominki, podgrzewacze gazowe), wymagają one wentylacji naturalnej lub nawiewno-wyciągowej.

Łazienki, toalety, kuchnie i pomieszczenia pomocnicze bez okien muszą być zaopatrzone w piony wentylacyjne z kratką wywiewną. Pion wentylacyjny musi mieć minimalną średnicę 14 cm i gwarantować odpływ zanieczyszczonego powietrza (jest wyprowadzane ponad dach). Powietrze dopływające dociera do tych pomieszczeń przez otwory w dolnych częściach drzwi lub przez szczeliny między dolną krawędzią drzwi a podłogą lub progiem. Przekrój netto otworów lub szczelin powinien wynosić 200 cm^2 . Dodatkowej wentylacji wymaga kanalizacja sanitarna. Każdy pion kanalizacyjny musi być wyprowadzony na dach (0,5 m ponad powierzchnię dachu) i zakończony rurą wywiewną.

Pomieszczenia gospodarcze, takie jak pralnie, suszarnie, wymagają osobnego pionu wentylacyjnego. Nie można łączyć tych pionów i pionów obsługujących mieszkania. W piwnicy często znajduje się węzeł cieplny lub kotłownia (na paliwa stałe lub gazowe). Kotłownia musi mieć system wentylacji nawiewno-wywiewnej, nie można stosować mechanicznej wentylacji wyciągowej.



Rys. 2. Schemat prawidłowego funkcjonowania wentylacji w budownictwie mieszkalnym

Fig. 2. Scheme of correct functioning of ventilation in dwelling houses

Wobec przedstawionych niebezpieczeństw dostarczenie odpowiedniej ilości powietrza wentylacyjnego jest wymaganiem podstawowym, wobec którego nawet postulat oszczędności energii w wentylacji i klimatyzacji, wymuszający konieczność zmniejszania ilości powietrza wentylacyjnego, nie może odbywać się kosztem zdrowia użytkowników pomieszczeń. Priorytetem, w przypadku zastosowania w budynku systemu wentylacji powinno być dostarczenie takiej ilości powietrza wentylacyjnego, która zapewni pożądaną jakość powietrza w budynku.

Ocena wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie człowieka stała się w ostatnich latach przedmiotem intensywnych interdyscyplinarnych badań naukowych. Wyniki wielu badań bezdyskusyjnie wykazują, że w umiarkowanej strefie klimatycznej przeważający udział w ogólnym poziomie zagrożeń zdrowia i życia ludzkiego na skutek zanieczyszczeń powietrza, przypada na ekspozycję związaną z przebywaniem ludzi w budynkach. Pogląd ten znalazł formalne potwierdzenie w rezolucji Światowej Organizacji Zdrowia WHO, która uznała jakość powietrza wewnętrznego za istotny czynnik wpływający na zdrowie całej populacji.

Z uwagi na trudności metodologiczne wykonywania pomiarów wymiany i przepływów powietrza najczęściej stosuje się metody, w których wykorzystuje się modele matematyczne budynku i procesów w nim zachodzących.

W teorii modelowania, do opisanie zachodzących w rzeczywistości procesów, zastosowano pojęcie systemu. Istnieje bardzo wiele definicji systemu, jednakże jak podaje Zawada za Gutermannem (Zawada 1993) niezależnie od dziedziny badawczej i modelowanych zagadnień, wszystkie definicje odwołują się do czterech podstawowych cech:

- wyodrębnienia systemu z otoczenia,
- budowy systemu z elementów,
- funkcji spełnianej przez system,
- ograniczonej zmienności w czasie.

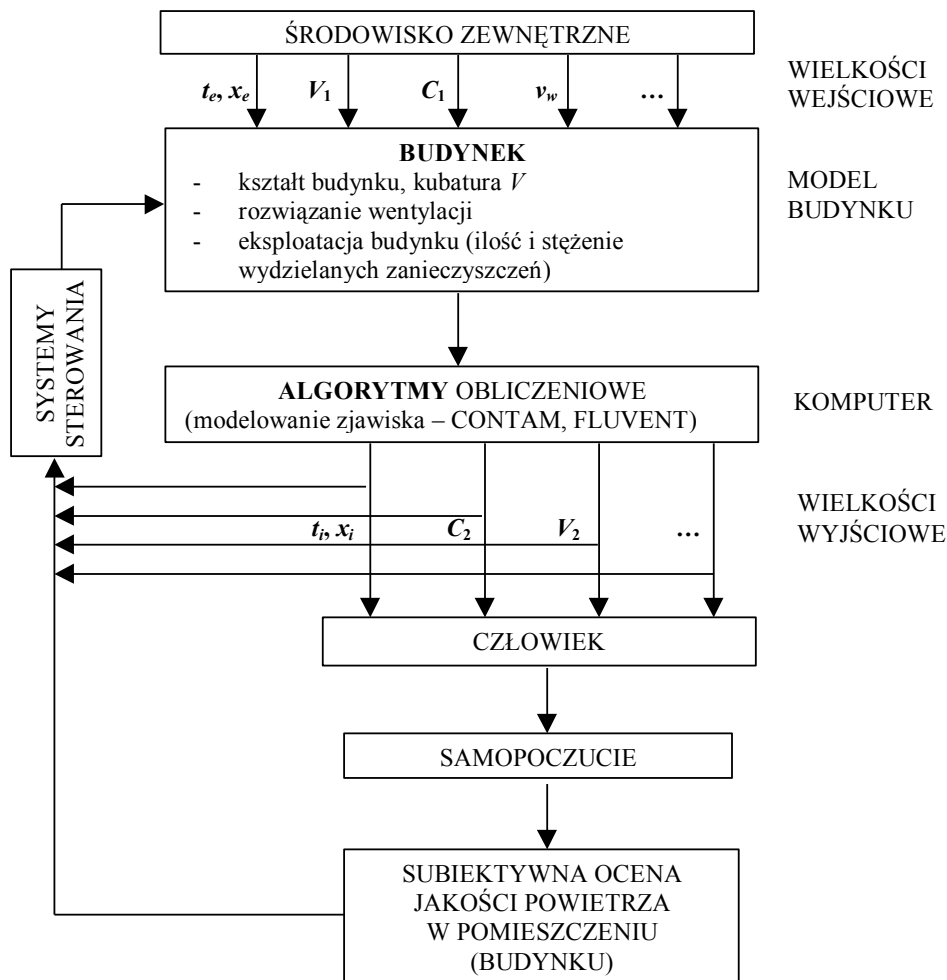
System poddany analizie symulacyjnej może zatem być definiowany jako zbiór elementów, na przykład ludzi, urządzeń, elementów budowlanych, budynków, tworzący funkcjonalną całość wyodrębnioną z otoczenia, na którą otoczenie oddziałuje za pomocą wielkości wejściowych, i która zwrótnie oddziałuje na otoczenie przez sygnały wyjściowe. W praktyce to co jest postrzegane jako system jest uzależnione od celów prowadzonych badań. Zbiór obiektów, jakie tworzą pewien system, może być jedynie podsystemem podczas badania jakiegoś większego systemu. W związku z powyższym należy pamiętać, że definicja badanego systemu zależy od założeń prowadzonych badań i opisuje dany system, uwzględniając tylko pewien szczególny punkt widzenia.

Ze względu na proces migracji zanieczyszczeń w budynkach jako system może być zdefiniowany kompletny obiekt budowlany wraz z wszelkimi instalacjami, wyposażeniem oraz użytkownikami. Wydzielenie systemu stanowi obudowa budynku, która wyznacza granice modelowanej przestrzeni. Poszczególne pomieszczenia, instalacje ogrzewania czy układy wentylacyjne stanowią łatwo dające się wyodrębnić elementy systemu, spełniając tym samym drugą cechę przytoczonej na wstępie charakterystyki systemu. Z uwagi na proces migracji zanieczyszczeń budynek oraz jego wyposażenie powinny zapewniać odpowiedni poziom jakości powietrza w pomieszczeniach, wpływając na zdrowie ludzkie, komfort, produktywność czy jakość produkcji, co stanowi wyraźne sprecyzowanie funkcji spełnianej przez system. Budynek, podobnie jak jego elementy składowe, mając określoną charakterystykę cieplno-przepływową, mogącą się zmieniać w czasie jedynie w określonym zakresie, spełnia także cechę ograniczonej zmienności systemu w czasie (Sowa 1995). Schemat blokowy budynku jako systemu dla matematycznego modelowania procesu migracji zanieczyszczeń powietrza przedstawiono na rysunku 3.

Do oceny wielkości zagrożeń coraz powszechniej jest wykorzystywana teoria analizy ryzyka. Metoda ta wymaga jednak znajomości rozkładów prawdopodobieństwa występowania zagrożeń. Tymczasem, w odniesieniu do budynków modelowe ujęcie problemu, umożliwiające określanie funkcji gęstości prawdopodobieństwa występowania określonych wartości stężeń zanieczyszczeń powietrza jest bardzo trudne. Stosowane obecnie bardziej powszechnie deterministyczne modele wielostrefowe, ze względu na duży margines niepewności w zakresie oceny warunków emisji zanieczyszczeń, zachowań użytkowników itp. oraz stochastyczny charakter zmienności czynników decydujących o wymianie powietrza i imisji zanieczyszczeń, nie mogą być uznane za zadowalająco opisujące rzeczywistość.

W literaturze można już znaleźć opracowania dotyczące modeli matematycznych procesów migracji zanieczyszczeń powietrza w budynkach (Sowa 1995; Nantka 1990; Nantka 1993), które w różnym stopniu spełniają wymagania stawiane przez procedury analizy ryzyka, tj. oszacowanie stężeń zanieczyszczeń w postaci rozkładu gęstości prawdopodobieństwa lub dystrybuanty rozkładu, podobnie jak istnieje wiele narzędzi badawczych (programy komputerowe) przeznaczonych do analiz przepływów powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach i budynkach oraz przenoszonych przez nie zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego. Jednak w opracowanych dotychczas modelach matematycznych, w których uwzględniono trudności związane z precyzją

nym ustalaniem wielu danych wejściowych oraz zmienność procesu migracji i rozcieńczania zanieczyszczeń, wynikającą z losowego charakteru wielu czynników zakłócających, przyjęto pewne wielkości wejściowe na stałym (w sposób ciągły lub punktowy) poziomie, bez uwzględnienia ich zmian. Do podstawowych wad należy przyjmowanie stałych (punktowych) wartości stężeń zanieczyszczeń powietrza w otoczeniu zewnętrznym. Pomijanie oczywistych ich zmian (np. w wyniku wpływu inwersji temperatury powietrza zewnętrznego lub działania wiatru) stanowi o trudnych do oszacowania błędach przy ocenie niezbędnej ilości powietrza wentylacyjnego do poprawy, a w konsekwencji uzyskania zadowalającej jakości powietrza w pomieszczeniach.



Rys. 3. Schemat blokowy budynku jako systemu dla potrzeb modelowania matematycznego procesu migracji zanieczyszczeń powietrza w budynkach

Fig. 3. Block diagram of the building as a system for the need of mathematical modelling of the process of migration of air pollutants in the buildings

Opisane wyżej analizy można przeprowadzić za pomocą jednego z programów komputerowych, służących do modelowania przepływów powietrza w pomieszczeniach. Najbardziej adekwatnym wydaje się być niekomercyjny program komputerowy Contam, firmowany przez amerykański National Institute of Standards and Technology (NIST). Przy wyborze programu kierowano się przede wszystkim rangą instytucji, dostępnością oprogramowania oraz faktem, że obliczenia i symulacje komputerowe zostały w fazach testowych weryfikowane przez NIST, przez równoczesne badania wykonywane metodą znaczników gazowych.

ContamW jest programem komputerowym pozwalającym na wykonywanie analiz wentylacji i jakości powietrza wewnątrz budynku z możliwością podziału wielostrefowego. Umożliwia on określenie:

- przepływów powietrza powstałych w wyniku infiltracji, eksfiltracji, przepływów powietrza między pomieszczeniami wewnątrz budynku, działania systemów wentylacji mechanicznej, ciśnień (wywoływanych przez wiatr) na ściany zewnętrzne budynku,
- stężeń zanieczyszczeń powstałych w procesach dyspersji zanieczyszczeń transportowanych przez elementy przepływowe, w procesach przemian chemicznych, procesach adsorpcji i desorpcji materiałów budowlanych oraz w wyniku wydzielania przez sztuczne źródła zanieczyszczeń,
- ekspozycji osobistej, w celu przewidywania wydzielanych przez użytkowników pomieszczeń zanieczyszczeń w celu oszacowania jakości powietrza.

Program może być również użyteczny w zastosowaniach inżynierskich, gdyż jest pomocny przy obliczaniu przepływów powietrza przez przegrody oraz ilości wymian powietrza w pomieszczeniach. Przewidywanie stężeń zanieczyszczeń może być przydatne do określenia jakości powietrza w obiekcie już w fazie konstrukcyjnej, przed oddaniem budynku do użytkowania. Pozwala na analizowanie wpływów zaprojektowanego rodzaju instalacji wentylacji oraz zastosowanych materiałów na jakość powietrza wewnętrznego. Przewidywane stężenia zanieczyszczeń mogą również być oszacowane na podstawie profilu przebywania użytkowników pomieszczeń w budynku. Stężenie zanieczyszczeń w pomieszczeniu może być konfrontowane z różnymi wariantami wentylacji i intensywnością wydzielania tych zanieczyszczeń przez źródła.

Za wyborem programu ContamW jako wzorcowego deterministycznego modelu migracji zanieczyszczeń przemawiają:

- analiza dostępnych informacji na temat pakietu, w tym instrukcji obsługi, wskazująca na jego kompleksowy charakter, duże możliwości obliczeniowe i oraz przyjazną formę obsługi,
- wskazanie, że pakiet tworzone przede wszystkim do analizy migracji zanieczyszczeń w budynkach, nie traktując tego zagadnienia jako uzupełnienia analiz przepływów powietrza, co spowodowało bogate rozbudowanie opcji modelowania źródeł emisji zanieczyszczeń, zachodzących między nimi interakcji i ich ewentualnego zaniku,
- fakt wielokrotnej weryfikacji pakietu na podstawie badań w warunkach laboratoryjnych (np. metodą znaczników gazowych) oraz rzeczywistych,

- systematyczne modyfikacje i ulepszanie pakietu przez twórców oprogramowania, uwzględniające zarówno nowe osiągnięcia modelowania układów sieciowych, jak i przystosowujące pakiet do nieustannie zwiększających się mocy obliczeniowych stosowanych komputerów osobistych,
- ranga instytucji opracowującej pakiet (United States National Institute of Standards and Technology).

Reasumując, o ile zanieczyszczenia powietrza powstające wewnątrz pomieszczeń, ich źródła i charakter oddziaływania zostały w przeważającej większości dość dobrze opisane i rozeznane, ciągle dużym problemem, dotychczas niedocenianym, są zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego. Zakładanie, że w przypadku wentylacji naturalnej, która ciągle jest podstawowym sposobem wymiany powietrza w budownictwie mieszkaniowym, strumień powietrza wentylacyjnego dopływającego do pomieszczeń to powietrze „świeże”, jest dużym uproszczeniem. Jednakże nawet przyjęcie – na podstawie danych klimatycznych – pewnych wstępnych obciążeń powietrza zewnętrznego zanieczyszczeniami, nie rozwiązuje problemu, gdyż przewiduje się, że zmiany stężeń tych zanieczyszczeń są tak duże (w skali doby, miesiąca, roku), że mogą w znaczący sposób wpływać na błędy w przewidywaniu jakości powietrza w pomieszczeniach. Dlatego celowe wydaje się zbadanie wpływu tych niebranych dotąd pod uwagę zmiennych wartości, oszacowanie wielkości ich zmian i określenia na ich podstawie jakości powietrza wewnątrz pomieszczeń mieszkalnych dla ochrony zdrowia ich użytkowników.

Literatura

1. Clausen G., de Oliveira Fernandes E., Fanger P.O. (1996): *European data base on indoor air pollution sources in buildings*. Indoor Air '96, Nagoya.
2. Fanger P.O., Lauridsen J., Bluyssen P., Clausen G. (1988): *Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit*. Energy and Buildings Vol. 12, s. 7–19.
3. Nantka M.B. (1990): *Metody pomiaru wymiany powietrza w budynkach mieszkalnych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Inżynieria Środowiska z. 32, s. 27–46.
4. Nantka M.B. (1990): *Modele matematyczne naturalnych procesów wymiany powietrza w budynkach mieszkalnych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Inżynieria Środowiska z. 32, s. 47–77.
5. Nantka M.B. (1993): *New concepts aimed to improve the multizone model for predicting the air flows in the buildings*. Proceedings of the Indoor Air '93 Conference, Helsinki, Vol. 5, s. 87–105.
6. Nantka M.B. (1993): *Problemy identyfikacji przepływów i wymiany powietrza w budynkach wielostrefowych z wentylacją naturalną*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Inżynieria Środowiska z. 36.
7. PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – wymagania.
8. Sowa J. (1995): *Proces migracji zanieczyszczeń powietrza w budynkach w warunkach stochastycznych zakłóceń*. Warszawa, Politechnika Warszawska.
9. Zawada B.A. (1993): *Analiza procesu użytkowania energii cieplnej w eksploatacji obiektów przemysłowych*. Warszawa, Polska Akademia Nauk KILiW IPPT.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Marian B. Nantka

Adam Frolik, Janusz Kubica

OCENA STANU ZAGROŻENIA WODNEGO I JEGO RYZYKA W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie

Praktycznie we wszystkich czynnych kopalniach występują problemy hydrogeologiczne związane z ich zabezpieczeniem przed zagrożeniem wodnym a problematyka hydrogeologiczna związana z likwidacją kopalń ma duże znaczenie ze względu na powstające przy tym zagrożenia wodne, szczególnie dla kopalń sąsiadujących z kopalnią likwidowaną. Ochrona kopalń przed zagrożeniem wodnym wymaga stałego zaangażowania kopalnianych służb hydrogeologicznych do oceny stanu zagrożenia, przeciwdziałania zagrożeniom, a także ustalania bezpiecznych warunków prowadzenia robót górniczych. W artykule przedstawiono podstawowe informacje dotyczące klasyfikacji źródeł zagrożenia wodnego oraz statystyczne zestawienie wdarć wody do wyrobisk górniczych z podaniem źródła ich wystąpienia. W ramach profilaktyki są podejmowane działania i przedsięwzięcia mające na celu ograniczenie lub wyeliminowanie niebezpieczeństwa związanego z zagrożeniem wodnym. Artykuł zawiera kilka przykładów tego typu działań, zastosowanych w górnictwie węglowym poprzedzonych wcześniejszymi wnikliwymi analizami przeprowadzonymi w Zakładzie Geologii i Geofizyki GIG.

Evaluation of the water hazard condition and its risk in hard coal mines

Abstract

Practically in all active mines there are hydrogeological problems connected with protecting them against water hazard, and the hydrogeological problems related to liquidation of mines is of great practical importance because of the origination of associated water hazard, particularly in the mines adjacent to the liquidated mine. The protection of mines against water hazard entails permanent engagement of mine's hydrogeological service in evaluating the hazard condition, counter-acting the hazards, and establishing the conditions for conducting safe mining operations. The paper presents basic information relating to classification of the sources of water hazard, and statistical specification of the cases of water inrush into mine workings with quotation of the source of their origination. Within this prevention, the actions are taken aiming at limiting or eliminating the danger related to water hazard. The paper contains several examples of this type of actions applied in the coal mining industry, and preceded with earlier detailed analyses performed in the CMI's Department of Geology and Geophysics.

WPROWADZENIE

Z uwagi na zmniejszającą się bazę udostępnionych zasobów złóż w czynnych kopalniach, konieczne staje się podejmowanie eksploatacji w partiach charakteryzujących się trudnymi warunkami geologicznymi i hydrogeologicznymi. Narastają wówczas problemy dotyczące ochrony wyrobisk górniczych i pracującej w nich załogi przed zagrożeniem wodnym.

Problematyka hydrogeologiczna związana z likwidacją kopalń ma duże znaczenie praktyczne ze względu na powstające zagrożenia wodne zarówno wyrobisk górniczych, szczególnie kopalń sąsiadujących z kopalnią likwidowaną, jak i, w określonych sytuacjach, powierzchni terenu i usytuowanych na niej obiektów.

Wszelkie działania w celu zabezpieczenia kopalń przed zagrożeniem wodnym są kosztowne i rzutują na koszty wydobywania kopaliny. Powinny one być prowadzone w sposób optymalny pod względem technicznym i ekonomicznym, to znaczy w taki sposób, by przy minimalizacji nakładów finansowych można było uzyskać pełne zabezpieczenie wyrobisk górniczych i środowiska wodnego. Ochrona kopalń przed zagrożeniem wodnym wymaga stałego zaangażowania kopalnianych służb hydrogeologicznych do oceny stanu zagrożenia, przeciwdziałania zagrożeniom, a także ustalania bezpiecznych warunków prowadzenia robót górniczych.

Niezmiennie ważne są prace badawcze mające na celu rozpoznanie warunków hydrogeologicznych na obszarach górniczych w zakresie umożliwiającym formułowanie wiarygodnych ocen ryzyka wystąpienia zagrożenia wodnego oraz ustalania skutecznych sposobów przeciwdziałania zagrożeniom wodnym.

Kopalniane służby geologiczne w rozwiązywaniu problemów związanych z zagrożeniem wodnym w zakładach górniczych od wielu lat wykorzystują prace badawcze wykonywane w Głównym Instytucie Górnictwa.

1. ZAGROŻENIE WODNE W KOPALNIACH CZYNNYCH I ZWIĄZANE Z NIMI RYZYKO

Przez zagrożenie wodne rozumie się możliwość wdarcia lub niekontrolowanego dopływu wody, solanki, ługów albo wody z luźnym materiałem do wyrobisk, stwarzającą niebezpieczeństwo dla ruchu zakładu górniczego lub jego pracowników.

W zależności od swobody ruchu wody w środowisku geologiczno-górnictw, a w konsekwencji od rozmiarów skutków wdarcia, wyróżnia się dwie grupy źródeł zagrożenia wodnego, a mianowicie:

- **grupę I** – źródła zagrożenia o nieograniczonej swobodzie ruchu wody (zbiorniki i ciekły powierzchniowe oraz zbiorniki wodne w wyrobiskach górniczych),
- **grupę II** – źródła zagrożenia o ograniczonej swobodzie ruchu wody (warstwy i szczeliny wodonośne oraz niezlikwidowane lub źle zlikwidowane otwory wiertnicze).

Kryteria oceny zagrożeń naturalnych, w tym zaliczenia złóż lub ich części do poszczególnych stopni zagrożenia wodnego oraz warunki prowadzenia ruchu w podziemnych zakładach górniczych przy występowaniu zagrożeń naturalnych określają obowiązujące przepisy górnicze. Podstawą oceny oraz zakwalifikowania złóż lub ich części do odpowiedniego stopnia zagrożenia wodnego są warunki hydrogeologiczne i górnicze. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U.02.94.841), rozróżnia się trzy stopnie zagrożenia wodnego. Dla każdego z nich określono działania, jakie należy podjąć w celu ograniczenia lub wyeliminowania wystąpienia niebezpieczeństwa wynikającego z zagrożenia wodnego.

Rozpoznanie hydrogeologiczne przeprowadza się już w fazie opracowywania dokumentacji geologicznej złoża. Jest ono z konieczności niedokładne, ponieważ

podstawą oceny warunków hydrogeologicznych są głównie obserwacje poczynione w otworach wiertniczych wykonywanych dla celów złożowych. W dokumentacji geologicznej zawierającej wyniki wierceń są określone, na ogół w sposób niewystarczająco dokładny, takie dane, jak lokalizacja uskoków i szczelin w górotworze, wodoność szczelin, morfologia stropu karbonu, a niejednokrotnie także charakter kontaktu karbonu i nadkładu, ważne z uwagi na zagrożenie wodne. Informacje uzyskane w stadium dokumentowania złoża są następnie na bieżąco aktualizowane i uściślane w miarę postępu robót górniczych.

Ważnym elementem rozpoznania warunków hydrogeologicznych jest prognoza dopływów wody do kopalni lub jej wydzielonych części. Do opracowania prognoz dopływów stosuje się, zależnie od lokalnych warunków geologiczno-górnictwowych oraz dostępnych danych, metody analogii hydrogeologicznej, modelowanie numeryczne lub metody statystyczne (Rogoż, Posyłek 1980).

Ogół informacji dotyczących warunków hydrogeologicznych panujących w górotworze oraz własności geomechanicznych skał karbonu i nadkładu pozwala na wyznaczanie rejonów, w których można się spodziewać nagłych zwiększonych dopływów wody do wyrobisk górniczych oraz partii górotworu, gdzie występują skały luźne lub słabozwięzłe, podatne na rozmywające działanie wody. W ten sposób można w przybliżeniu okonturować rejon zagrożenia wodnego lub kurzawkowego, określając równocześnie jego potencjalne źródło i rodzaj.

W okresie powojennym w polskich kopalniach węgla kamiennego wystąpiło kilkaset wdarć wody lub kurzawki do wyrobisk górniczych (Frolik, Rogoż 2003). Niejednokrotnie miały one charakter poważnych katastrof pociągających za sobą ofiary śmiertelne i ogromne straty materialne. W tablicy 1 przedstawiono zestawienie liczby wdarć zarejestrowanych w okresie powojennym w polskich kopalniach węgla kamiennego z podaniem źródła ich wystąpienia. Trzeba też mieć na uwadze, że zarejestrowane wdarcia wody do polskich kopalń miały miejsce przy prowadzonej profilaktyce przeciwważeniowej, obejmującej bardzo szeroki zakres zagadnień związanych z rozpoznawaniem źródeł zagrożenia wodnego oraz stosowanymi metodami prewencji.

W analizie zagrożeń związanych z występowaniem wdarć wody do polskich kopalń węgla kamiennego oraz ich skutków uwzględniono częstość występowania wdarć z poszczególnych źródeł zagrożenia wodnego w okresie minionych 30 lat. Większość wytycznych i zarządzeń dotyczących prowadzenia wyrobisk górniczych w warunkach występowania zagrożeń wodnych została opracowana z początkiem lat siedemdziesiątych XX wieku. Chociaż dzisiaj wiele z nich przestało obowiązywać jako akty prawne, to jednak obecna działalność górnicza jest prowadzona nadal z zastosowaniem zasad prewencji ustalonych na ich podstawie.

Analiza skutków wdarć wody do kopalń węgla kamiennego wykazuje, że brak jakichkolwiek korelacji między rozmiarem wdarcia wody z rozmiarem stwierdzanych szkód. Najtrudniejsze do opanowania, a tym samym, powodujące największe szkody, są wdarcia wody z piaskiem lub materiałem ilastym, pochodzącej ze źródeł zagrożenia wodnego grupy I, to jest ze zrobów lub powierzchniowych zbiorników wodnych, niejednokrotnie o bardzo dużej pojemności. W okresie powojennym na

ogólną liczbę wdarć, których źródłem były zbiorniki powierzchniowe (4 wdarcia) lub zbiorniki w zrobach (64 wdarcia) nastąpiło 12 wdarć, w których śmierć poniosło 44 górników.

Tablica 1. Liczba wdarć wody z poszczególnych źródeł zagrożeń wodnych

Okres czasu lata	I.1	I.2	II.3	II.4	II.5	Razem liczba wdarć
	Zbiorniki i ciek powierzchniowe	Zbiorniki wodne w zrobach	Warstwy wodo- nośne	Zawodnione uskoki, szczeliny i kawerny	Nieznikwid- wane otwory wiernicze	
1944–1948	0	6	6	0	2	14
1949–1953	0	7	16	7	0	30
1954–1958	0	5	19	20	0	44
1959–1963	2	21	32	39	2	96
1964–1868	1	6	33	8	0	48
1969–1973	1	2	14	8	1	26
1974–1978	0	6	4	1	0	11
1979–1983	0	6	7	2	0	15
1984–1988	0	2	4	4	0	10
1989–1993	0	3	0	2	1	6
1994–1998	0	0	4	0	0	4
1999–2003	0	0	4	1	0	5
Razem	4	64	143	92	6	309
Liczba wdarć w okresie obliczeniowym (30 lat)	0	17	23	10	1	51
Częstość występowania P_w , 1/rok	0,00	0,57	0,77	0,33	0,003	1,70

Wobec braku niezbędnych danych do szacowania strat powodowanych wdarzeniami wody lub kurzawki, na podstawie dostępnych informacji, poszczególnym wdarciom przepisano cztery kategorie skutków, oznaczone literami A, B, C i D według przyjętych następujących kryteriów:

- A. Skutki katastrofalne:** zniszczenie wielu wyrobisk, utrata dużej ilości sprzętu, zagrożenie dla obiektów powierzchniowych, ofiary śmiertelne.
- B. Skutki krytyczne:** wdarcie dużych rozmiarów, zalanie, zamulenie, zniszczenie kilku wyrobisk, oddziału lub poziomu, utrata pojedynczych urządzeń i zniszczenie obudowy, przerwa w ruchu oddziału, poziomu lub kopalni, wypadek ciężki.
- C. Skutki istotne:** wdarcie nieznacznych rozmiarów, zalanie, zamulenie, zniszczenie wyrobisk o zasięgu lokalnym, przerwa w drażeniu wyrobiska spowodowana koniecznością jego odmulenia, wypadek lekki.
- D. Skutki marginalne:** bez zakłóceń w ruchu zakładu, wystąpią jedynie uciążliwości związane z koniecznością zabudowy pomp i odpompowania napływających wód.

Podział zaistniałych wdarć wody do polskich kopalń węgla kamiennego ze względu na skutki, jakie te wdarcia powodowały, przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Skutki wdarć do kopalń węgla kamiennego w okresie powojennym

Okres czasu lata	A	B	C	D	Razem
	Skutki katastrofalne	Skutki krytyczne	Skutki istotne	Skutki marginalne	
1944–1948	1	2	8	3	14
1949–1953	3	5	22	0	30
1954–1958	2	10	28	4	44
1959–1963	4	21	63	8	96
1964–1868	2	10	33	3	48
1969–1973	1	2	10	13	26
1974–1978	1	2	2	6	11
1979–1983	3	3	7	2	15
1984–1988	0	3	5	2	10
1989–1993	1	1	3	1	6
1994–1998	0	1	2	1	4
1999–2003	0	3	2	0	5
Razem	18	63	185	43	309

Na podstawie danych zawartych w tablicy 2 można obliczyć prawdopodobieństwo wystąpienia wdarć o określonych kategoriach skutków.

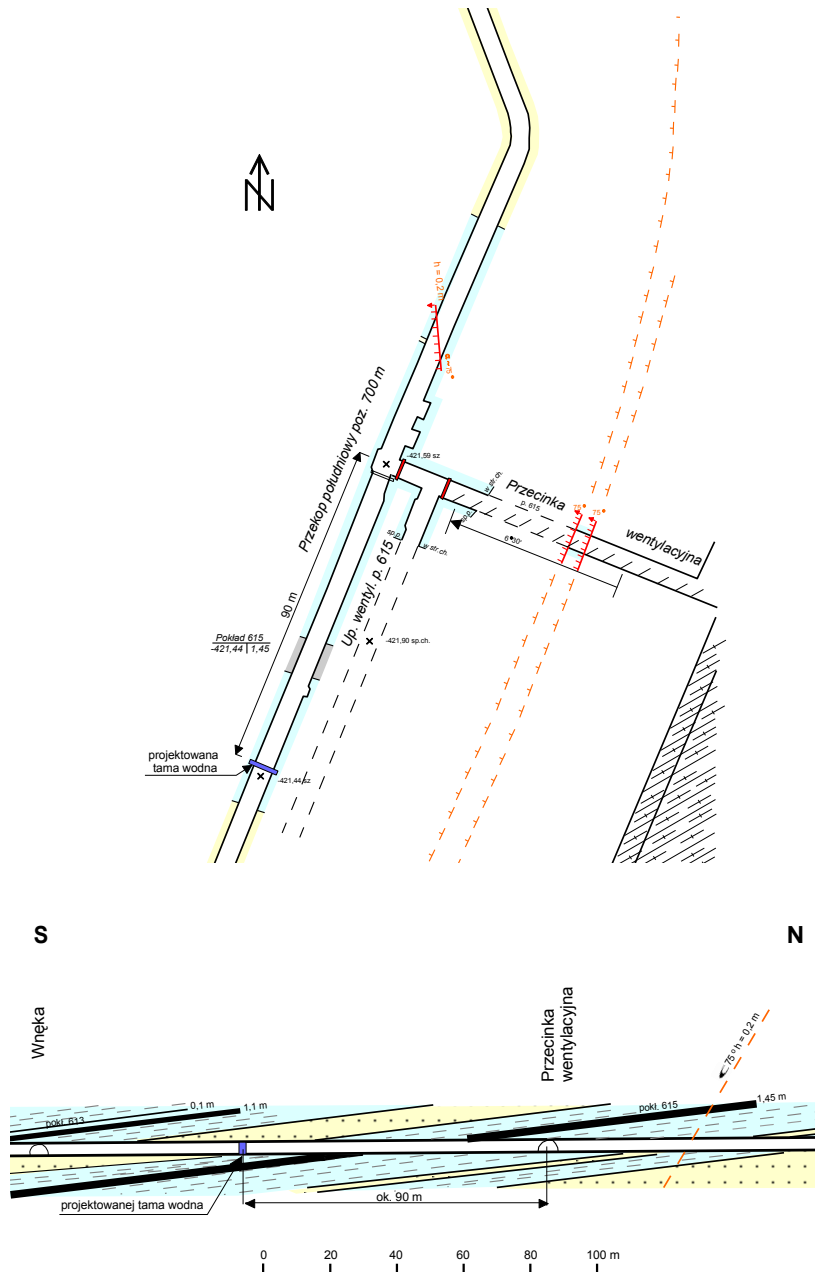
Polskie kopalnie węgla są całkowicie bezpieczne, tym niemniej zagrożenia wodne zawsze występowały i będą występować. Szczególne ryzyko związane z wdarciami wód wynika z likwidacji kopalń i ograniczania ich odwadniania. W zrobach likwidowanych kopalń tworzą się zbiorniki wodne o bardzo dużych pojemnościach i wysokich ciśnieniach. Istniejące filary graniczne między kopalniami przejmują funkcję przeciwwodnych filarów bezpieczeństwa, ich przerwanie może spowodować wdarcie wody, o bardzo groźnych konsekwencjach, do czynnych wyrobisk kopalń sąsiadujących.

2. METODY PROFILAKTYKI I ZMNIEJSZANIA RYZYKA

Zasadnicze zabezpieczenie kopalni przed skutkami nagłego zwiększonego dopływu wody do wyrobisk górniczych polega na stałej gotowości urządzeń głównego odwadniania do przyjęcia dodatkowej ilości wody. W ramach profilaktyki są podejmowane działania w celu ograniczenia lub eliminowania niebezpieczeństwa związanego z zagrożeniem wodnym. Polegają one między innymi na budowaniu tam, czy wyznaczaniu filarów bezpieczeństwa.

Tamy wodoszczelne są budowane w celu odgradzenia od reszty kopalni wyrobisk badawczych i udostępniających zagrożonych nadmiernym lub gwałtownym dopływem wód z warstw otaczających lub ze stref dyslokacji tektonicznych. Tamy te są również budowane w celu odcięcia partii wyeksploatowanych, do których może nastąpić wdarcie wody, na przykład na skutek reaktywacji zrobów. W okresie trwającej restrukturyzacji górnictwa i likwidacji kopalń tamy tego typu są wykonywane w celu zapobiegania wystąpieniu zagrożenia wodnego czynnych zakładów górniczych ze strony powstających zbiorników wodnych w likwidowanych kopalniach. Przykładem może być tama wodna w przekopie południowym na poziomie 700 m w likwidowanej kopalni „Katowice-Kleofas” (rys. 1), służąca do ochrony

kopalni „Śląsk” przed zagrożeniem wodnym (Frolik i inni 2004a, b). Wykonanie tej tamy umożliwiło zastosowanie bezpiecznego i ekonomicznego głębinowego systemu odwadniania zlikwidowanej kopalni „Katowice-Kleofas”.



Rys. 1. Fragment mapy pokładu 620 i przekrój w rejonie projektowanej tamy wodnej w kopalni „Katowice-Kleofas”

Fig. 1. Fragment of the map of No. 620 seam and cross-section in the region of planned water stopping at “Katowice-Kleofas” mine

Tamy filtrujące są wykonywane do zatrzymywania materiału ilasto-piaszczystego niesionego przez wodę w czasie wdarcia do wyrobisk górniczych i przepuszczania oczyszczonej wody do urządzeń głównego odwadniania. Są one budowane w rejonach złożeń, w których istnieje potencjalne zagrożenie wodne kurzawkowe, w miarę zbliżania się wyrobiskiem korytarzowym do źródła zagrożenia wodnego lub też w czasie akcji ratowniczej w wypadku wdarcia się do kopalni wody z piaskiem lub iłem.

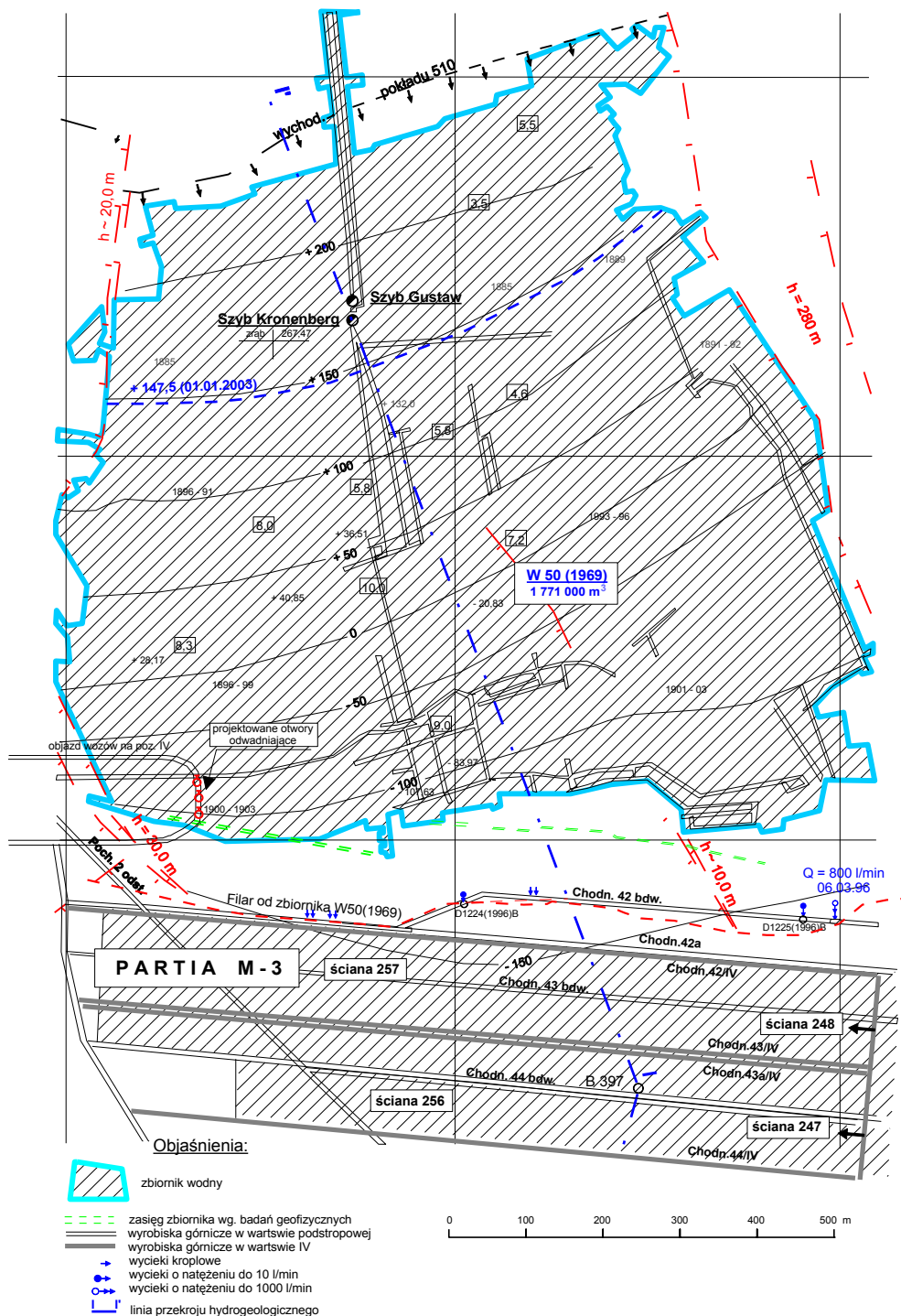
Zagrożenie wyrobisk górniczych mogą stwarzać zbiorniki wodne, gdy wyrobiska te są prowadzone w ich pobliżu. Uniemożliwiają one także wybranie złoża. Zbiorniki takie w zrobach kopalnianych likwiduje się przez grawitacyjne, kontrolowane odprowadzanie wody do niżej usytuowanych czynnych wyrobisk górniczych, a następnie do systemu głównego odwadniania kopalni. W tym celu wierci się specjalne otwory spływowe z niżej usytuowanych wyrobisk. Do prawidłowego zaprojektowania odwadniania zbiornika opracowano sposoby obliczania pojemności wodnej zrobów oraz wydajności otworów spływowych. Odwanianie zbiorników wodnych o znacznej objętości wody jest przedsięwzięciem trudnym technicznie, kosztownym i czasochłonnym, ale, jak w przypadku kopalni „Kazimierz-Juliusz”, (Kubica, Frolik, Rogoż 2002), pozwoli na pełniejsze wykorzystanie złoża oraz wydłużenie działalności tej kopalni o kilka lat; odwodnienie zbiornika W 50 (1969) zlokalizowanego w zrobach dawnej kopalni „Feliks” (rys. 2) o pojemności blisko 1,7 mln m³ ograniczy do minimum możliwość gwałtownego wdarcia wody do wyrobisk górniczych prowadzonych w jego sąsiedztwie.

Częstym zabiegiem stosowanym w górnictwie węglowym jest odwadnianie utworów wodonośnych zalegających na stropie karbonu. Polega ono zazwyczaj na odwiercaniu otworów drenażowych w stropie wyrobisk górniczych i grawitacyjnym odprowadzaniu wody. W przypadku wysokiego ciśnienia wody w pierwszej fazie odwadniania dąży się do ograniczenia zagrożenia przez „odprężenie” poziomu wodonośnego, to jest przez zmniejszenie w nim ciśnienia. Całkowite osuszenie utworów wodonośnych i tym samym zlikwidowanie źródła zagrożenia wymaga długiego czasu odwadniania i nie zawsze jest możliwe.

Gdy nie ma możliwości likwidacji źródła zagrożenia wodnego wyznacza się filar bezpieczeństwa dla wyrobisk prowadzonych w jego sąsiedztwie. Filar bezpieczeństwa stanowi calizna skalna pozostawiona między źródłem zagrożenia a czynnym wyrobiskiem górniczym, w celu niedopuszczenia do nagłego wdarcia się do wyrobiska dużej ilości wody lub kurzawki. Filar bezpieczeństwa nie musi być całkowicie szczelny. Filtracja wody przez pozostawioną caliznę skalną jest dopuszczalna pod warunkiem, że nie spowoduje ona naruszenia wytrzymałości skał i w związku z tym nie zaistnieje niebezpieczeństwo przerwania filaru pod naporem wody lub pod własnym ciężarem (Frolik 1997).

Zależnie od wzajemnego usytuowania źródła zagrożenia i wyrobiska rozróżnia się:

- filary prostopadłe do uławicenia lub pionowe,
- filary równoległe do uławicenia lub poziome,
- filary wokół niezlikwidowanych otworów wiertniczych.



Rys. 2. Fragment mapy pokładu 510 kopalni „Kazimierz-Juliusz”
Fig. 2. Fragment of the map of 510 seam at “Kazimierz-Juliusz” mine

Pod zbiornikami i ciekami powierzchniowymi oraz zbiornikami wodnymi w wyrobiskach górniczych, które stanowią zagrożenie dla istniejących lub projektowanych wyrobisk, filary bezpieczeństwa prostopadłe do uławicenia lub pionowe konstruuje się według zasad wyznaczania filarów ochronnych, przy czym powierzchnia chroniona powinna obejmować zbiornik wraz z ewentualnym poziomym lub pochyłym filarem bezpieczeństwa wyznaczonym w tym samym pokładzie, w którym się ten zbiornik znajduje.

Filary bezpieczeństwa równoległe do uławicenia są wyznaczane zazwyczaj w pokładach węgla w sąsiedztwie zbiorników wodnych w zrobach, które nie mogą być odwodnione.

W Głównym Instytucie Górnictwa opracowano metodykę pozwalającą na określenie wartości krytycznych wymiarów filarów bezpieczeństwa (Konstantynowicz, Bromek, Piłat, Posyłek, Rogoż 1974). Przez wymiar krytyczny rozumie się najmniejszą odległość między źródłem zagrożenia a czynnym wyrobiskiem.

Określenie możliwości prowadzenia wyrobisk górniczych i eksploatacji pokładów w bardzo trudnych warunkach hydrogeologicznych wymaga indywidualnego specjalistycznego opracowania, którego wnioski w pewnych szczególnych przypadkach mogą również stanowić podstawę do zaniechania eksploatacji w zagrożonym rejonie.

3. KONSEKWENCJE ZAPRZESTANIA ODWADNIANIA KOPALŃ

Zaprzestanie odwadniania wyrobisk górniczych powoduje ich samozatopienie wodami pochodzącymi z dopływu naturalnego, przy czym poziom wody w wyrobiskach ustala się w zależności zarówno od budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych, jak i od warunków górniczych likwidowanej kopalni i kopalń sąsiednich.

Problematyka hydrogeologiczna związana z likwidacją kopalń ma duże znaczenie praktyczne ze względu na powstające zagrożenia wodne zarówno wyrobisk górniczych, szczególnie kopalń sąsiadujących z kopalnią likwidowaną, jak i, w określonych sytuacjach, powierzchni terenu i usytuowanych na niej obiektów.

Likwidacja poszczególnych kopalń może spowodować zmiany warunków hydrogeologicznych na znacznych obszarach, a w szczególności wystąpienie niekontrolowanych przepływów wody z wyrobisk kopalni likwidowanej do kopalń sąsiednich, zmieniające stan zagrożenia wodnego w tych kopalniach. Przed przystąpieniem do likwidacji kopalni wykonuje się analizę konsekwencji zaprzestania jej odwadniania. W analizie uwzględnia się zarówno zagrożenie wodne kopalń sąsiednich, jak i wpływ zatopienia kopalni na środowisko naturalne i gospodarkę wodną rejonu.

W ramach oceny zagrożenia wodnego określa się między innymi:

- przewidywaną rzędną spiętrzenia wody w zrobach na podstawie analizy połączeń z kopalniami sąsiednimi oraz możliwości przepływu wody w wyrobiskach i strefach szczelin,
- przebieg zatapiania wyrobisk w czasie, na podstawie obliczonych pojemności wodnych zrobów i odwodnionego górotworu oraz natężenia dopływów wody do kopalni,

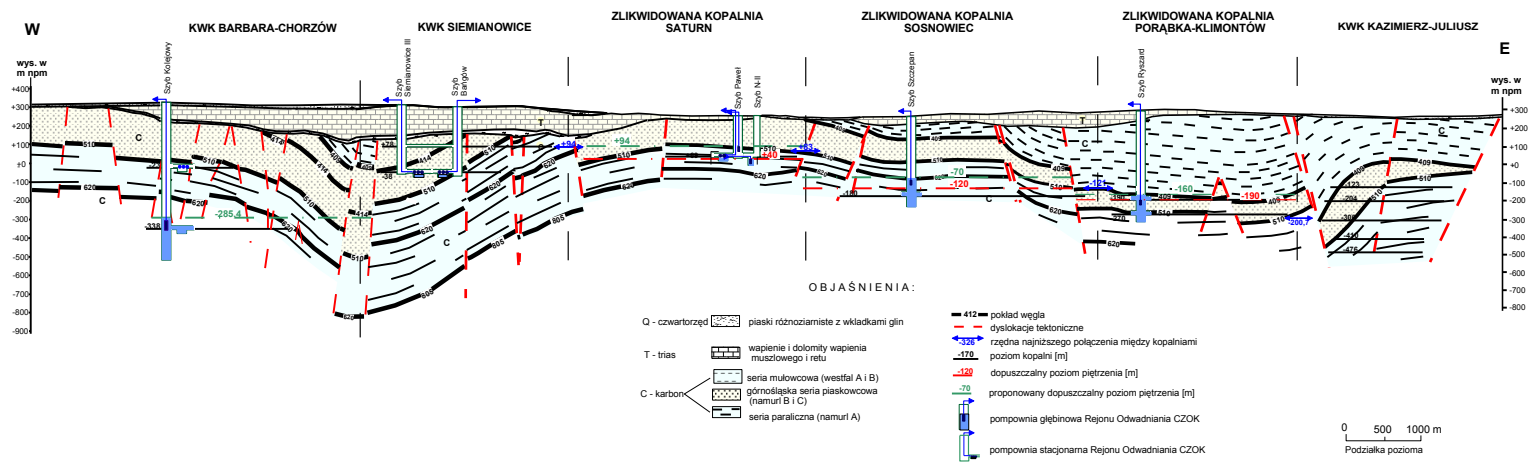
- możliwości zagrożenia wodnego kopalni sąsiedniej na podstawie analizy szczelności i wytrzymałości filarów granicznych, przypuszczalnych dróg przepływu wody, warunków sprzyjających powstawaniu niekontrolowanych zbiorników wodnych w zrobach, jak również analizy przewidywanego natężenia dopływu z kopalni likwidowanej w nawiązaniu do istniejącej rezerwy systemu odwadniania kopalni czynnej.

Do oceny zagrożenia wodnego kopalń sąsiadujących z kopalnią zatapianą oraz opracowania prognozy przebiegu zatapiania kopalni zespołowej jest niezbędne rozpoznanie wszelkich połączeń z wyrobiskami kopalń sąsiednich i ustalenie rzędnej najniższego połączenia. Uwzględnia się także możliwość występowania niekontrolowanych dróg krążenia wód w górotworze rozciętym wyrobiskami górniczymi.

Przepływ wód między kopalniami może następować również przez połączenia naturalne, które stanowią strefy uskokowe, spękania górotworu i kontaktujące się warstwy piaskowców w rejonie dawnych granic eksploatacyjnych kopalń (Frolik i inni 2004b). W niecce bytomskiej, w grubym kompleksie piaskowcowym górnośląskiej serii piaskowcowej, po zatopieniu kopalń utworzył się w zasadzie jeden zbiornik wód podziemnych o znacznych zasobach. Podstawę tego poziomu stanowi wyeksploatowany na prawie całym obszarze niecki pokład 510 (rys. 3). Określone przed eksploatacją wartości współczynników filtracji poszczególnych serii piaskowcowych mogą być już nieaktualne wskutek licznych spękań oraz zmian strukturalnych, jakie powstały w skałach nadległych w czasie wybierania pokładu 510 i innych. W warunkach odpowiednio dużych spadków hydraulicznych, jakie powstają między zatopionymi kopalniami oraz znacznych obszarów filtracji, nawet przy naturalnej przepuszczalności serii piaskowcowych, przepływy wód między kopalniami sąsiednimi mogą być znaczne i w dużej mierze mogą ograniczać możliwości piętrzenia wód.

Istotne mogą być także strefy osłabienia filarów granicznych oraz ewentualne błędy naniesienia wyrobisk na mapy, spowodowane głównie niezależną orientacją geodezyjną sąsiadujących ze sobą kopalń. Sporadycznie mogą zdarzać się przypadki nienaniesienia istniejącego wyrobiska na mapy górnicze.

Wytrzymałość filarów granicznych ocenia się na podstawie zasad wyznaczania filarów bezpieczeństwa do ograniczenia zagrożenia wodnego w kopalniach węgla kamiennego. Szerokość filarów granicznych sprawdza się na ciśnienie wody w zatapianej kopalni na poziomie wyrobiska chronionego filarem. Przy ocenie wytrzymałości filarów granicznych, pełniących po zatopieniu kopalni rolę filarów bezpieczeństwa, są analizowane również dodatkowe elementy, które mogą w sposób istotny decydować o naruszeniu ich wytrzymałości lub szczelności. Wytrzymałość filara granicznego naruszają przede wszystkim niezidentyfikowane wyrobiska górnicze, które lokalnie mogą spowodować zmniejszenie jego wytrzymałości. Osłabienie filara granicznego mogą również spowodować spękania eksploatacyjne i deformacje tektoniczne, szczególnie w przypadku „szufladkowych” granic eksploatacyjnych między kopalniami. Szczeliny uskokowe, uważane za zabliźnione, mogą ulec udroźnieniu pod wpływem dużej różnicy ciśnień spowodowanej spiętrzeniem wody w zrobach. Wieloletnia eksploatacja pokładów węgla w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego spowodowała w większości kopalń naruszenie filarów granicznych oraz zmniejszenie lub utratę ich wytrzymałości i własności izolacyjnych.

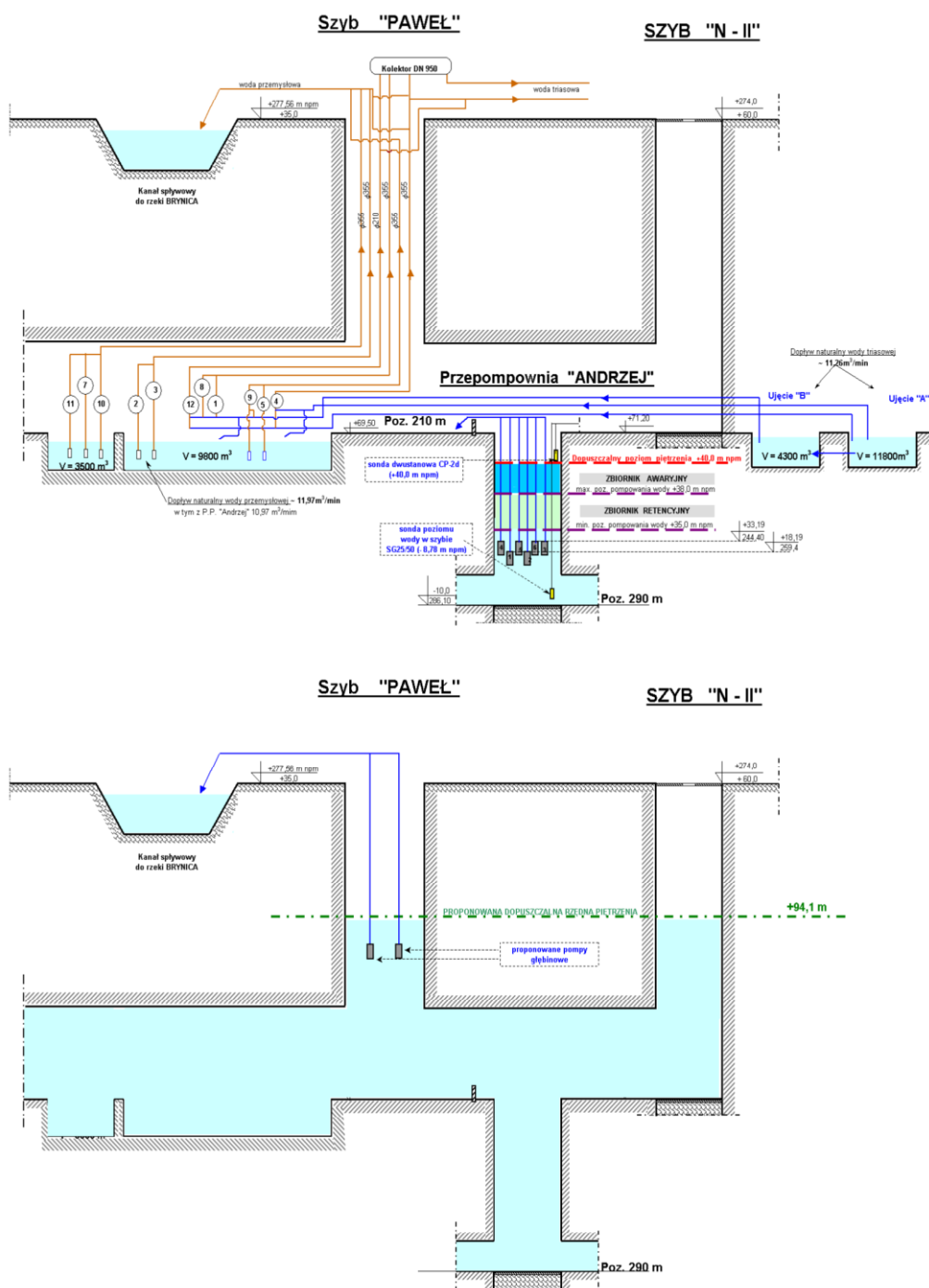


Rys. 3. Przekrój hydrogeologiczny W-E przez niekę bytomską
Fig. 3. Hydrogeological cross-section W-E across the Bytom trough

Istniejące między kopalniami połączenia hydrauliczne obciążone zwiększonym ciśnieniem hydrostatycznym mogą powodować zwiększenie przepływu lub gwałtowny i w dużej ilości spływ wód do pustych przestrzeni, na przykład wyrobisk sąsiedniej kopalni. W takiej sytuacji w większości zlikwidowanych zakładów górniczych zachodzi konieczność odwadniania wyrobisk i utrzymywania poziomu wody na bezpiecznej wysokości. Możliwość wdarcia się wód, powodującego katastrofalne skutki, stanowi istotę zagrożenia wodnego pracujących załóg górniczych w czynnych zakładach górniczych. Również swobodny przepływ wód z kopalni zlikwidowanej do czynnej, w ilości przekraczającej wydajność zabudowanego tam systemu głównego odwadniania, może spowodować zagrożenie takiej kopalni i w konsekwencji jej zatopienie.

Z tego samego powodu, w zlikwidowanych kopalniach, w miarę możliwości, należy dążyć do zmiany stacjonarnych systemów odwadniania na systemy głębinowe. Są one przede wszystkim bezpieczniejsze i tańsze w eksploatacji. W przypadku wdarcia wody z sąsiedniej kopalni system głębinowy jest w stanie odpompować zwiększoną ilość wody. Systemy te mają też zdolność retencji znacznych ilości wody. Pompownia stacjonarna nie jest w stanie przyjąć i odpompować gwałtownego zwiększonego dopływu wody. W przypadku jego wystąpienia może nastąpić zatopienie pompowni i zakładu górniczego. Przykładem takiego działania jest projekt zmiany systemu odwadniania zlikwidowanej kopalni „Saturn” (Frolik i inni 2004c). Schematycznie zmianę tę przedstawiono na rysunku 4. Pompownia Saturn stanowi kluczowe ogniwo w systemie odwadniania kopalń północno-wschodniej części GZW. W przyszłości, po likwidacji kopalni „Kazimierz-Juliusz”, można będzie zaprzestać odwadniania w zlikwidowanych kopalniach „Porąbka-Klimontów”, „Paryż”, „Sosnowiec”. Pompownia Saturn stanie się barierą dla przepływu wód (rzędu 40–50 m³/min) ze wschodniej części niecki bytomskiej w kierunku kopalni „Bobrek-Centrum” położonej w najgłębszej części niecki bytomskiej.

W przypadku bardzo skomplikowanej sieci wyrobisk górniczych, rozmieszczonych na różnych poziomach i w różnych pokładach, w górotworze niejednorodnym, naruszonym deformacjami tektonicznymi oraz wpływami poeksploatacyjnymi, należy się liczyć z możliwością przepływu wody z zatopionej kopalni drogami niekontrolowanymi w kierunku niżej położonych wyrobisk kopalni sąsiedniej. Sytuacja taka dotyczy większości kopalń w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, a w szczególności kopalń, w których są eksploatowane pokłady węgla w rejonie siodła głównego (Rogoż, Posyłek 1995). Wśród tych kopalń można wyróżnić takie, których zatopienie spowoduje również zatopienie połączonych z nimi kopalń sąsiednich, pomimo stosowania w nich sprawnego systemu odwadniania. Wynika to z różnicy natężenia dopływu naturalnego oraz związanych z nim wydajności i rezerw głównego odwadniania w kopalni zatapianej i kopalni sąsiedniej. Zagadnienie to każdorazowo wymaga przeprowadzenia szczegółowej analizy przypuszczalnych dróg spływu oraz ilości wody dopływającej z kopalni likwidowanej do kopalni sąsiedniej.



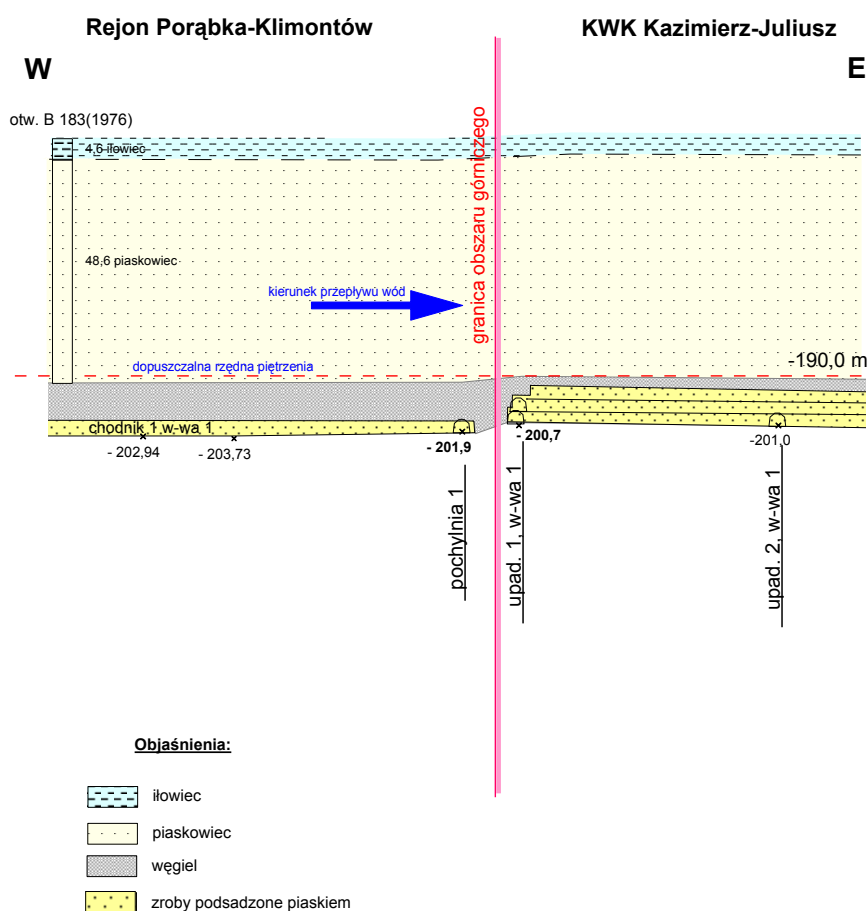
Rys. 4. Przykład uproszczenia systemu odwadniania zlikwidowanej kopalni „Saturn”
 Fig. 4. Cross- section of simplification of water drainage system in the liquidated “Saturn” mine

Analizę dróg krążenia wód w wyrobiskach górniczych przeprowadza się również pod kątem możliwości powstawania niekontrolowanych zbiorników wodnych w zrobach. Zbiorniki takie, głównie ze względu na nierozpoznany zasięg, mogą stwarzać bardzo duże zagrożenie dla robót górniczych. Należy podkreślić, że w praktyce górniczej najbardziej niebezpieczne dla ludzi były wdarcia z nierozpoznanych zatopionych zrobów.

W likwidowanej kopalni, poniżej rzędnej docelowego piętrzenia wody, mogą się znajdować miejsca o zmniejszonych szerokościach filarów granicznych lub małych odległościach między zrobami w pokładach wybranych przez kopalnię likwidowaną i kopalnię sąsiednią (w przypadku „szufladkowych” granic eksploatacyjnych). W miejscach takich wprawdzie nie przewiduje się wystąpienia zagrożenia polegającego na przerwaniu filara i wdarciu się wody z likwidowanej kopalni do kopalni sąsiedniej, ale należy się liczyć z możliwością filtracji wody przez filar lub przez strefę zawałową. W takich przypadkach jest konieczne obliczenie przewidywanego natężenia filtracji, aby ocenić, czy nie zostanie przekroczona rezerwa głównego odwadniania w kopalni, do której woda ta będzie dopływać (Frolik, Kubica 2005). Przykładem może być sytuacja w rejonie pompowni Porąbka-Klimontów i czynnej kopalni „Kazimierz-Juliusz”. Pompownia Porąbka-Klimontów stanowi bezpośrednie zabezpieczenie czynnej kopalni „Kazimierz-Juliusz” przed zagrożeniem wodnym ze strony kopalń zlikwidowanych w północno-wschodniej części zagłębia. Długotrwałe spiętrzenie wody w zrobach zlikwidowanej kopalni „Porąbka-Klimontów” ponad ustaloną dopuszczalną rzędną -190 m, może spowodować zwiększony przepływ wody przez filary graniczne i połączenia hydrauliczne na rzędnej $-201,9$ m do kopalni „Kazimierz-Juliusz” (rys. 5). Szacuje się, że przy długotrwałym spiętrzeniu wód w kopalni „Porąbka-Klimontów” do rzędnej -185 m natężenie filtracji do wyrobisk kopalni „Kazimierz-Juliusz” poprzez to połączenie, może wynieść maksymalnie $0,40 \text{ m}^3/\text{min}$, natomiast w przypadku spiętrzenia wód do rzędnej -180 m, możliwy jest wzrost do $1,23 \text{ m}^3/\text{min}$ (Frolik, Kubica 2005).

Biorąc pod uwagę natężenie spodziewanego dopływu wody z zatopionej kopalni, analizuje się istniejącą rezerwę systemu głównego odwadniania oraz lokalizację wyrobisk i urządzeń odwadniających. Jest to szczególnie istotne w kopalniach charakteryzujących się mniejszym dopływem naturalnym niż likwidowana kopalnia sąsiednia. Wobec niewielkich rezerw pompowych w takich kopalniach, dostosowanych do ich dopływu naturalnego, może nastąpić ich zatopienie w przypadku znacznego dopływu wody z zatopionej kopalni.

Z uwagi na niewielką rezerwę systemu odwadniania kopalni „Kazimierz-Juliusz” nie jest ona obecnie w stanie przyjąć dodatkowego dopływu wody, dlatego zwierciadło wody w dawnej kopalni „Porąbka-Klimontów” musi być utrzymywane na obecnym poziomie, nie ma możliwości jego spiętrzenia.



Rys. 5. Przekrój przez połączenie na rzędnej $-201,9$ m między kopalnią „Kazimierz-Juliusz” i zlikwidowaną kopalnią „Porąbka-Klimontów”

Fig. 5. Cross-section through the junction at -201.9 ordinate between “Kazimierz-Juliusz” and liquidated “Porąbka-Klimontów” mines

PODSUMOWANIE

Od momentu powstania, Główny Instytut Górnictwa współuczestniczy w działaniach zmierzających do minimalizacji skutków oraz wyeliminowania wystąpienia zagrożenia wodnego w zakładach górniczych zarówno przez działalność statutową, prace naukowe i badawcze, uczestnictwo w pracach Komisji ds. Zagrożeń Wodnych przy Wyższym Urzędzie Górniczym, jak i działalność wydawniczą.

Można stwierdzić, że systematycznie zmniejszająca się liczba wdarć wód podziemnych do kopalń oraz zdarzeń niebezpiecznych związanych z zagrożeniem wodnym jest w znacznej mierze zasługą wieloletniej współpracy Instytutu z kopalniami oraz wielu prac i badań wykonywanych w Zakładzie Geologii i Geofizyki GJG.

Literatura

1. Frolik A. (1997): *Analiza szczelności przeciwwodnych filarów bezpieczeństwa w kopalniach węgla kamiennego*. Katowice, GIG.
2. Frolik A., Kubica J. (2002): *Opinia dotycząca warunków bezpiecznej eksploatacji pokładu 510 w warstwie IV partii Maczki-3 KWK „Kazimierz-Juliusz”*. Dokumentacja GIG. Katowice.
3. Frolik A., Rogoż M. (2003): *Ryzyko zagrożenia wodnego w polskich kopalniach węgla kamiennego*. Wiadomości Górnicze nr 1.
4. Frolik A. i inni (2004a): *Docelowy model odwadniania likwidowanych kopalń „Katowice-Kleofas” i „Polska-Wirek”*. Dokumentacja GIG, Katowice.
5. Frolik A. i inni (2004b): *Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne w związku ze zmianą poziomu odwadniania likwidowanej Kopalni Węgla Kamiennego „Katowice-Kleofas”*. Dokumentacja GIG, Katowice.
6. Frolik i inni (2004c): *Model zabezpieczenia czynnych zakładów górniczych przed zagrożeniem wodnym ze strony zlikwidowanych kopalń*. Dokumentacja GIG, Katowice.
7. Frolik A., Kubica J. (2005): *Wpływ ewentualnego zaprzestania odwadniania sąsiednich nieczynnych kopalń na zawodnienie wyrobisk KWK „Kazimierz-Juliusz”*. Dokumentacja GIG, Katowice.
8. Konstantynowicz E., Bromek T., Piłat T., Posyłek E., Rogoż M. (1974): *Wyznaczanie filarów bezpieczeństwa dla ograniczenia zagrożenia wodnego w kopalniach węgla kamiennego*. Katowice, Prace GIG, Komunikat nr 615. Katowice.
9. Kubica J., Frolik A., Rogoż M. (2002): *Opinia dotycząca warunków bezpiecznej eksploatacji pokładu 510 w warstwie IV partii Maczki-3 KWK „Kazimierz-Juliusz”*. Dokumentacja GIG, Katowice.
10. Rogoż M. (1966): *Projektowanie wierceń dołowych dla rozpoznania górotworu w otoczeniu wyrobiska i wykrywania podziemnych zbiorników wodnych*. Prace GIG, Komunikat nr 405. Katowice.
11. Rogoż M., Posyłek E. (1980): *Prognozowanie dopływów wody do kopalń zmodyfikowanymi metodami trendu i współczynnika wodoprodukcyjnego*. Prace GIG, Komunikat nr 711. Katowice.
12. Rogoż M., Posyłek E. (1995): *Konsekwencje hydrogeologiczne likwidacji kopalni węgla kamiennego*. Przegląd Górniczy nr 4.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Marek Rogoż, prof. GJG

Aleksandra Hankus, Barbara Bialecka

BILANS ZASOBÓW DO PROCESU PODZIEMNEGO ZGAZOWANIA WĘGLA W POLSCE

Streszczenie

Jedną z perspektywicznych metod wykorzystania węgla, a głównie jego zasobów nie nadających się do eksploatacji metodami tradycyjnymi jest podziemne zgazowanie. Pozwala ono na uzyskiwanie energii zawartej w węglu *in situ*, a tym samym uniknięcie ryzyka zagrożenia zdrowia i bezpieczeństwa człowieka – nieodłącznych przy eksploatacji tradycyjnej. W Polsce, prawie we wszystkich obszarach górniczych, zalegają partie pokładów węgla, których eksploatacji zaniechano z przyczyn techniczno-ekonomicznych, czy też ze względów bezpieczeństwa.

W artykule przedstawiono szacunki zasobów węgla kamiennego, z rozbiorem na poszczególne kopalnie, aktualnie niedostępnych, a mogących stanowić bazę surowcową do procesu zgazowania. Szczegółowej analizie poddano węgle typu 31 charakteryzujące się dużą zawartością części lotnych oraz bardzo małą zdolnością spiekania lub jej brakiem. W kolejnym artykule analizą przydatności pod kątem podziemnego zgazowania zostaną objęte wszystkie typy węgla.

Prezentowany artykuł jest pierwszym z cyklu artykułów dotyczących wielu aspektów podziemnego zgazowania węgla.

Balance of resources for underground gasification of coal in Poland

Abstract

Underground gasification is one of the prospective methods of coal utilisation, and mainly of its resources unsuitable for mining using conventional methods. This method makes it possible to obtain energy contained in the 'in situ' coal, and thereby to avoid the risk for human health and safety, which are inherent in the traditional mining. In Poland, nearly in all mining areas there are parts of coal seams, the mining of which has been abandoned due to technical and economic reasons or the reasons of safety.

The paper presents the estimations of coal reserves, divided into individual mines, currently inaccessible, and potentially being a raw material base for the process of gasification. Analysed in detail were the coals of type 31, i.e. the coals characterised by a high content of volatile matter and very low capability of sintering or its lack. The next paper will present the analyses of all types of coal in view of underground gasification.

The presented paper is the first of the cycle of papers relating to many aspects of underground gasification of coal.

WPROWADZENIE

W gospodarce światowej w ostatnich latach zarysowuje się tendencja powrotu do paliw kopalnych jako podstawy systemu energetycznego. W związku z tym, że ponad połowa zasobów stałych paliw kopalnych Europy znajduje się na obszarze Polski, jest możliwe potraktowanie polskiego węgla, również aktualnie niedostępnego, jako przyszłej europejskiej bazy energetycznej i zwiększenie tym samym bezpieczeństwa energetycznego kontynentu.

Węgiel jest paliwem, które przy stosunkowo niewielkiej cenie jest w stanie zapewnić bezpieczeństwo energetyczne, a jego stosowanie w przyszłości w znacznej mierze jest uzależnione od odpowiednich technologii umożliwiających zmniejszenie negatywnego wpływu jego spalania na środowisko. Wykorzystując obecnie opracowane technologie można radykalnie zmniejszyć emisję szkodliwych cząstek i gazów do atmosfery. Technologie te mogą również zapewnić w przyszłości możliwość produkcji wodoru, na przykład w procesie podziemnego zgazowania węgla (PZW), gdyby zaistniała konieczność zaspokojenia wzrastających potrzeb energetycznych. Wyzwaniem w chwili obecnej są działania, zgodnie z którymi zagrożenia bezpieczeństwa energetycznego (i środowiskowego) będą włączone w proces decyzyjny, szczególnie w zakresie przyszłych inwestycji w górnictwie. Jeżeli to zostanie dokonane, rola węgla – dostępnego i pewnego źródła energii – będzie nadal znacząca w zapewnieniu dostaw energii w Europie, z uwzględnieniem rozwoju nowoczesnych technologii i wymagań ochrony środowiska (Kowol 1997).

Zgazowanie węgla powinno być częścią strategii rozwoju polskiego sektora paliwowo-energetycznego oraz działań z zakresu restrukturyzacji górnictwa i przemysłu ciężkiego. Należy podkreślić, że zadań związanych ze zgazowaniem stałych paliw kopalnych nie można oddzielić od konieczności rozwijania technologii sekwestracji dwutlenku węgla i ochrony środowiska na obszarach wydobywania i przetwarzania kopalin.

Wiele polskich kopalń ma duże zasoby węgla kamiennego, których eksploatację zaniechano z przyczyn techniczno-ekonomicznych lub ze względów bezpieczeństwa pracy. Do zasobów tych można zaliczyć partie węgla leżące w strefach zaburzeń tektonicznych, pozostawionych półkach bezpieczeństwa, obszarach perspektywicznych i górniczo niezagospodarowanych, jak również w pokładach cienkich lub o dużej zawartości substancji mineralnej i siarki. Tylko niektóre z tych zasobów mogą zostać efektywnie wykorzystane metodą podziemnego zgazowania, wpływają na to przyczyny techniczno-technologiczne, a także geologiczno-górniczne (np. znaczny dopływ wód, skomplikowana makro- i mikrotektonika, duża skłonność do zawału stropu itp.) zaburzające ciągłość i utrudniające sterowanie procesem zgazowania. Stąd wypływa konieczność zbilansowania potencjalnych zasobów do podziemnego zgazowania węgla (PZW) na podstawie ściśle sprecyzowanych kryteriów.

Wstępnymi, aczkolwiek niezbędnymi działaniami, w pracach nad technologią zgazowania węgla kamiennego są:

- dobór kryteriów decydujących o praktycznej przydatności pokładów węgla do zgazowania,
- ocena, na podstawie przyjętych kryteriów, perspektywicznych pokładów do podziemnego zgazowania,
- określenie zasobów węgla kamiennego, z podziałem na poszczególne kopalnie, mogących stanowić bazę surowcową procesu zgazowania.

Spośród kryteriów wyboru pokładów do podziemnego zgazowania (Jaskulski, Rabsztyn 1982) najważniejsze są czynniki naturalne.

Przydatność pokładów węgla do zgazowania może być określana zespołem kryteriów obejmujących między innymi: typ i własności fizykochemiczne węgla, głębokość

zalegania, grubość i kąt nachylenia pokładu węgla, rodzaj i szczelność górotworu, warunki hydrogeologiczne, tektonikę złoża, wielkość zasobów, obecność metanu w złożu, warunki infrastruktury na powierzchni.

Analiza i usystematyzowanie, zgodnie z powyższymi kryteriami, polskich zasobów węgla niedostępnych do eksploatacji metodami klasycznymi umożliwi opracowanie bazy danych krajowych zasobów przeznaczonych do podziemnego zgazowania.

1. ANALIZA BAZY ZASOBOWEJ W POLSCE

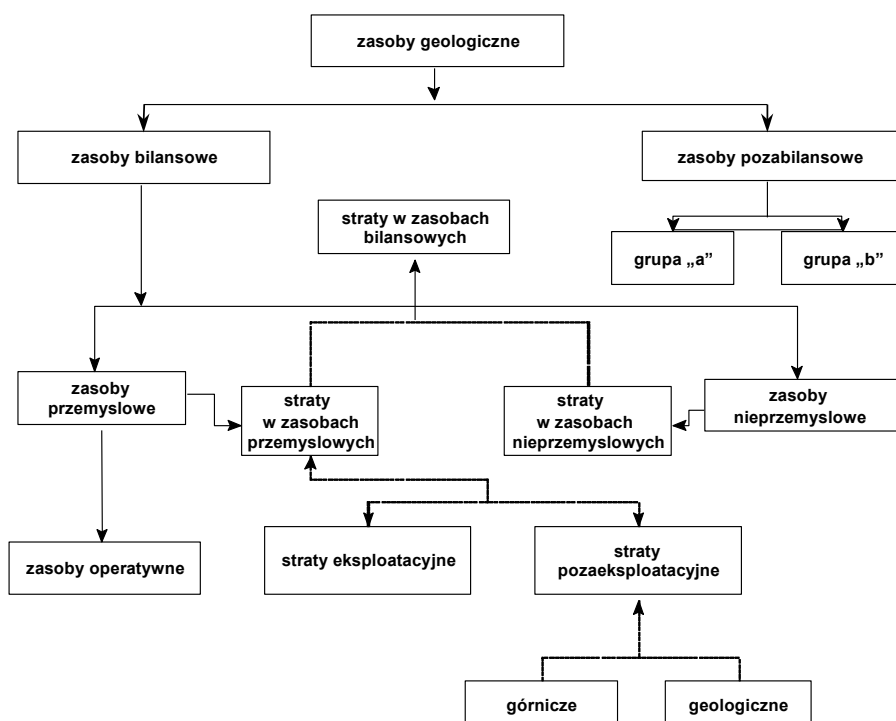
Potencjalne zasoby węgla kamiennego (Raport... 2003; Sprawozdania z działalności statutowej GIG 2001, 2002,) dotyczą zasobów zagospodarowanych w kopalniach czynnych, jak również zasobów i pokładów węgla położonych w rejonach niezagospodarowanych górniczo, w rejonach projektowanej eksploatacji, a także nieeksploatowanych pokładów węgla w rejonach istniejących kopalń. Wielkości zasobów węgla w Polsce, według stanu na 31.12.2001 rok, zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Zasoby węgla w Polsce według stanu na 31.12.2001 rok (Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce, 2002)

Złoża	Zasoby, mln Mg				
	geologiczne	bilansowe	przemysłowe	operatywne	pozabilansowe grupa „a” grupa „b”
W Polsce ogółem	75865	45900	7503	4479,1	<u>17998</u> 11967
Zagospodarowane (bez kopalń samodzielnych)	26326	14206	6505	4479	<u>5185</u> 6935
Niezagospodarowane	46712	29885	7	–	<u>11940</u> 4887

Kwalifikacja zasobów geologicznych kopaliny w złożu, określona na podstawie dokumentacji geologicznej, z podziałem na zasoby bilansowe i pozabilansowe nie jest prowadzona na zasadzie ekonomicznej kwalifikacji zasobów i nie potwierdza ustalonych zasobów, mogących być przedmiotem zagospodarowania. Na etapie Projektu Zagospodarowania Złoża z uwzględnieniem rachunku ekonomicznej efektywności eksploatacji oraz kryteriów przemysłowości ustalanych dla każdego złoża, określa się zasoby przemysłowe oraz zasoby nieprzemysłowe (rys. 1). Zasoby przemysłowe węgla kamiennego są to takie zasoby, które ze względu na:

- grubość pokładów,
 - głębokość zalegania pokładów,
 - parametry jakościowe węgla,
 - geologiczno-górniczne warunki występowania w złożu,
 - możliwości techniczne kopalń,
- mogą być zakwalifikowane do wydobywania.



Rys. 1. Schemat klasyfikacyjny zasobów węgla kamiennego (Darski, Kicki, Sobczyk 2001)

Fig. 1. Scheme of classification of hard coal resources (Darski, Kicki, Sobczyk 2001)

W złożach kopalń czynnych możliwe jest zagospodarowanie około 46,8% zasobów bilansowych, tzn. 6 505,1 mln Mg zasobów przemysłowych.

Zasoby nie wydobyte, stanowiące różnicę między ustalonymi (wydobytymi) zasobami przemysłowymi a zasobami, które pozostaną w złożu wskutek braku możliwości ich wydobywania, to tzw. straty eksploatacyjne i pozaeksploatacyjne. Straty te są nieuniknione i wynikają z aktualnych możliwości technicznych eksploatacji, warunków geologiczno-górnicznych.

Z analizowanych danych wynika, że w Polsce zostało udokumentowanych 75 865 mln Mg zasobów geologicznych węgla kamiennego, w tym 26 326 mln Mg w złożach zagospodarowanych górnictwem. Są to zasoby, z których aktualnie tylko część spełnia kryteria bilansowości, wprowadzone przepisami Prawa geologicznego i górniczego z 1994 roku, a więc mogą być podejmowane w stosunku do nich decyzje o eksploatacji.

Zasoby spełniające kryteria bilansowości stanowią 45 900 mln Mg. Pozostałe 29 965 mln Mg to zasoby pozabilansowe, tj. zasoby, które w obecnych warunkach technicznych i ekonomicznych kraju nie mogą być eksploatowane. Przewiduje się jednak, zgodnie z przepisami prawa geologicznego i górniczego (Prawo geologiczne i górnicze. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 roku), że będą mogły one być eksploatowane w przyszłości w wyniku postępu technicznego, zmian gospodarczych, organizacyjnych, administracyjnych, inwestycji itp. Ilość tych zasobów na dzień 31.12.2001 roku

wynosiła 29 965 mln Mg, w tym w złożach zagospodarowanych 13 148 mln Mg. W grupie tej na uwagę zasługują zasoby pozabilansowe grupy „b” spełniające kryteria bilansowości pokładów węgla, które jednak nie mogą być eksploatowane ze względu na trudne warunki geologiczno-górniczne zalegania złoża, trudne warunki eksploatacji, ochronę obiektów powierzchniowych i podziemnych.

Ostateczną ilość zasobów – około 4479,7 mln Mg węgla – tzw. zasoby operatywne, które zostaną wydobyte, stanowić będzie różnicę między ustalonymi zasobami przemysłowymi a zasobami, które pozostaną w złożu wskutek braku możliwości ich wybrania czyli tzw. stratami w zasobach. Straty, w ilości 20 254 mln Mg, stanowią średnio około 30% zasobów przemysłowych.

Zasoby te pozostają w złożu i w dalszym ciągu są to zasoby węgla, które, jeżeli nie w całości, to przynajmniej w znacznej części mogą stanowić w przyszłości bazę zasobów do wykorzystania.

Analiza zmian zachodzących w ilości zasobów bilansowych węgla wykazała, że do 1990 roku ilość ta wzrastała lub następowały nieduże jej ubytki wynikające z eksploatacji oraz przekwalifikowań zasobów bilansowych do pozabilansowych grupy „b”. Od 1990 roku następuje jednak znaczący ubytek zasobów bilansowych, przy niewielkim tylko przyroście zasobów pozabilansowych grupy „b”. Do końca 2001 roku ubyło aż około 19 610 mln Mg zasobów bilansowych, tj. 30%, w tym ze złóż kopalń czynnych 12 929 mln Mg, co stanowi około 55% zasobów w stosunku do wykazywanych w 1990 roku. Przyczyną tak znacznych ubytków tych zasobów były: zmiana kryteriów bilansowości, ograniczenie głębokości dokumentowania zasobów bilansowych do głębokości 1000 m, skreślenie zasobów z ewidencji oraz likwidacja kopalń.

Podkreślić jednak należy, że zasoby te w dalszym ciągu, pomimo dokonanych zmian na podstawie kryteriów aktualnych możliwości technicznych, organizacyjnych, administracyjnych i środowiskowych eksploatacji, są zasobami, które w znacznej części mogą stanowić w przyszłości bazę zasobów do wykorzystania. Konieczna jest jednak bezwzględna ich ochrona oraz ustalenie jednoznacznych kryteriów ich oceny.

2. KRYTERIA KWALIFIKACJI POKŁADÓW WĘGLA DO PODZIEMNEGO ZGAZOWANIA

Pokłady zakwalifikowane do podziemnego zgazowania powinny charakteryzować się odpowiednimi parametrami jakościowymi węgla, własnościami fizykochemicznymi, grubością, głębokością zalegania pokładów oraz warunkami panującymi w górotworze. Główne kryteria wybrane do oceny przydatności pokładów węgla do podziemnego zgazowania zamieszczono w tablicy 2.

Poniżej przedstawiono przegląd obszarów górniczych kopalń z terenu GZW pod względem przydatności zasobów węgla do podziemnego zgazowania. W pierwszym kroku, jako najbardziej przydatny do podziemnego zgazowania, przyjęto typ węgla 31 charakteryzujący się dużą zawartością części lotnych oraz bardzo słabą zdolnością spiekania lub jej brakiem. W kolejnym artykule analizą przydatności pod kątem podziemnego zgazowania zostaną objęte wszystkie typy węgla.

Tablica 2. Kryteria kwalifikacji węgla do podziemnego zgazowania

Kryterium kwalifikacji	Charakterystyka kryterium
Typ węgla	od płomiennego do antracytu
Własności fizykochemiczne węgla	duża zawartość części lotnych, bardzo słaba zdolność spiekania lub jej brak
Głębokość zalegania	wzrost kosztów wytworzonego gazu wraz ze wzrostem głębokości
Grubość pokładu	powyżej 1 m
Kąt nachylenia pokładu węgla	dowolny
Rodzaj i szczelność górotworu	zwięzłość i szczelność górotworu, grubość i litologia górotworu–nadkład w-w słaboprzepuszczalnych (gliny, ily, iłolupki)
Warunki hydrogeologiczne	brak szczelin, uskoków, warstw wodonośnych, zbiorników wodnych powodujących dopływ wód
Tektonika złoża	jednorodność złoża (brak szczelin, uskoków)
Wielkość zasobów	kryterium opłacalności
Obecność metanu w złożu	zagrożenie gazowe
Warunki infrastruktury	brak zabudowy

Wykaz kopalń GZW zawierający w swoich zasobach typ węgla 31 przedstawiono w tablicy 3. Nie uwzględniono w niej kopalń: „Bytom II”, „Kazimierz Juliusz” i „Piekary” przeznaczonych do likwidacji do 2020 roku.

Tablica 3. Zestawienie zasobów bilansowych, przemysłowych i operatywnych (stan na 31.12.2001)

Kopalnia	Typ węgla	Zasoby bilansowe tys. Mg	Wskaźnik wykorzystania zasobów bilansowych	Zasoby przemysłowe tys. Mg	Zasoby operatywne tys. Mg	Zasoby operatywne wg typów 31–33 tys. Mg	Zasoby operatywne wg typu 31 %
Murcki	31–34	476 723	0,49	235 841	165 030	165030	100
Staszic	31–33	609348	0,58	355107	227050	224400	98,83
Centrum	31–32	151718	0,46	69398	41400	41400	100
Chwałowice	31–34	868343	0,38	330113	248300	226300	91,14
Halemba	31–36	573235	0,6	342796	230000	17500	7,61
Janina	31–33	1738851	0,7	1212615	861400	861400	100
Jankowice	31–34	283929	0,73	225027	149900	111900	74,65
Silesia	31–34	464130	0,55	253749	193600	177400	91,63
Ziemowit	31–33	980825	0,33	327217	186700	186700	100
Razem		6147102		3351863	2303380	2012030	

Z analizy powyższego zestawienia zasobów przemysłowych i operatywnych wynika, że z ogólnej liczby 3 351 863 tys. Mg zasobów zakwalifikowanych do eksploatacji możliwe jest wydobycie 2 012 030 tys. Mg zasobów (typ 31–33), co stanowi około 60% zasobów przemysłowych. Pozostająca w złożu „resztką” węgla w obszarach czynnych pól eksploatacyjnych wynosząca 1 048 483 tys. Mg może dodatkowo stanowić bazę do projektów przyszłego zgazowania węgla.

Znacząca ilość zasobów przygotowana do eksploatacji tradycyjnymi technikami znajduje się poza poziomami czynnymi i w budowie. W przypadku niektórych kopalń stanowi to duży procent istniejących zasobów operatywnych („Silesia” – 76,03, „Murcki” – 82,35, Janina – 87,02) węgla typu 31–33, możliwych w przyszłości do eksploatacji, nie tylko metodami konwencjonalnymi.

Tablica 4. Zestawienie zasobów operatywnych w poziomach czynnych, w budowie oraz poza poziomami czynnymi i w budowie (stan na 31.12.2001)

Kopalnia	Typ węgla	Zasoby operatywne tys. Mg	Zasoby operatywne wg typów 31–33 tys. Mg	Zasoby operatywne (w poziomach czynnych i w budowie) tys. Mg	Zasoby operatywne (w poziomach czynnych i w budowie) %	Zasoby operatywne (poza poziomami czynnymi i w budowie) tys. Mg	Zasoby operatywne (poza poziomami czynnymi i w budowie) %
Murcki	31–34	165 030	165030	29210	17,7	135820	82,3
Staszic	31–33	227050	224400	212940	93,78	14100	6,22
Centrum	31–32	41400	41400	41400	100	0	0
Chwałowice	31–34	248300	226300	131100	528	7200	47,2
Halemba	31–36	230000	17500	230000	100	0	0
Janina	31–33	861400	861400	111800	12,98	749600	87,02
Jankowice	31–34	149900	111900	60100	49,09	89800	50,91
Silesia	31–34	193600	177400	46400	23,97	147200	76,03
Ziemowit	31–33	186700	186700	154800	82,91	31900	17,09
Razem		2303380	2012030	1017750		1175620	

Należy podkreślić, że na podstawie powyższej analizy ilości zasobów operatywnych nie można określić wielkości całej bazy zasobów, mogących w przyszłości stanowić ogólną ilość zasobów możliwych do zagospodarowania różnymi technikami, w tym techniką zgazowania.

Badania nad technikami zgazowania węgla, prowadzone na świecie, dowodzą, że zgazowaniu mogą być poddawane wszystkie typy węgla, od płomiennego do antracytu.

W związku z powyższym jest wskazane przytoczenie danych o zasobach geologicznych, mogących w odległym czasie stanowić znaczną bazę zasobową dla nowych technik pozyskiwania energii. I tak, oprócz zasobów zagospodarowanych górnictwem, będących przedmiotem eksploatacji węgla w kopalniach czynnych, w Polsce istnieją zasoby geologiczne niezagospodarowane, które wynosiły:

- 44 698 mln Mg w 2001 roku,
- 46 681 mln Mg w 2002 roku.

W ramach tych zasobów (niezagospodarowanych) mieszczą się:

- zasoby złóż perspektywicznych,
- zasoby złóż rezerwowych,
- zasoby złóż, w których zaniechano eksploatacji z powodu likwidacji kopalń.

Zasoby niezagospodarowane, jak również zasoby pozostające w likwidowanych kopalniach mogą również stanowić bazę dla procesów uzyskiwania energii z węgla kamiennego pod ziemią. Każdemu takiemu projektowi towarzyszyć musi bardzo dokładne rozpoznanie złoża, warunków panujących w górotworze oraz analiza ekonomiczna.

Charakterystyka zasobów węgla w podziale na złoża zagospodarowane i niezagospodarowane w wybranych kopalniach GZW została przedstawiona w tablicach 5–8.

Tablica 5. Zasoby węgla w Polsce

Okres czasu lata	Zasoby węgla, mln Mg				
	geologiczne	bilansowe	pozabilansowe		przemysłowe
			„a”	„b”	
2001	75865	45900	17998	11967	7503
2002	73566	44084	17636	11846	7381

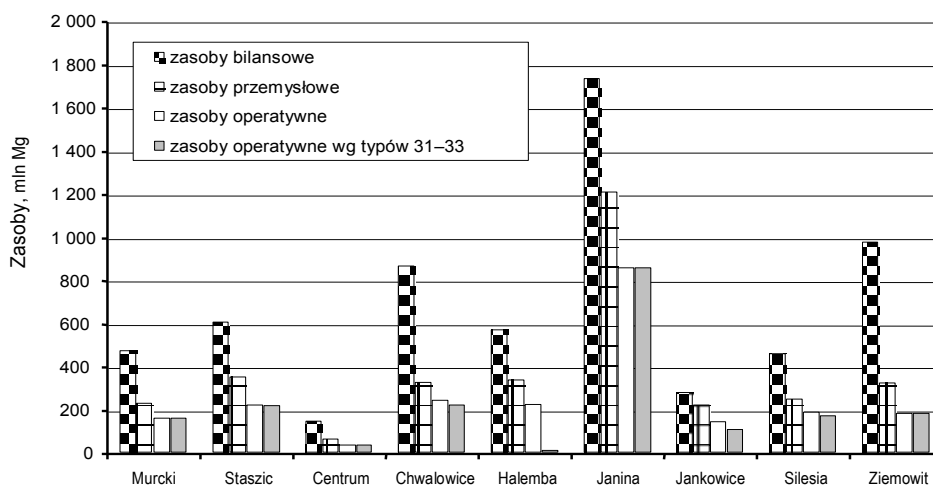
Tablica 6. Zasoby węgla kamiennego w Polsce w złożach zagospodarowanych i niezagospodarowanych górnictwo

Okres czasu lata	Złoża	Zasoby, mln Mg			
		geologiczne	bilansowe	pozabilansowe	przemysłowe
2001	zagospodarowane	29184	16045	13139	7496
	niezagospodarowane	46681	29855	16826	7
2002	zagospodarowane	28868	15888	12980	7377
	niezagospodarowane	44698	28196	16502	4

Tablica 7. Zasoby złóż zagospodarowanych i niezagospodarowanych w Polsce (stan na 31.12.2002)

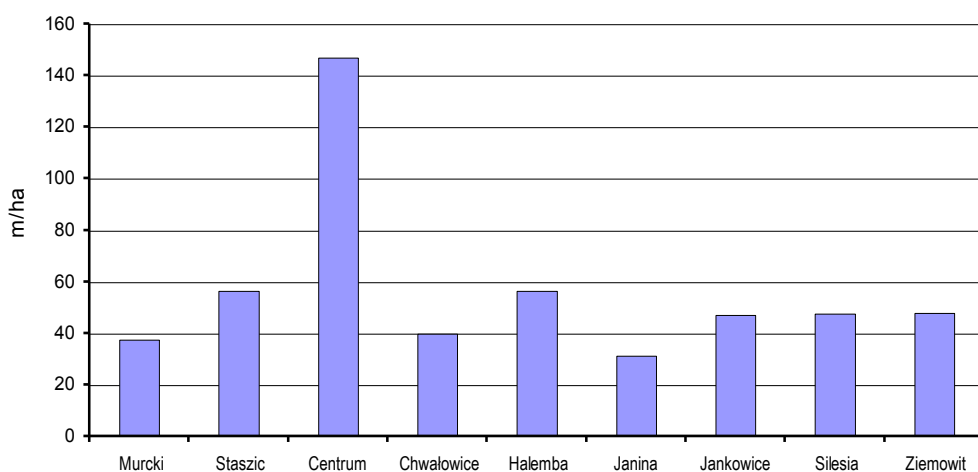
Obszar	Złoża zagospodarowane, mln Mg				Złoża niezagospodarowane, mln Mg			
	zasoby bilansowe	zasoby pozabilansowe		zasoby przemysłowe	zasoby bilansowe	zasoby pozabilansowe		zasoby przemysłowe
		„a”	„b”			„a”	„b”	
Polska	15888	6021	6959	7376	28197	11616	4887	4
GZW	15284	5656	6897	7041	19542	5125	5856	4
LZW	604	364	62	334	8655	6491	—	—
DZW	—	—	—	—	—	3812		—

Przeprowadzona analiza pozwoliła na ocenę kopalń pod względem możliwości podziemnego zgazowania węgla, na podstawie zasobów, tektoniki, zagrożenia metanowego, zagrożenia sejsmicznego, zagrożenia pożarowego oraz zagrożenia tąpnięciami, co zilustrowano na rysunkach 2–4.



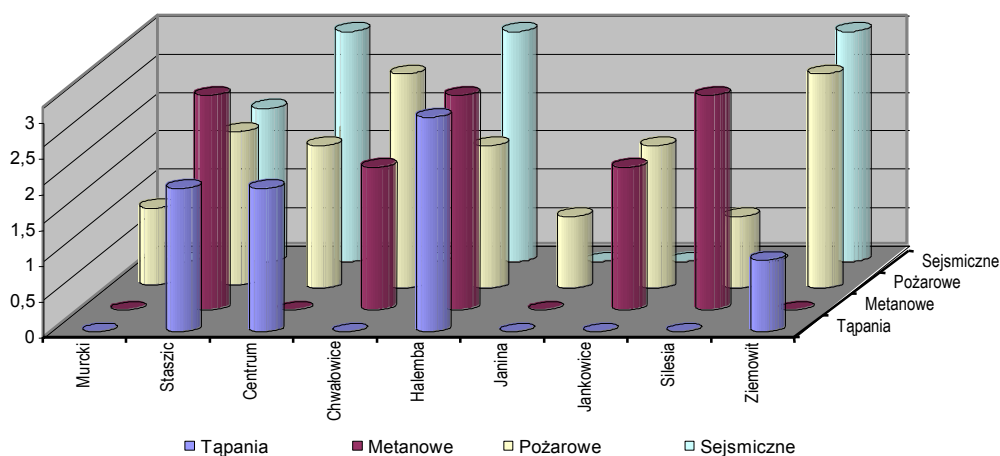
Rys. 2. Zestawienie zasobów geologicznych w analizowanych kopalniach

Fig. 2. Specification of geological reserves in the analysed mines



Rys. 3. Stopień tektonicznego zaangażowania złoża w analizowanych kopalniach

Fig. 3. Degree of tectonic engagement of the deposit in the analysed mines



Rys. 4. Zagrożenia tąpnięciami, metanowe, pożarowe i sejsmiczne w analizowanych kopalniach; skala zagrożeń: 0 – brak, 1 – małe, 2 – średnie, 3 – wysokie

Fig. 4. Rockburst, methane, fire and seismic hazards in the analysed mines, scale of hazard: 0 – no hazard, 1 – low, 2 – medium, 3 – high

PODSUMOWANIE

- Analiza zasobów węgla kamiennego w kopalniach GZW wykazała, że jest możliwe wykorzystanie ich części do podziemnego zgazowania węgla.
- W strukturze zasobów geologicznych we wszystkich kopalniach istnieją wyłączone zasoby pozabilansowe aktualnie niemożliwe do zagospodarowania. Przewiduje się jednak, że będą mogły one być eksploatowane w przyszłości. Ilość tych zasobów

na dzień 31.12.2001 roku w skali kraju wynosiła 29 965 mln Mg, w tym w złożach zagospodarowanych 13 148 mln Mg.

- W analizowanych dziewięciu kopalniach z ogólnej liczby zasobów bilansowych 3 351 803 tys. Mg możliwych jest do wydobycia 2 303 380 tys. Mg. Pozostająca w złożu ilość „resztek” węgla w obszarach czynnych pól eksploatacyjnych w ilości 1 048 483 tys. Mg (wszystkich typów), w tym 1 339 833 tys. Mg (typ 31–33) może stanowić bazę dla przyszłego zgazowania węgla.
- W ogólnej liczbie zasobów operatywnych analizowanych dziewięciu kopalń, znajdują się zasoby, poza poziomami czynnymi i w budowie, w ilości 1 175 620 mln Mg, mogące w przyszłości stanowić źródło pozyskiwania energii z węgla, nie tylko metodami konwencjonalnymi.
- Zasoby likwidowanych kopalń do 2020 roku („Bytom II”, „Kazimierz Juliusz” i „Piekary”) mające w swoich zasobach węgle typu 31–33, w znacznej części mogą stanowić bazę zasobów możliwych do wykorzystania techniką podziemnego zgazowania węgla.
- Najkorzystniejszymi warunkami, biorąc pod uwagę zasoby, tektonikę, zagrożenia metanowe, zagrożenia sejsmiczne, zagrożenia pożarowe oraz zagrożenia tapaniami charakteryzuje się kopalnia „Janina”, w której przy najniższej skali zagrożeń występują najbogatsze zasoby węgla typów 31–33.
- Badania na świecie w zakresie technik zgazowania węgla dowodzą, że zgazowaniu poddane mogą być wszystkie typy węgla, od płomiennego do antracytu. Wobec takich stwierdzeń wszystkie zasoby pozabilansowe, straty oraz zasoby złóż, w których zaniechano eksploatacji z powodu likwidacji kopalń stanowią potencjalną bazę dla innych niż tradycyjne technik pozyskiwania energii.

Literatura

1. *Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce* (2002): Warszawa PIG.
2. Darski J., Kicki J., Sobczyk E.J. (2001): *Raport o stanie gospodarki zasobami złóż węgla kamiennego*. Kraków, PAN IGSMiE.
3. Jaskulski Z., Rabsztyn Z. (1982): *Rola czynników naturalnych w procesie podziemnego zgazowania węgla*. Wiadomości Górnicze nr 2.
4. Kowol K. (1997): *Szanse i perspektywy podziemnego zgazowania węgla*. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków, CPPGSMiE PAN.
5. Prawo geologiczne i górnicze. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 roku.
6. Raport (2003) pt.: *Analiza możliwości produkcyjnych polskich kopalń węgla kamiennego z uwzględnieniem ich bazy zasobowej oraz aspektów bezpieczeństwa pracy, środowiskowych, społecznych, technicznych i ekonomicznych*. Katowice – Kraków.
7. Sprawozdania z działalności statutowej GIG pt. *Bank o zasobach geologicznych węgla z 2001 i 2002 roku*.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Krzysztof Stańczyk

*Bożena Łabuz, Jacek Łabuz**

OZNACZANIE MORFOLOGII ODPADÓW KOMUNALNYCH NA PRZYKŁADZIE ODPADÓW POCHODZĄCYCH Z TERENU JAWORZNA

Streszczenie

Odpady komunalne to mieszanina bardzo wielu materiałów o zróżnicowanych właściwościach, występujących w różnych proporcjach w zależności od wielu czynników. Mimo licznych badań, prowadzonych w kraju i za granicą, nie opracowano wystarczających podstaw teoretycznych określania właściwości odpadów w konkretnym mieście. W każdym przypadku trzeba wykonywać serię badań. Należy podkreślić, że wartość dokumentalną mają jedynie wyniki badań prowadzonych w pełnym cyklu rocznym (obejmującym wszystkie miesiące roku). Badania skrócone lub wyrwykowe mogą mieć jedynie charakter sprawdzający.

W artykule przedstawiono wyniki badań wykonanych dwukrotnie w pełnym cyklu rocznym w celu oznaczenia morfologii odpadów komunalnych pochodzących z terenu miasta Jaworzna, z uwzględnieniem podziału na zabudowę jednorodzinną i wielorodzinną, a także ogólną charakterystykę odpadów komunalnych. Skład grupowy odpadów wytwarzanych przez mieszkańców zabudowy jednorodzinnej i wielorodzinnej, a także średni skład grupowy odpadów wytwarzanych przez mieszkańca Jaworzna zilustrowano wykresami. Podano także masę objętościową odpadów oznaczoną w poszczególnych cyklach okresu badawczego.

Determining the morphology of municipal waste by example of waste from the Jaworzno area

Abstract

Municipal waste consists of a mixture of many materials having diversified properties, and occurring in various proportions, depending on many factors. In spite of extensive investigations conducted in this country and abroad, sufficient theoretical grounds to determine the properties of the waste in a given town have not been elaborated so far. In each of the cases, a series of tests must be performed. It should be emphasised that of documentary value are only the results of tests performed in a full-year cycle (i.e. including all months of the year). The shortened or random tests have only a checking value.

The paper presents the results of tests performed two times in a full-year cycle with the aim to determine the morphology of municipal waste coming from the area of the city of Jaworzno, including the division into individual and multi-family building development, and general characteristics of municipal waste. The group composition of waste produced by the inhabitants of individual and multi-family building development, and an average group composition of waste produced by the inhabitant of the city of Jaworzno have been illustrated by graphs. The volumetric weight of waste determined in individual cycles of testing period has been given.

* Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach.

WPROWADZENIE

W wyniku działalności gospodarczej człowieka, a także jego funkcjonowania biologicznego, do środowiska naturalnego, oprócz produktów planowych, są wprowadzane różne ilości odpadów, w odróżnieniu od bezodpadowego charakteru naturalnych procesów biogeochemicznych. Wraz ze wzrostem poziomu życia ludzi i rozwojem techniki systematycznie wzrasta ilość powstających odpadów. Niejednokrotnie na niekorzyść człowieka i środowiska zmienia się ich struktura. Na ilość i skład wytwarzanych odpadów mają wpływ następujące czynniki: wielkość jednostki osadniczej, w której powstają, infrastruktura techniczna jednostki osadniczej, charakter zabudowy, poziom życia mieszkańców, a nawet obyczaje i kultura, wyposażenie techniczno-sanitarne budynków, pora roku. Przeciętny Polak wytwarza 250–270 kg odpadów rocznie. Mieszkańcy krajów rozwiniętych 400–600 kg, a obywatele USA – 800 kg rocznie (tabl. 1).

Tablica 1. Skład morfologiczny odpadów komunalnych w zależności od stopnia rozwoju gospodarczego kraju (Leboda, Oleszczuk 2002)

Rodzaj odpadu	Kraje uprzemysłowione, %	Kraje średnio rozwinięte, %	Kraje rozwijające się, %
Papier	35–40	14–30	1–4
Szkło, ceramika	4–9	2–10	1–6
Metale	3–13	1–5	1–4
Tworzywa sztuczne	2–10	4–6	1–4
Skóra, guma	0–1	0–2	0–7
Wyroby tekstylne	2–4	4–10	1–5
Drewno, kości	0–4	0–6	1–7
Resztki nieżywnościowe	50–70	30–60	5–20
Resztki żywnościowe	20–30	25–60	35–80
Inne	4–20	10–30	2–40

1. CHARAKTERYSTYKA ILOŚCIOWA ODPADÓW KOMUNALNYCH

Odpady oznaczają każdą substancję lub przedmiot należący do jednej z kategorii określonych w załączniku nr 1 do Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 roku o odpadach (Dz. U. Nr 62, poz. 628), których posiadacz pozbywa się, zamierza pozbyć się lub do ich pozbycia się jest obowiązany.

Najprostszą klasyfikację odpadów zaproponowali Oleszczuk i Leboda, którzy podzielili je na: odpady przemysłowe i komunalne (bytowo-gospodarcze) (Leboda, Oleszczuk 2002).

Odpady stanowią jedno z najpoważniejszych zagrożeń dla środowiska przyrodniczego, a ich niewłaściwe gromadzenie może prowadzić do: naruszenia obiegu materii w środowisku, ubytku rolno-leśnej przestrzeni produkcyjnej, emisji gazów do atmosfery (m.in.: CH₄, CO₂, H₂S), zanieczyszczenia mikrobiologicznego, uciążliwej obecności owadów, ptactwa i gryzoni. Uciążliwość odpadów komunalnych wynika głównie z ich ogromnej ilości.

Odpady komunalne to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady pochodzące od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych (Ustawa o odpadach z dnia 27.04.2001 roku).

Tablica 2. Ilość odpadów wytwarzanych w Polsce w ciągu roku, tys. Mg (GUS, 2004)

Odpady	Rok					
	1990	1995	2000	2001	2002	2003
Odpady (z wyłączeniem odpadów komunalnych)	143861	122662	125484	123810	117894	120551
Odpady komunalne	11098	10985	12226	11109	10509	9925
OGÓŁEM	154959	133647	137710	134919	128403	130476

Odpady komunalne stanowią około 7% całkowitej masy odpadów wytwarzanych w Polsce w ciągu roku (tabl. 2). Do najważniejszych, niekorzystnych cech tych odpadów zalicza się: znaczną zmienność ilościowo-jakościową w cyklu wieloletnim, rocznym i w poszczególnych porach roku, dużą niejednorodność składu surowcowego (morfologicznego) i chemicznego stałych odpadów komunalnych, potencjalne zagrożenie zakażeniem (higieniczno-sanitarne) związane z obecnością drobnoustrojów chorobotwórczych, niestabilność, podatność na zagniwanie i wydzielanie uciążliwych odorów frakcji organicznej (mokrej) zawartej w odpadach, obecność odpadów niebezpiecznych, tj. chemikaliów domowych, przeterminowanych leków, zużytych świetlówek, baterii itp., zanieczyszczenie poszczególnych składników odpadów komunalnych (frakcji, surowców, materiałów) substancjami niebezpiecznymi organicznymi i nieorganicznymi (głównie metalami ciężkimi).

Odpady komunalne stałe (OKS) są bardzo zróżnicowane pod względem składu fizycznego i chemicznego. Zależy on głównie od wyposażenia budynków w urządzenia techniczno-sanitarne (głównie sposobu ogrzewania), rodzaju zabudowy, stopy życiowej mieszkańców. Zgodnie z obowiązującymi przepisami (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27.09.2001 roku w sprawie katalogu odpadów) można wyróżnić następujące grupy odpadów komunalnych: odpady komunalne segregowane i gromadzone selektywnie (w tym: papier i tektura, szkło, odpady kuchenne ulegające biodegradacji, tworzywa sztuczne i inne), odpady z ogrodów i parków (w tym: odpady ulegające biodegradacji i inne), inne odpady komunalne (w tym: zmieszane odpady komunalne) [7].

Zgodnie z danymi GUS globalny wskaźnik nagromadzenia odpadów, które statystyczny mieszkaniec kraju wytwarza zarówno w miejscu zamieszkania, jak i we wszystkich działach infrastruktury społeczno-gospodarczej wynosił w 2002 roku: 270 kg/M/rok (w tym z gospodarstw domowych 200 kg/M/rok). Wartości średnie wskaźnika nagromadzenia odpadów w trzech typach środowiska miejskiego, a mianowicie:

- I – zabudowa wysoka (wielokondygnacyjna zabudowa osiedlowa),
- II – zwarta zabudowa dzielnic śródmiejskich o dużym nasyceniu usługami,
- III – zabudowa jednorodzinna (podmiejska, osiedlowa lub rozproszona)

zostały przedstawione w tablicy 3.

Tablica 3. Wartości średnie wskaźnika nagromadzenia odpadów w trzech typach środowiska miejskiego (Rosik-Dulewska 2000, 2002, 2005)

Rodzaj wskaźnika	Jednostka	Typ środowiska		
		I	II	III
Objętościowy	m ³ /M/rok	0,92	1,32	1,45
Wagowy	kg/M/rok	162	336	368

2. SKŁAD MORFOLOGICZNY I CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCIOWA ODPADÓW KOMUNALNYCH

Skład morfologiczny odpadów w poszczególnych miastach Polski jest zróżnicowany, a także różny w zależności od miejsca ich powstawania, tj. na terenach miejskich czy wiejskich (tabl. 4). Prognoza ilości odpadów na lata 2005–2014 została zawarta w tablicy 5.

Tablica 4. Morfologia wytworzonych odpadów komunalnych w Polsce w 2000 roku [9]

Rodzaje odpadów komunalnych	Ilości wytworzonych odpadów komunalnych					
	tereny miejskie		tereny wiejskie		ogółem	
	ilość, tys. Mg	%	ilość, tys. Mg	%	ilość, tys. Mg	%
Odpady kuchenne ulegające biodegradacji	2164	21,3	330	9,9	2494	18,5
Odpady zielone	240	2,4	62	1,9	302	2,2
Papier i tektura (nieopakowaniowe)	687	6,8	159	4,8	846	6,3
Opakowania z papieru i tektury	996	9,8	230	6,9	1226	9,1
Opakowania wielomateriałowe	112	1,1	26	0,8	138	1,0
Tworzywa sztuczne (nieopakowaniowe)	1158	11,4	314	9,4	1472	10,9
Opakowania z tworzyw sztucznych	373	3,7	101	3,0	474	3,5
Szkło (nieopakowaniowe)	48	0,5	15	0,4	63	0,5
Opakowania ze szkła	675	6,6	282	8,4	957	7,1
Metale	307	3,0	68	2,0	375	2,8
Opakowania z blachy stalowej	110	1,1	24	0,7	134	1,0
Opakowania z aluminium	32	0,3	7	0,2	39	0,3
Odpady tekstylne	290	2,9	69	2,1	359	2,7
Odpady mineralne	343	3,4	198	5,9	541	4,0
Drobna frakcja popiołowa	1120	11,0	602	18,0	1722	12,8
Odpady wielkogabarytowe	480	4,7	224	6,7	704	5,2
Odpady budowlane	960	9,4	597	17,9	1557	11,5
Odpady niebezpieczne	72	0,7	30	0,9	102	0,8
Razem	10167	100,0	3338	100,0	13505	100,0

Tablica 5. Prognoza ilości odpadów komunalnych dla Polski w latach 2005–2014 [9]

Strumienie odpadów komunalnych	2005	2006	2010	2014
	tys. Mg	tys. Mg	tys. Mg	tys. Mg
Odpady kuchenne ulegające biodegradacji	2.714,0	2.742,0	2.857,9	2.887,7
Odpady zielone	331,7	338,8	368,8	391,3
Papier i tektura (nieopakowaniowe)	928,5	939,2	983,2	992,7
Opakowania z papieru i tektury	1.630,7	1.729,9	2.199,9	2.989,5
Opakowania wielomateriałowe	183,1	194,3	247,1	335,7
Tworzywa sztuczne (nieopakowaniowe)	1.569,2	1.571,4	1.580,3	1.441,7
Opakowania z tworzyw sztucznych	620,7	656,9	828,8	1.114,1
Szkło (nieopakowaniowe)	71,7	73,8	82,8	87,8
Opakowania ze szkła	1.157,1	1.205,6	1.422,9	1.743,1
Metale	391,9	392,5	394,9	398,8
Opakowania z blachy stalowej	157,0	162,3	185,6	220,9
Opakowania z aluminium	45,4	46,9	53,3	62,8
Tekstylia	395,1	399,6	418,3	443,9
Odpady mineralne	554,5	564,1	604,7	661,2
Drobna frakcja popiołowa	1.545,5	1.500,5	1.333,3	1.152,2
Odpady wielkogabarytowe	1.011,9	1.013,0	1.017,6	1.025,2
Odpady budowlane	2.318,1	2.457,3	3.103,0	4.290,6
Odpady niebezpieczne wytwarzane w grupie odpadów komunalnych	115,9	116,0	116,4	117,0
Razem	15.742,1	16.104,1	17.798,7	20.356,2

W Polsce odpady komunalne zawierają najczęściej około 40–50% substancji organicznej. Zawartość azotu waha się w granicach 0,53–0,87%, fosforu 0,45–0,88%, potasu 0,14–0,48%. Około 50–60% stanowią części mineralne, w tym około 30% stanowią popioły z małych palenisk. Odpady stałe zawierają również pierwiastki śladowe (m.in. molibden, miedź, cynk, kobalt, nikiel, kadm, chrom, rtęć, ołów, glin, arsen, bar, wapń, chrom, żelazo, potas, magnez, mangan, sód, krzem, cyna, stront, tytan).

Składniki zawarte w odpadach komunalnych, głównie organiczne, ulegają przemianom biochemicznym i oddziałują na środowisko przez produkty rozkładu: dwutlenek węgla, amoniak, siarkowodór, metan, azotany, azotyny, siarczany i inne. Skład odpadów komunalnych jest złożony, zmienny w czasie i uzależniony od wielu czynników. Z tego względu dokładne określenie ilości i składu oraz właściwości odpadów jest możliwe jedynie na podstawie systemowych badań w pełnym cyklu rocznym, wykonywanych zgodnie z normami.

Mimo licznych badań, prowadzonych w kraju i za granicą, nie opracowano wystarczających podstaw teoretycznych do jednoznacznego określenia właściwości odpadów komunalnych. W każdym przypadku trzeba wykonywać serię badań. Zakres niezbędnych badań wynika z celu, jakiemu mają one służyć.

Wybór metody unieszkodliwiania lub odzysku odpadów wymaga oznaczenia czterech grup wskaźników: ilościowego nagromadzenia odpadów, właściwości fizycznych, paliwowych i nawozowych.

Do grupy pierwszej są zaliczane wskaźniki nagromadzenia: objętościowy [$\text{m}^3/\text{M}/\text{rok}$], wagowy [$\text{kg}/\text{M}/\text{rok}$] oraz nierównomierności nagromadzenia: dobowe, miesięczne i roczne. Grupę drugą charakteryzują: masa objętościowa odpadów – gęstość [kg/m^3], frakcje (analiza sitowa): 0–10, 10–40, 40–100 i powyżej 100 mm, skład grupowy, obejmujący podział na dziesięć podstawowych grup materiałów, z jakich składają się odpady, a więc: frakcja drobna (poniżej 10 mm), odpady spożywcze pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, odpady papieru i tektury, tworzywa sztuczne, materiały tekstylne, metalowe, szkło oraz pozostałe odpady organiczne i nieorganiczne. Do grupy trzeciej są zaliczane wskaźniki charakteryzujące właściwości paliwowe odpadów: zawartość wody (wilgotność), zawartość części palnych, zawartość części niepalnych i części lotnych, ciepło spalania, wartość opałową, składniki agresywne (SO_2 , HCl , N_2O_5) i skład elementarny części palnych (C, H, S, N, Cl, O). Grupa czwarta to wskaźniki charakteryzujące właściwości nawozowe odpadów, a zatem ich przydatność do kompostowania. Zalicza się do nich: ogólną zawartość substancji organicznej, zawartość węgla, zawartość azotu, zawartość fosforu, zawartość potasu, zawartość metali ciężkich (np. Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn).

Analiza morfologiczna – określenie składu grupowego odpadów stanowi najistotniejsze źródło informacji o odpadach komunalnych. Wykonuje się je w celu wyodrębnienia i oznaczenia możliwie dużej liczby składników odpadów. Daje to informację o ich przydatności do poszczególnych technik unieszkodliwiania lub wtórnego ich wykorzystania.

Ze strumienia odpadów komunalnych wyodrębnia się także odpady niebezpieczne, tj.: rozpuszczalniki, kwasy, alkalia, odczynniki fotograficzne, środki ochrony

roślin, lampy fluorescencyjne i inne odpady zawierające rtęć, urządzenia zawierające freony, oleje i tłuszcze – inne niż jadalne, farby, tusze, farby drukarskie, kleje, lepiszcze i żywice zawierające substancje niebezpieczne, detergenty zawierające substancje niebezpieczne, leki cytotoksyczne i cytostatyczne, baterie i akumulatory, zużyte urządzenia elektryczne i elektroniczne, drewno zawierające substancje niebezpieczne.

3. OZNACZENIE MORFOLOGII ODPADÓW KOMUNALNYCH Z TERENU JAWORZNA

Jaworzno jest prawie stutysięcznym miastem położonym we wschodniej części województwa śląskiego, na pograniczu regionów Górnego Śląska i Małopolski. Obszar miasta zajmuje powierzchnię 152,2 km² i należy ono do największych miast województwa. Niektóre dzielnice Jaworzna są zdominowane przez budownictwo jednorodzinne, w niektórych znajdują się typowe blokowiska, a w innych występują obydwa typy zabudowy. Do 2004 roku, wszystkie odpady komunalne z terenu miasta były deponowane w wyrobisku podolomitowym w dzielnicy Pieczyska.

3.1. Metoda pobierania i przygotowania próbek do badań

Odpady komunalne do określania składu morfologicznego pobierano z kontenerów. Miejsca poboru odpadów i trasę przejazdu samochodu zaznaczono na mapie terenu poddanego badaniom. Odnotowywano stan wypełnienia kontenerów i ich liczbę. Po pobraniu odpadów ze wszystkich wytypowanych kontenerów pojazd na którym się znajdowały, ważono i obliczano całkowitą masę objętościową odpadów. Uzyskanymi odpadami napełniono 30 pojemników badawczych typu SM-110 (obj. 110 dm³), a następnie przesiewano przez sита o oczkach: 100, 40 i 10 mm. Otrzymano w ten sposób cztery frakcje odpadów: odsiew >100 mm, frakcję grubą od 40 do 100 mm, frakcję średnią od 10 do 40 mm, frakcję drobną <10 mm. Każda z wydzielonych frakcji była oddzielnie ważona. Najdrobniejsza frakcja była traktowana jako składnik morfologiczny odpadów, pozostałe trzy segregowano, zgodnie z normą, dodatkowo uwzględniając zawartość odpadów niebezpiecznych.

Po dokonaniu rozdziału morfologicznego, wydzielone składniki były ważone. Pozwoliło to na określenie ich zawartości w badanej próbce oraz, po dokonaniu odpowiednich przeliczeń, ich procentowego udziału w całkowitej masie odpadów. Na podstawie obliczeń sporządzono bilans rodzajowy i ilościowy odpadów powstającą w ciągu roku.

3.2. Metodyka badań

Badania składu morfologicznego odpadów komunalnych z terenu Jaworzna prowadzono przez dwanaście miesięcy z częstotliwością pobierania próbek raz w miesiącu. Okres badawczy trwał od maja do kwietnia następnego roku. Należy podkreślić, że wartość dokumentalną mają jedynie wyniki badań prowadzonych w pełnym cyklu rocznym. Badania skrócone lub wrywkowe mogą mieć jedynie wartość sprawdzającą.

Analizy składu morfologicznego odpadów komunalnych przeprowadzano dwukrotnie w pełnym cyklu rocznym, określając:

- skład morfologiczny odpadów komunalnych z budownictwa wielorodzinnego,
- skład morfologiczny odpadów komunalnych z budownictwa jednorodzinnego,
- zawartość odpadów niebezpiecznych w odpadach komunalnych.

Badania wykonano zgodnie z normami: BN-87/9103-03 – Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Pobieranie, przechowywanie i przesyłanie oraz wstępne przygotowanie próbek do badań oraz PN-93/Z-15006 – Oznaczenie składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych.

Zarówno w próbkach odpadów z zabudowy jednorodzinnej, jak i wielorodzinnej, określono zawartość odpadów niebezpiecznych w strumieniu odpadów komunalnych. Wyniki badań rejestrowano na specjalnie przygotowanych formularzach.

3.3. Wyniki badań

Zestawienie ilości poszczególnych składników odpadów wytworzonych przez mieszkańca zabudowy jednorodzinnej i wielorodzinnej w jednostce czasu przedstawiono w tablicy 6. Na ich podstawie ustalono ilość poszczególnych składników odpadów wytwarzanych przez mieszkańca Jaworzna w jednostce czasu (tabl. 7).

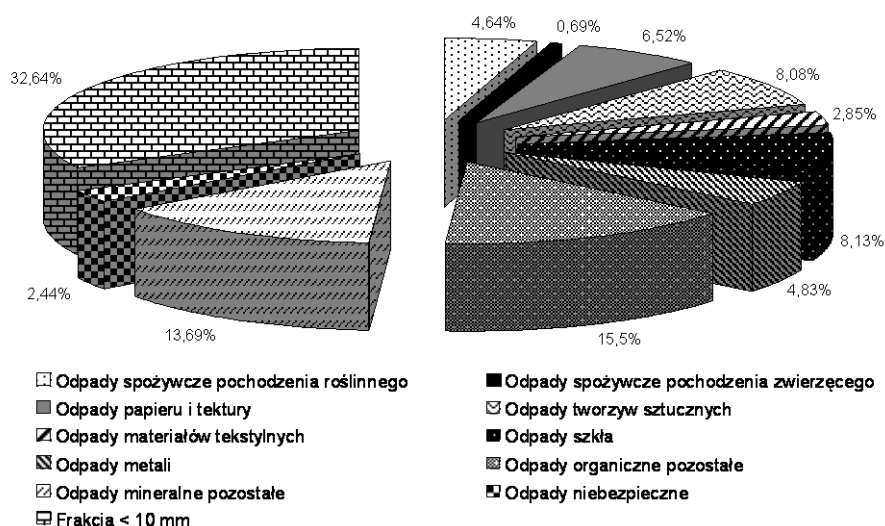
Tablica 6. Skład grupowy odpadów wytwarzanych przez 1 mieszkańca w zabudowie jednorodzinnej i wielorodzinnej (Kolano-Rybak 2003)

Rodzaj odpadów	Zabudowa jednorodzinna		Zabudowa wielorodzinna	
	kg/M/a	kg/M/d	kg/M/a	kg/M/d
Odpady spożywcze pochodzenia roślinnego	18,08	0,050	93,08	0,255
Odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego	2,68	0,007	4,24	0,012
Odpady papieru i tektury	25,38	0,070	37,08	0,102
Odpady tworzyw sztucznych	31,44	0,086	44,29	0,121
Odpady materiałów tekstylnych	11,08	0,030	18,66	0,051
Odpady szkła	31,64	0,087	37,44	0,103
Odpady metali	18,81	0,052	14,51	0,040
Odpady organiczne pozostałe	60,35	0,165	14,18	0,039
Odpady mineralne pozostałe	53,31	0,146	8,79	0,024
Odpady niebezpieczne	9,51	0,026	8,95	0,025
frakcja <10	127,08	0,348	21,18	0,058
Razem	389,36	1,067	302,40	0,83

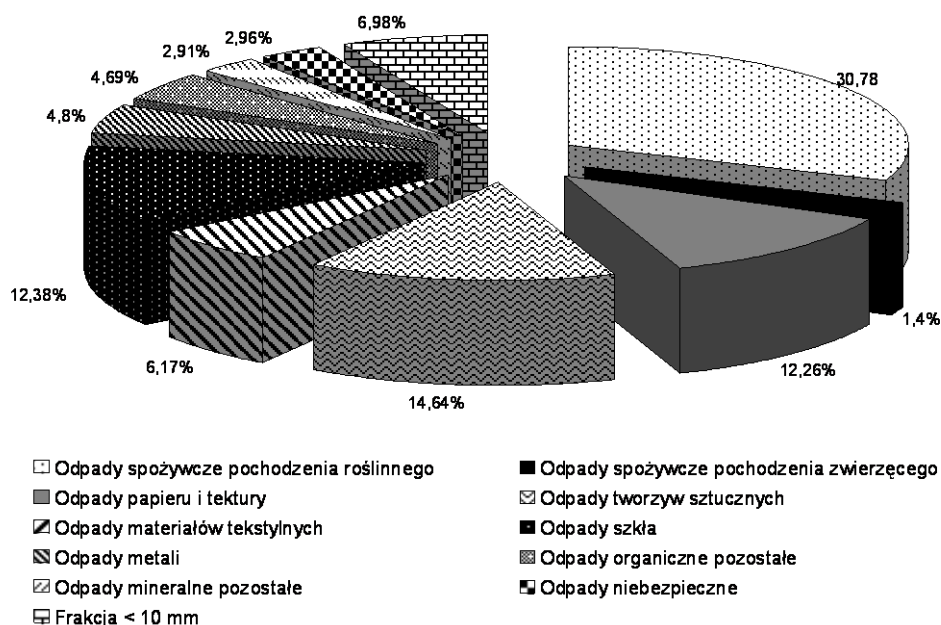
Tablica 7. Średni skład grupowy odpadów wytwarzanych przez 1 mieszkańca Jaworzna (Kolano-Rybak 2003)

Rodzaj odpadów	Ilość odpadów	
	kg/M/a	kg/M/d
Odpady spożywcze pochodzenia roślinnego	64,02	0,175
Odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego	3,64	0,010
Odpady papieru i tektury	32,55	0,089
Odpady tworzyw sztucznych	39,31	0,108
Odpady materiałów tekstylnych	15,72	0,043
Odpady szkła	35,19	0,096
Odpady metali	16,17	0,044
Odpady organiczne pozostałe	32,07	0,088
Odpady mineralne pozostałe	26,04	0,071
Odpady niebezpieczne	9,17	0,025
frakcja <10	62,22	0,170
Razem	336,10	0,919

Rysunki 1 i 2 przedstawiają średni skład morfologiczny odpadów komunalnych powstających w zabudowie jednorodzinnej i wielorodzinnej.



Rys. 1. Średni skład morfologiczny odpadów komunalnych z budownictwa jednorodzinnego w cyklu rocznym
Fig. 1. Average morphological composition of municipal waste from individual building development in the full-year cycle



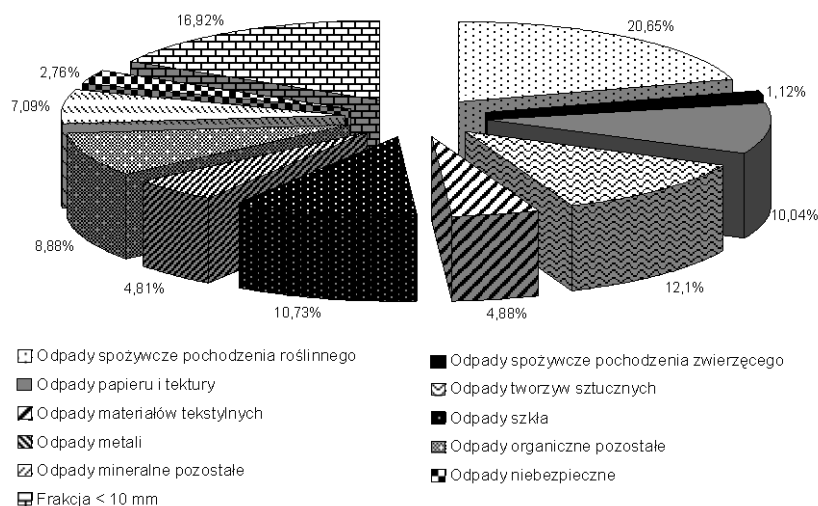
Rys. 2. Średni skład morfologiczny odpadów komunalnych z budownictwa wielorodzinnego w cyklu rocznym
Fig. 2. Average morphological composition of municipal waste in the full-year cycle

Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że skład odpadów komunalnych ulega znacznym zmianom w ciągu roku kalendarzowego w dwóch cyklach: wiosenno-letnim i jesienno-zimowym. Uwzględniając liczbę mieszkańców określono, że ilość wytworzonych odpadów niebezpiecznych to: 9,17 kg/M/rok, tj. 0,76 kg/M/miesiąc. Dla porównania, średnio w Polsce przyjmuje się, że jest to 0,84 kg/M/rok, a w krajach Europy Zachodniej w granicach 0,5–2,0 kg/M/rok.

Uzyskane wyniki badań, dostarczyły szczegółowych informacji na temat morfologii odpadów powstających w Jaworznie, a jednocześnie pozwoliły na porównanie ich ze średnimi wynikami i prognozami dla kraju. Procentowy udział poszczególnych składników w odpadach komunalnych z terenu Jaworzna przedstawiono na rysunku 3.

Tablica 8. Stan i prognoza składu grupowego odpadów komunalnych w Polsce w latach 1985–2030 (Rosik-Dulewska 2000, 2002, 2005)

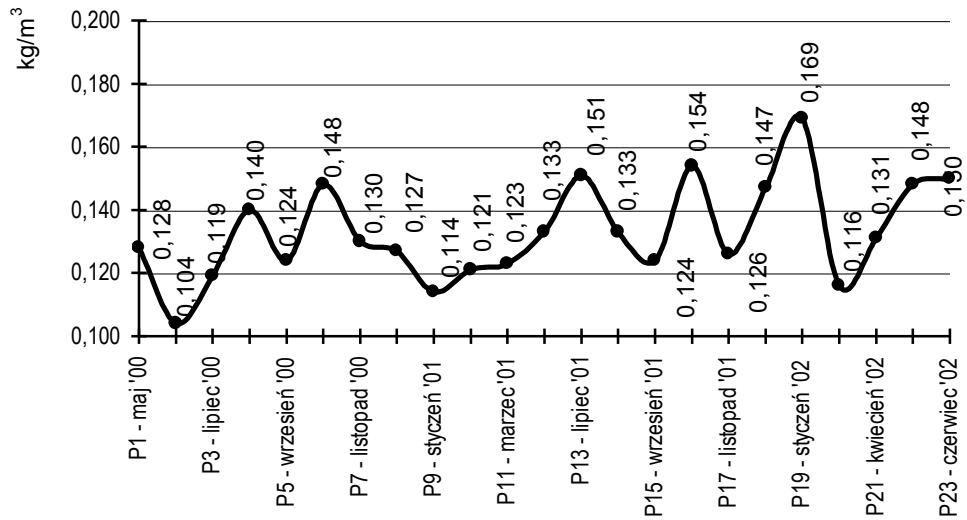
Składniki odpadów	1985		2000/2010		2030	
	%	kg/M	%	kg/M	%	kg/M
Odpady spożywcze	30,0	75	20,0	50	17,0	50
Papier, tektura	14,0	35	28,0	70	30,0	90
Szkło	7,2	18	14,0	35	14,0	40
Metale	2,0	5	2,0	6	5,0	15
Tworzywa sztuczne	2,0	5	3,0	8	5,0	15
Tekstylia	2,0	5	2,0	6	3,0	10
Pozostałość organiczna	8,0	20	9,0	22	8,0	25
Pozostałość nieorganiczna	10,8	27	12,0	30	10,0	30
Fracja $\leq \Phi$ 10 mm	24,0	60	10,0	25	8,0	25
Razem	100,0	250	100,0	252	100,0	300



Rys. 3. Morfologia odpadów komunalnych z terenu Jaworzna

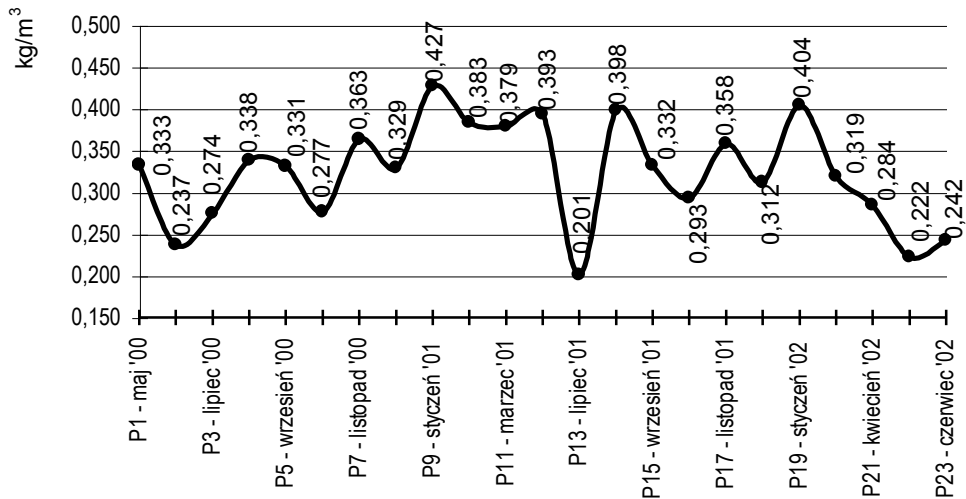
Fig. 3. Morphology of municipal waste from the area of Jaworzna city

Badania, a następnie ich analiza, pozwoliły na dokładne określenie specyfiki odpadów komunalnych, wytwarzanych przez mieszkańców Jaworzna. Masę objętościową odpadów komunalnych, pochodzących z zabudowy jednorodzinnej i wielorodzinnej w dwuletnim cyklu badań, przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Masa objętościowa odpadów komunalnych pochodzących z zabudowy wielorodzinnej w poszczególnych próbach cyklu badawczego (P1, P2, P3 ...)

Fig. 4. Volumetric mass of municipal waste coming from multi-family building development in individual tests (P1, P2, P3 ...) of the testing cycle



Rys. 5. Masa objętościowa odpadów komunalnych pochodzących z zabudowy jednorodzinnej w poszczególnych próbach cyklu badawczego (P1, P2, P3)

Fig. 5. Volumetric mass of municipal waste coming from individual building development in individual tests (P1, P2, P3) of the testing cycle

WNIOSKI

Wykonane badania pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Średni skład grupowy odpadów komunalnych, pochodzących z miasta Jaworzna, to:
 - odpady spożywcze pochodzenia roślinnego – 20,65%,
 - frakcja poniżej 10 mm – 16,92%,
 - odpady tworzyw sztucznych – 12,10%,
 - odpady szkła – 10,73%,
 - odpady papieru i tektury – 10,04%,
 - odpady organiczne pozostałe – 8,88%,
 - odpady mineralne pozostałe – 7,09%,
 - odpady materiałów tekstylnych – 4,88%,
 - odpady metali – 4,81%,
 - odpady niebezpieczne – 2,76%,
 - odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego – 1,12%.
2. Ilość odpadów wytwarzanych przez jednego mieszkańca w ciągu roku wynosi:
 - dla zabudowy jednorodzinnej – 389,36 kg/M/a,
 - dla zabudowy wielorodzinnej – 302,40 kg/M/a,
 - średnia wartość dla Jaworzna – 336,10 kg/M/a.
3. Udział odpadów niebezpiecznych w odpadach komunalnych wytwarzanych przez mieszkańców wynosi średnio 2,76%.
4. Ilość odpadów niebezpiecznych wytwarzanych przez jednego mieszkańca Jaworzna wynosi w ciągu roku 9,17 kg/M/a.
5. Masa objętościowa odpadów wytwarzanych przez mieszkańców wynosi:
 - dla zabudowy jednorodzinnej – 323 kg/m³,
 - dla zabudowy wielorodzinnej – 133 kg/m³,
 - średnio – 207 kg/m³.
6. Skład grupowy odpadów komunalnych z terenu Jaworzna nie odbiega znacząco od średniego składu grupowego odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce, jednakże niektóre składniki wykazują wartości zbliżone do wartości charakterystycznych dla terenów miejskich (papier i tektura, metale, tworzywa sztuczne), a inne do wartości charakterystycznych dla terenów wiejskich (szkło, drobne frakcje popiołowe, odpady mineralne). Ilość odpadów niebezpiecznych jest znacznie większa od ilości określonej dla odpadów komunalnych w kraju. Również ilość odpadów wytwarzanych przez mieszkańca Jaworzna w ciągu roku jest większa od ilości odpadów, jakie wytwarza statystyczny Polak.

Literatura

1. Błaszczyk T., Górski J. (1993): *Zanieczyszczenie, zagrożenie i ochrona wód podziemnych w Polsce*. Poznań, Wydaw. Naukowe Uniwersytetu A. Mickiewicza.
2. Główny Urząd Statystyczny (2004): *Ochrona Środowiska*. Warszawa.
3. Kolano-Rybak Z. (2003): *Analiza składu morfologicznego odpadów komunalnych pochodzących z terenu miasta Jaworzna w dwuletnim cyklu badań*. Kraków, AGH.
4. Leboda R., Oleszczuk P. (2002): *Odpady komunalne i ich zagospodarowanie. Zagadnienia wybrane*. Lublin, Wydaw. UMCS.
5. Łabuz B., Pieczara L., Styczeń P. (2001): *Empiryczne określenie składu morfologicznego odpadów komunalnych pochodzących z terenu miasta Jaworzna*. Warszawa, SGGW.
6. Rosik-Dulewska C. (2000, 2002, 2005): *Podstawy gospodarki odpadami*. Warszawa, PWN.
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27.09.2001 roku w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112, poz. 1206).
8. Szymański K. (1996): *Badania składu fizyko-chemicznego odpadów komunalnych*. Kraków, Instytut Fizyki Jądrowej.
9. Uchwała nr 219 Rady Ministrów z 29.10.2002 roku w sprawie krajowego planu gospodarki odpadami (MP z dnia 28.02.2003 roku, Nr 11, poz. 159).
10. Ustawa o odpadach z dnia 27.04.2001 roku (Dz. U. Nr 62, poz. 628).

Recenzent: prof. dr hab. inż. Czesława Rosik-Dulewska

Witalij Skoropacki

ZAPEWNIENIE ISKROBEZPIECZEŃSTWA SYSTEMÓW ZDALNEGO ZASILANIA PRZEZ ZASTOSOWANIE UKŁADÓW OCHRONNYCH Z NIELINIOWĄ CHARAKTERYSTYKĄ WYJŚCIOWĄ

Streszczenie

Iskrobezpieczeństwo obwodu elektrycznego może być zapewnione następującymi sposobami:

- przez ograniczenie prądu i napięcia w punkcie komutacji awaryjnej, powstałym w dowolnym miejscu w obwodzie chronionym,
- przez ograniczenie szybkości zmiany napięcia w punkcie komutacji awaryjnej,
- za pomocą separacji energetycznej źródła zapłonu.

Najprostszym sposobem realizacji pierwszego sposobu jest zastosowanie szeregowego rezystora ograniczającego. Wadą tego sposobu jest brak stabilizacji napięcia na wejściu iskrobezpiecznego obwodu elektrycznego oraz niska wartość iskrobezpiecznej mocy odbieranej od źródła zasilania z ograniczającym rezystorem wyjściowym.

Separacja energetyczna źródła zapłonu (np. źródła zasilania) jest najbardziej efektywnym sposobem zapewnienia iskrobezpieczeństwa przy powstaniu komutacji awaryjnej w obwodzie elektrycznym. Sposób ten polega na ograniczeniu trwania wyładowania elektrycznego. Charakterystyka wyjściowa układu ochronnego jest przy tym nieliniowa. Równocześnie przy jednakowej mocy maksymalnej, którą źródło może oddać obciążeniu, trwanie wyładowania i wydzielona energia będą mniejsze niż przy stosowaniu układu ochronnego z charakterystyką liniową, tzn. z ograniczającym rezystorem wyjściowym.

Jednym ze sposobów realizacji nieliniowej charakterystyki wyjściowej układu ochronnego jest energetyczna separacja obwodu chronionego (odłączenie źródła zasilania).

Energetyczna separacja (odłączenie) źródła zasilania przy komutacji awaryjnej jest najmniej skomplikowanym i najbardziej efektywnym sposobem zapewnienia iskrobezpieczeństwa obwodów elektrycznych przez ograniczenie trwania rozładowania. Odłączenie źródła zasilania może być zrealizowane w następujący sposób:

- przez ciągłą kontrolę parametrów obwodu elektrycznego i odłączenie źródła zasilania w przypadku, kiedy te parametry przekroczą wartości dopuszczalne,
- przez kontrolę stanu pracy obwodu elektrycznego i odłączenie źródła zasilania, przy przekroczeniu dopuszczalnej wartości prądu lub napięcia,
- przez kontrolę szybkości zmian prądu i napięcia w obwodzie elektrycznym i odłączenie źródła zasilania przy przekroczeniu wartości pochodnej od prądu lub napięcia ustalonego prądu.

Odłączenie źródła zasilania najczęściej jest stosowane przy przekroczeniu wartości progowej prądu w obwodzie. Ta metoda umożliwia kilkukrotne zwiększenie mocy iskrobezpiecznej obciążenia w stosunku do źródła zasilania z liniową charakterystyką wyjściową. Realizacja techniczna takiego układu ochronnego polega na stosowaniu kluczy zwierających z wykorzystaniem tyrystorów.

W przypadku stosowania tyrystorów jako zwierników zacisków wyjściowych układu ochronnego, energia od źródła zasilania przepływająca przez układ ochronny do obciążenia w stanie przejściowym nie powinna przekraczać wartości ustalonych w normie PN-EN 50020, a mianowicie:

- 20 μ J dla podgrupy IIC,
- 80 μ J dla podgrupy IIB,
- 160 μ J dla podgrupy IIA,
- 260 μ J dla grupy I.

Badania zapalności obwodów elektrycznych z wymienionymi układami ochronnymi nie mogą być prowadzone z wykorzystaniem typowego iskiernika. Estymacji wartości energii można dokonać na podstawie: obliczeń analitycznych, symulacji komputerowej, np. z wykorzystaniem programu PSPICE, pomiarów oscyloskopowych. Metoda oscyloskopowa w tym przypadku jest najbardziej perspektywiczną alternatywą.

Stosowanie układu ochronnego z nieliniową charakterystyką dokonującego odłączenia źródła zasilania, przez zwarcia zacisków wyjściowych źródła zasilania, w chwili powstania komutacji awaryjnej, wymaga opracowania i realizacji technicznej algorytmów współpracy między tym układem a źródłem zasilania oraz odbiornikiem energii elektrycznej. Wymagana jest także realizacja „miękkiego” startu włączenia i odbioru energii elektrycznej.

Ensuring the intrinsic safety of remote power supply systems by means of application of protective circuits having non-linear output characteristics

Abstract

The intrinsic safety of electric circuits can be ensured by the following means:

- limitation of current or voltage at the emergency commutation point anywhere in the circuit being protected,
- limitation of voltage changes rate at the emergency commutation point,
- energetic separation of the ignition source.

The simplest way to implement the first method is the application of a limiting resistor in series, though this solution has its drawbacks, namely there is lack of voltage stabilization at the protective circuit input and the intrinsic safety power taken over from the power source with the limiting output resistor is low.

The energetic separation of the ignition source (for example the power source) is the most effective method to ensure intrinsic safety when an emergency commutation arises in the electric circuit. This method consists in limitation of electrical discharge duration time. Output characteristics of the protective circuit is non-linear in this case, and for the same amount of maximal power that can be transferred into the load by the power source, both the discharge duration time and the energy produced would be lower than in the protective circuits of linear characteristics, i.e. with a limiting output resistor.

One of the means of realization of non-linear output characteristics of protective circuit is the energetic separation of the circuit being protected (i.e. disconnection of the power source). The energetic separation (disconnection) of the power source during emergency commutation is the simplest and most effective way of securing intrinsic safety for electric circuits by reduction of discharge duration time. Disconnection of the power source can be realized in the following ways:

- constant monitoring of parameters of the electric circuit and interruption of power supply when the permissible values of these parameters are exceeded,
- monitoring of the state of the circuit and disconnection of power supply when the permissible values of voltage or current are exceeded,
- monitoring of rates of change of voltage and current in the circuit and disconnection of power supply when the derivative of voltage or current exceeds certain values.

Disconnection of power supply is frequently used when current in the circuit exceeds the threshold value. This method enables to achieve the values of intrinsic safety power of load several times higher in comparison with power supply systems having linear output characteristics. Technical realization of such protective circuits consist in application of short-circuiting keys with the use of thyristors.

If thyristors are used as the means of short-circuiting the output terminals, the energy from the power supply flowing through the protective circuit into the load at the transient state should not exceed the values lay down in the Polish Standard PN-EN 50020, namely:

- 20 μ J for sub-group IIC,
- 80 μ J for sub-group IIB,
- 160 μ J for sub-group IIA,
- 260 μ J for group I.

The ignition tests for electric circuits with the above listed protective circuits can not be carried out with the use of a typical spark test apparatus. Estimation of energy values can be carried out on the calculation basis, or by computer simulation, for example with the use of PSPICE program, or by oscilloscopic measurement. The last method seems to be the most promising one for the future measurement systems.

The application of a protective circuit having non-linear characteristics, that disconnects power supply by short-circuiting output terminals at the moment when emergency commutation arises, requires elaboration of algorithms of technical cooperation between the circuit, power supply system and electric power receivers.

WPROWADZENIE

Zdalne zasilanie aparatury elektronicznej zainstalowanej w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, na przykład w podziemiach kopalni, umożliwia w najbardziej racjonalny sposób, spełnianie wymagań zawartych w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego [1] i normie [2], zmniejszanie kosztów rozbudowy kopalnianej sieci telekomunikacyjnej i wydatków eksploatacyjnych.

Zasilacz centralny zainstalowany w strefie nienarażonej na zagrożenie wybuchowe, najczęściej na powierzchni kopalni, powinien ciągle dostarczać energię elektryczną do terminali peryferyjnych, zainstalowanych w przestrzeni wybuchowej, na przykład urządzeń telekomunikacyjnych, kontroli parametrów bezpieczeństwa itp. Energia ta jest przesyłana linią przesyłową, tzn. torem macierzystym kabla metalowego, która jest jednocześnie wykorzystywana do transmisji sygnałów informacyjnych. Zasilacz centralny, linia przesyłowa oraz odbiorniki energii elektrycznej w całości tworzą system zdalnego iskrobezpiecznego zasilania. Układy zapewnienia iskrobezpieczeństwa tego systemu eliminują możliwość zapalenia mieszaniny wybuchowej, przy powstaniu komutacji awaryjnej w dowolnym punkcie.

1. KLASYFIKACJA I OSOBLIWOŚCI STOSOWANIA UKŁADÓW OCHRONNYCH ELEKTRYCZNYCH OBWODÓW ISKROBEZPIECZNYCH

Iskrobezpieczeństwo obwodu elektrycznego może być zapewnione następującymi sposobami (Skoropacki 1999):

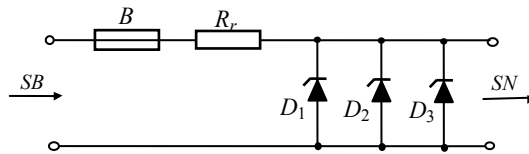
- przez ograniczenie prądu i napięcia w punkcie komutacji awaryjnej powstałym w dowolnym miejscu w obwodzie chronionym,
- przez ograniczenie szybkości zmiany napięcia w punkcie komutacji awaryjnej,
- za pomocą separacji energetycznej źródła zapłonu.

Zapewnienie iskrobezpieczeństwa obwodu elektrycznego przez ograniczenie wartości prądu i napięcia jest powszechnie stosowane już od dawna. Najprostszym sposobem technicznym ograniczenia mocy odbieranej ze źródła zasilania jest stosowanie szeregowego rezystora. Jednak, zapewnienie iskrobezpieczeństwa przez zmniejszenie napięcia i prądu ogranicza wartość mocy obciążenia, od kilku watów dla obwodów bezreakcyjnych do ułamka wata dla obwodów reaktcyjnych.

Zapewnienie iskrobezpieczeństwa przez ograniczenie szybkości zmiany napięcia jest stosowane przy kompensacji oddziaływania na proces zapalenia konkretnego elementu reaktancyjnego w obwodzie elektrycznym. Na przykład, przy rozwarciu obwodu indukcyjnego stosuje się bocznik pojemnościowy w celu ograniczenia natężenia pola elektrycznego między elektrodami (tzn. w kanale wyładowania elektrycznego).

Najprostszym sposobem realizacji układu ochronnego z liniową charakterystyką wyjściową jest stosowanie szeregowego rezystora ograniczającego. Rezystor ograniczający R_r dobiera się według wzoru $R_r = 5 \cdot U_\infty / I_z$ (U_∞ – napięcie wyjściowe nieobciążonego źródła zasilania, I_z – wartość prądu zapalającego).

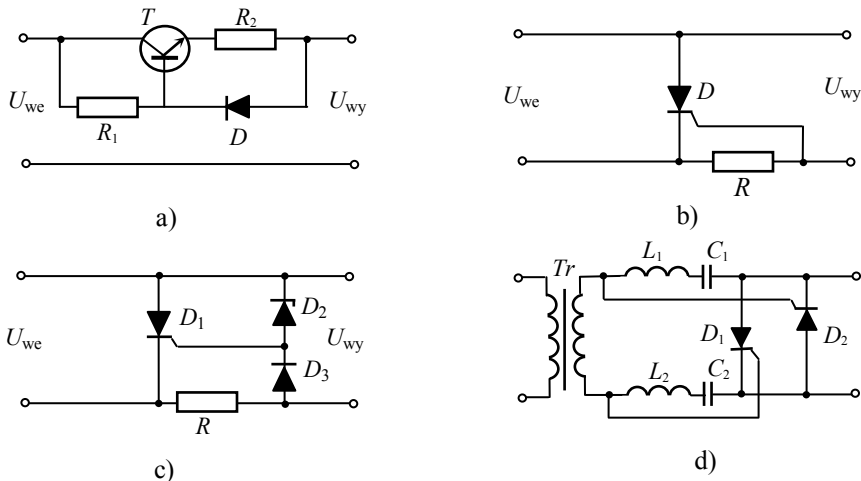
Praktyczny schemat ideowy układu ochronnego z nieliniową charakterystyką wyjściową, tzw. bariera Zenera, przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Układ ochronny z liniową charakterystyką wyjściową: B – bezpiecznik, D_1 – D_3 – diody Zenera, R_r – rezystor ograniczający, SB – strefa bezpieczna, SN – strefa niebezpieczna

Fig. 1. Protective circuit with linear output characteristics: B – cut-out, D_1 – D_3 – Zener diodes, R_r – limiting resistor, SB – safe zone, SN – hazard zone

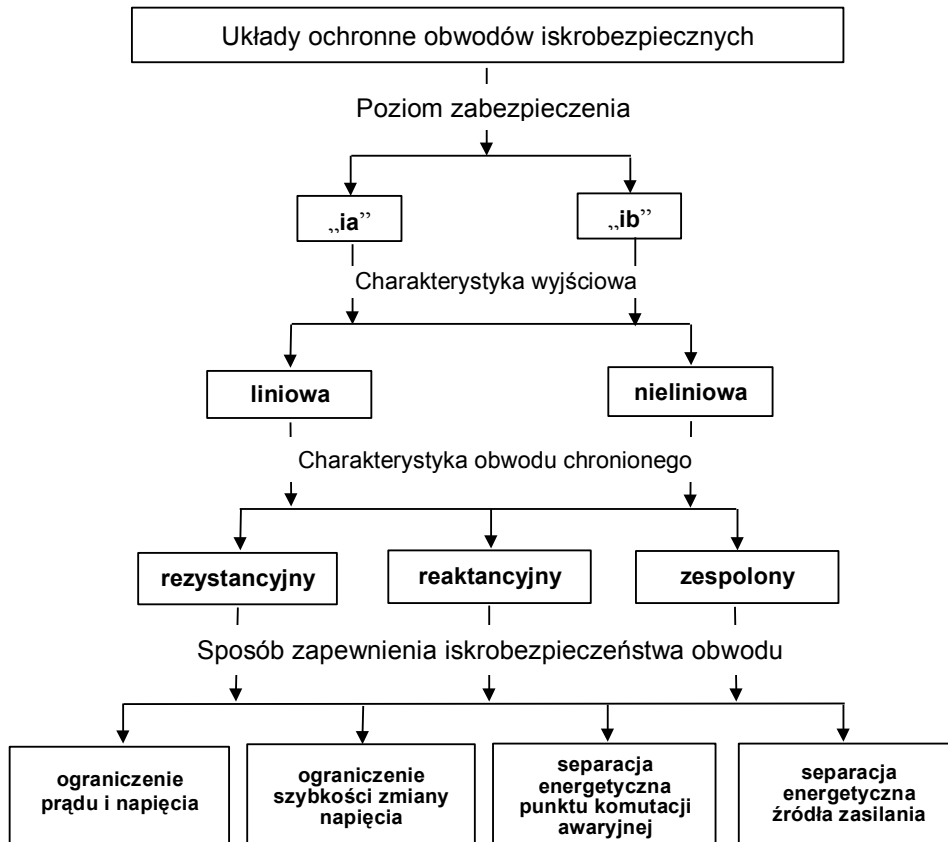
Przykładowe układy kształtowania charakterystyk nieliniowych źródeł zasilania, których zasada działania polega na kontroli prądu pobieranego od źródła zasilania przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schematy układów kształtowania charakterystyk nieliniowych układów ochronnych iskrobezpiecznych obwodów elektrycznych

Fig. 2. Schematics of characteristics formation for non-linear protective circuits of intrinsic safe electric circuits

Na rysunku 3 przedstawiono klasyfikację układów ochronnych elektrycznych obwodów iskrobezpiecznych.



Rys. 3. Klasyfikacja układów ochronnych obwodów iskrobezpiecznych

Fig. 3. Classification of protective circuits for intrinsic safe electric circuits

Separacja energetyczna źródła zapłonu (np. źródła zasilania) jest najbardziej efektywnym sposobem zapewnienia iskrobezpieczeństwa przy powstaniu komutacji awaryjnej w obwodzie elektrycznym. Sposób ten polega na ograniczeniu trwania wyładowania elektrycznego (Skoropacki 1999). Charakterystyka wyjściowa układu ochronnego jest przy tym nieliniowa.

Wadą zapewnienia iskrobezpieczeństwa za pomocą rezystora ograniczającego jest brak stabilizacji napięcia na wejściu iskrobezpiecznego obwodu elektrycznego. Wartość iskrobezpiecznej mocy odbieranej od źródła zasilania z ograniczającym rezystorem wyjściowym jest równa $P_i = 1,66 \cdot U_\infty \cdot I_z$. Z kolei, przy organizacji zdalnego iskrobezpiecznego zasilania terminali telekomunikacyjnych, automatyki lub czujników systemów kontroli parametrów bezpieczeństwa z wykorzystaniem obwodu elektrycznego o parametrach rozłożonych (linii długich) wymagane jest (PN-EN 50020. Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wykonanie iskrobezpieczne „i”),

aby maksymalny stosunek ζ indukcyjności obciążenia L_o do rezystancji obciążenia R_o , jakie mogą być przyłączone do źródła zasilania z liniową charakterystyką wyjściową, tzn. z rezystorem ograniczającym, nie przekraczał

$$\zeta = \frac{L_o}{R_o} \leq \frac{8e R_w + \sqrt{64 \cdot e^2 R_w^2 - 2 \cdot U_\infty^2 L_w}}{4,5 \cdot U_\infty^2}, \mu\text{H}/\Omega \quad (1)$$

gdzie:

- e – minimalna energia zapłonu dla konkretnej grupy urządzeń (grupa I – 525 μJ , grupa IIA – 320 μJ , grupa IIB – 160 μJ , grupa IIC – 40 μJ),
- U_∞ – napięcie wyjściowe nieobciążonego źródła zasilania,
- R_w – rezystancja wewnętrzna źródła zasilania.

We wzorze (1) uwzględniono współczynnik bezpieczeństwa 1,5 dotyczący prądu, który nie powinien być stosowany, gdy pojemność wewnętrzna źródła zasilania, odniesiona do zacisków wyjściowych tego źródła, przekracza 1% pojemności obciążenia. Zależność rezystancji R_w od parametrów obwodu zasilania określa się jako

$$R_w \geq \frac{9U_\infty^2 + 2eL_w}{32\zeta e} \quad (2)$$

Stosunek indukcyjności do rezystancji dla symetrycznych torów naturalnych kabli miedzianych w zależności od średnicy roboczych żył w postaci uproszczonej wyraża się za pomocą wzoru

$$\zeta(d) = \frac{0,4 \ln \left[\frac{2\Delta + d}{d} \right]}{\frac{2550xp}{d^2}} \mu\text{H}/\Omega \quad (3)$$

gdzie:

- x – współczynnik wydłużenia żył roboczych toru symetrycznego wskutek skręcania (zwykle x mieści się w zakresie od 1,01 do 1,07);
- ρ – opór właściwy materiału żył roboczych (dla miedzi $\rho = 0,0175 \Omega \cdot \text{mm}/\text{m}^2$ w temperaturze otoczenia 20°C);
- d – średnica żył roboczych, mm;
- Δ – grubość izolacji żył roboczych, mm.

W tablicy 1 przedstawiono wyniki obliczeń zależności $\zeta(d)$ i minimalnej wartości R_w dla miedzianego toru symetrycznego o grubości izolacji żył roboczych $\Delta = 0,5 \text{ mm}$, ze współczynnikiem wydłużenia $x = 1,02$.

Przy zdalnym zasilaniu odbiorników energii elektrycznej, umieszczonych w strefie zagrożonej wybuchem, znaczna część energii elektrycznej jest tracona na rezystancji aktywnej żył roboczych toru przewodowego. Zmniejszenie tych strat jest możliwe przez zastosowanie toru przewodowego z żyłami roboczymi o większym przekroju. Powoduje to jednak zwiększenie strat na rezystorze ograniczającym, włączanym na wyjściu źródła zasilania w celu zapewnienia iskrobezpieczeństwa jego obwodu wyjściowego.

Tablica 1. Zależność maksymalnej wartości stosunku L_0/R_0 i minimalnej wartości R_{ogr} od średnicy żył roboczych toru symetrycznego

$\Delta = 0,5; x = 1,01$				$d, \text{ mm}$							
				0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\zeta, \mu\text{H}/\Omega$				5,82	9,98	11,96	16,5	20,84	26,04	31,74	37,93
R_{ogr}, Ω	12 V	gr.	I	0,4 0,40	0,64	0,92	1,25	1,61	2,01	2,45	2,93
			IIA	0,66	1,05	1,51	2,04	2,64	3,30	4,02	4,08
			IIB	1,32	2,10	3,03	4,09	5,28	6,59	8,03	9,60
			IIC	5,27	8,14	2,11	16,35	21,10	26,37	32,14	38,40
	24 V	gr.	I	1,60	2,56	3,69	4,98	6,43	8,04	9,79	11,70
			IIA	2,63	4,21	6,06	8,17	10,55	13,18	16,07	19,20
			IIB	5,27	8,41	12,11	16,35	21,10	26,37	32,13	38,40
			IIC	21,06	33,65	48,46	65,40	84,42	105,47	128,54	153,61
	36 V	gr.	I	3,61	5,77	8,31	11,21	14,47	18,08	22,03	26,33
			IIA	5,92	9,46	13,63	18,39	23,74	29,66	36,152	43,20
			IIB	11,85	18,93	27,26	36,79	47,48	59,33	72,30	86,40
			IIC	47,40	75,71	109,03	147,15	189,93	237,31	289,21	345,61
	48 V	gr.	I	6,42	10,25	14,77	19,93	25,73	32,14	39,17	46,81
			IIA	10,53	16,82	24,23	32,70	42,21	52,73	64,27	76,80
			IIB	21,06	33,65	48,46	65,40	84,41	105,47	128,54	153,61
			IIC	84,26	134,59	193,83	261,59	337,66	424,88	514,16	614,16
	60 V	gr.	I	10,31	16,02	27,07	31,14	40,20	50,22	61,21	73,15
			IIA	16,46	26,29	37,86	51,09	65,95	82,40	100,42	120,01
			IIB	32,91	52,57	75,71	102,19	131,90	164,80	200,84	240,01
			IIC	131,65	210,30	302,86	408,74	527,59	659,19	803,37	960,04

Objaśnienie: Δ – grubość żył, x – współczynnik wydłużenia żył, d – średnica żył.

Przy przesyłaniu energii elektrycznej na odległość, z wykorzystaniem toru przewodowego, bilans mocy obwodu zdalnego zasilania można zapisać w postaci

$$P_{zz} = P_{uz} + P_{tor} + P_{ogr} \quad (4)$$

gdzie:

U_{∞} – moc elektryczna pobierana od źródła zasilania,

P_{uz} – moc użyteczna pobierana przez odbiornik energii elektrycznej,

P_{tor} – moc tracona na rezystancji żył roboczych toru przewodowego,

P_{ogr} – moc tracona na rezystorze ograniczającym i rezystancji wewnętrznej źródła zasilania.

Można zapisać

$$P_{uz} = I_t^2 R_{odb}, \quad P_{tor} = I_t^2 R_f l, \quad P_w = I_t^2 R_w$$

gdzie:

I_t – natężenie prądu w torze przewodowym,

R_{odb} , R_j i R_w – odpowiednio wartość rezystancji odbiornika energii elektrycznej, wartość rezystancji jednostkowej toru przewodowego, rezystancji wewnętrznej źródła zasilania i rezystora ograniczającego,
 l – długość toru przewodowego.

W celu uproszczenia analizy rezystor ograniczający odnieśmy do rezystancji wewnętrznej źródła zasilania, tzn. $R_{ogr} = R_w$. Natężenie prądu w torze można określić jako $I_t = I_\infty \sqrt{\frac{R_{odb}}{R_j l + R_{ogr}}}$. Dla zapewnienia optymalnych warunków odbioru energii elektrycznej celowa jest praca w stanie dopasowania rezystancji wyjściowych, tj. $R_{odb} = R_j l + R_{ogr}$.

Z uwzględnieniem powyższego można zapisać:

$$I_t = I_\infty \sqrt{2 \frac{R_{odb}}{R_j l + R_{ogr}}}$$

a

$$P_{uz} = I_\infty^2 \frac{4 R_{odb}}{R_j l + R_{ogr}}$$

$$P_{tor} = I_\infty^2 R_j l / 4 \left(\frac{R_{odb}}{R_j l + R_{ogr}} \right)^2$$

$$P_{ogr} = I_\infty^2 R_{ogr} / 4 \left(\frac{R_{odb}}{R_j l + R_{ogr}} \right)^2$$

Równocześnie, współczynnik sprawności przesyłania energii elektrycznej η zawsze wynosi

$$\eta = \frac{P_{uz}}{P_{zz}} 100\% = \frac{U_\infty^2}{4(R_j l + R_{ogr})} : \frac{U_\infty^2}{2(R_j l + R_{ogr})} 100\% = 50\% \quad (5)$$

tzn. nie zależny od wartości napięcia na wyjściu źródła zasilania U_∞ , długości toru przewodowego l oraz średnicy żył roboczych d . Wynika to z faktu, że uzyskując zmniejszenie strat na rezystancji żył roboczych toru przewodowego, w wyniku zwiększenia średnicy żył roboczych, jednocześnie zwiększają się straty na rezystorze ograniczającym, który powinien być włączony na wyjściu źródła zasilania w celu zapewnienia wymaganego stosunku ζ . Zależność mocy traconej na rezystorze ograniczającym od średnicy żył roboczych toru przewodowego wyraża się wzorem

$$P_{ogr}(d) = \frac{U_\infty^2 R_{ogr}(d)}{4 \left(R_j(d) l + R_{ogr}(d) \right)^2} \quad (6)$$

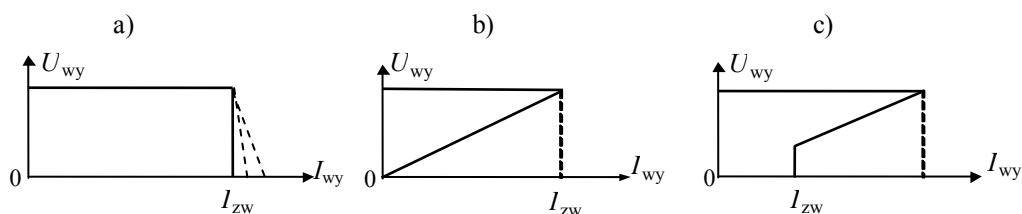
Wyniki obliczeń mocy traconej na rezystorze ograniczającym w zależności od średnicy żył miedzianego toru symetrycznego dla grubości izolacji żył roboczych $\Delta = 0,5$ mm, ze współczynnikiem wydłużenia $x = 1,02$ i dla $L_w = 0$ przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Wyniki obliczeń mocy traconej na rezystorze ograniczającym w zależności od średnicy żył miedzianego toru symetrycznego ($l = 1 \text{ km}$)

$\Delta = 0,5; x = 1,01$				$d, \text{ mm}$							
				0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$P_{\text{ogr}}, \text{ W}$	12 V	gr.	I	0,001 0,40	0,004	0,016	0,042	0,096	0,188	0,328	0,521
			IIA	0,002 0,40	0,007	0,025	0,066	0,144	0,271	0,448	0,666
			IIB	0,003 0,40	0,014	0,047	0,117	0,237	0,403	0,596	0,787
			IIC	0,011 0,40	0,049	0,133	0,258	0,387	0,485	0,539	0,552
	24 V	gr.	I	0,014 0,40	0,069	0,223	0,544	1,065	1,750	2,491	3,164
			IIA	0,023 0,40	0,109	0,333	0,753	1,342	1,987	2,545	2,944
			IIB	0,045 0,40	0,195	0,531	1,030	1,549	1,942	2,154	2,209
			IIC	0,141 0,40	0,445	0,790	0,995	1,038	0,987	0,897	0,800
	36 V	gr.	I	0,070 0,40	0,321	0,942	2,0	3,316	4,557	5,463	5,957
			IIA	0,112 0,40	0,479	1,276	2,397	3,488	4,251	4,611	4,649
			IIB	0,204 0,40	0,765	1,676	2,545	3,059	3,201	3,103	2,887
			IIC	0,513 0,40	1,138	1,468	1,474	1,335	1,163	1,002	0,864
	48 V	gr.	I	0,213 0,40	0,905	2,365	4,343	6,181	7,391	7,898	7,874
			IIA	0,329 0,40	1,268	2,887	4,555	5,650	6,054	5,965	5,612
			IIB	0,566 0,40	1,779	3,160	3,978	4,153	3,947	3,588	3,198
			IIC	1,098 0,40	1,822	1,927	1,727	1,469	1,236	1,043	0,888
	60 V	gr.	I	0,493 0,40	1,923	4,444	7,122	8,953	9,690	9,615	9,091
			IIA	0,737 0,40	2,517	4,912	6,696	7,400	7,302	6,802	6,162
			IIB	1,180 0,40	3,103	4,617	5,088	4,870	4,384	3,852	3,361
			IIC	1,779 0,40	2,368	2,215	1,807	1,539	1,272	1,063	0,899

Objaśnienie: Δ – grubość żył, x – współczynnik wydłużenia żył, d – średnica żył.

Bardziej racjonalne do ograniczania prądu i napięcia jest wykorzystanie układu ochronnego z nieliniową charakterystyką wyjściową. Dla źródła zasilania z nieliniową charakterystyką napięcie biegu jałowego i prąd zwarcia, w chwili zadziałania układu ochronnego, są równe napięciu i prądowi obciążenia. Uzasadniono (Skoropacki 1999), że przy jednakowej mocy maksymalnej, którą źródło może oddać obciążeniu, trwanie wyładowania i wydzielona energia będą mniejsze niż przy stosowaniu układu ochronnego z charakterystyką liniową. Typowe nieliniowe charakterystyki wyjściowe układów ochronnych przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Typowe nieliniowe charakterystyki wyjściowe układów ochronnych

Fig. 4. Typical non-linear output characteristics of protective circuits

Jednym ze sposobów realizacji nieliniowej charakterystyki wyjściowej układu ochronnego jest energetyczna separacja obwodu chronionego (odłączenie źródła zasilania).

Odłączenie źródła zasilania przy komutacji awaryjnej jest najmniej skomplikowanym i najbardziej efektywnym sposobem zapewnienia iskrobezpieczeństwa obwodów elektrycznych przez ograniczenie trwania rozładowania. Odłączenie źródła zasilania może być zrealizowane w następujący sposób:

- przez ciągłą kontrolę parametrów obwodu elektrycznego i odłączenie źródła zasilania w przypadku, kiedy te parametry przekroczą wartości dopuszczalne,
- przez kontrolę stanu pracy obwodu elektrycznego i odłączenie źródła zasilania przy przekroczeniu dopuszczalnej wartości prądu lub napięcia,
- przez kontrolę szybkości zmian prądu i napięcia w obwodzie elektrycznym i odłączenie źródła zasilania przy przekroczeniu wartości pochodnej od prądu lub napięcia ustalonego prądu.

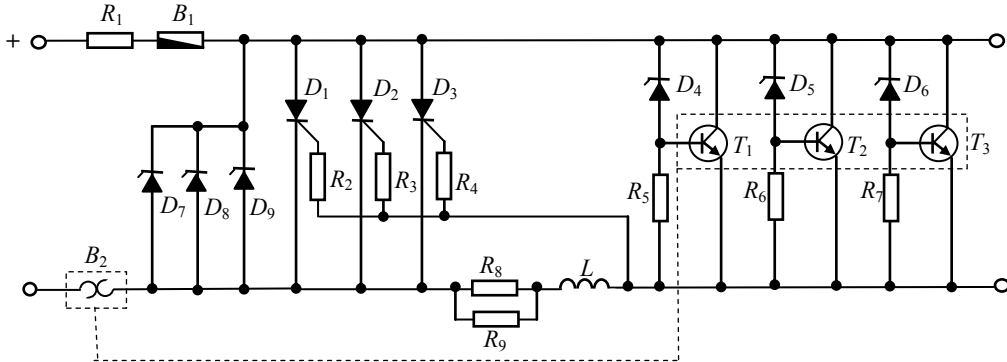
Obecnie źródło zasilania odłącza się najczęściej przy przekroczeniu wartości progowej prądu w obwodzie. Ta metoda umożliwia kilkukrotne zwiększenie mocy iskrobezpiecznej obciążenia w stosunku do źródła zasilania z liniową charakterystyką wyjściową. Przykładem realizacji technicznej układu ochronnego z nieliniową charakterystyką wyjściową jest układ ochronny z wykorzystaniem tyrystorów (rys. 5). W takim przypadku rezystorem pomiarowym jest równoległe połączenie rezystorów R_8 , R_9 , a funkcję rezystora zabezpieczającego wykonuje rezystor R_1 , przeznaczony do ograniczenia prądu przez jeden z tyrystorów Tr_1 – Tr_3 do chwili przepalenia się bezpiecznika topikowego B_1 .

Wartość rezystora pomiarowego wynika z warunku zapewnienia zadziałania jednego z tyrystorów Tr_1 – Tr_3 w chwili przekroczenia prądu w torze przesyłowym wartości ustalonej.

W warunkach rzeczywistych w przypadku większości tyrystorów wartość napięcia bramka-katoda (napięcie wyzwajające U_{wyz}) mieści się w zakresie od 0,6 do 2,5 V. Dla układów ochronnych celowe jest dobieranie tyrystorów mających niskie napięcie wyzwajające. Wartość rezystora pomiarowego określa się ze stosunku $R_p = U_{wyz} / I_t$.

W odróżnieniu od układów ochronnych z liniową charakterystyką wyjściową, wartość rezystora pomiarowego maleje ze wzrostem prądu w torze przesyłowym. Z kolei wartość wymuszona prądu w torze pomiarowym zależy od wartości U_∞ , R_j

i 1. Wartość rezystora zabezpieczającego natomiast zależy od typu zastosowanego potrójnego tyrystora oraz od szybkości przepalenia się bezpiecznika B_1 . Zwykle w większości praktycznych zastosowań układów ochronnych o nieliniowej charakterystyce wyjściowej, opartych na zastosowaniu tyrystorów, wartość rezystora zabezpieczającego mieści się w zakresie od 0,5 do 1 Ω .



Rys. 5. Schemat ideowy tyrystorowego układu ochronnego z nieliniową charakterystyką wyjściową

Fig. 5. Schematic of thyristor protective circuit of non-linear output characteristics

2. WYMAGANIA I BADANIA SZYBKOŚCI DZIAŁANIA UKŁADÓW OCHRONNYCH O NIELINIOWEJ CHARAKTERYSTYCE WYJŚCIOWEJ

Wymagania w stosunku do szybkości działania dotyczą układów ochronnych z nieliniową charakterystyką wyjściową. Można je określić na podstawie następujących rozważań.

Bilans energii traconej przy wyładowaniu elektrycznym można w przypadku ogólnym wyrazić za pomocą wzoru (Skoropacki 1999)

$$W_{\min} = V_B + V_K + V_T \quad (7)$$

gdzie:

- $W_{\min}$ – minimalna energia zapalenia mieszaniny wybuchowej,
- W_B – bezwzględna wartość energii zapalenia, która powinna być dostarczona z obwodu elektrycznego do punktu wyładowania,
- W_K – energia tracona na nagrzewanie kontaktów,
- W_T – energia zużyta na inne straty cieplne.

Zapalenie mieszaniny wybuchowej podczas komutacji obwodu elektrycznego następuje przy spełnieniu następujących warunków:

- źródło energii (obwód elektryczny, źródło zasilania) powinno mieć zapas energii elektrycznej o wartości większej od wartości energii zapalenia mieszaniny wybuchowej,

- źródło energii elektrycznej powinno również mieć określoną moc w celu zapewnienia niezbędnej szybkości przetwarzania energii elektrycznej w energię cieplną,
- moc przetwornika energii elektrycznej w energię cieplną powinna być dostateczna dla spełnienia nierówności

$$W_C > m_o T_o \quad (8)$$

gdzie:

W_C – energia źródła ciepła,

c – pojemność mieszaniny wybuchowej,

T_o – temperatura zapłonu mieszaniny wybuchowej,

m_o – objętość jednostkowa mieszaniny wybuchowej.

Do zapalenia mieszaniny wymagane jest, aby $W_C \geq V_B$. Zatem moc przetwornika energii elektrycznej (punkt wyładowania) P_C powinna być dostateczna dla spełnienia nierówności

$$\int_0^{\tau_w} P_C(t) dt > V_B \quad (9)$$

gdzie τ_w jest czasem trwania wyładowania elektrycznego, dla którego temperatura objętości *jednostkowej* mieszaniny wybuchowej zdąży osiągnąć wartości T_o .

Tak więc, w przedziale czasu od $t = 0$ do $t = \tau_w$ wartość całki (9) może być większą od wartości W_B , natomiast w przedziale czasu od $t = 0$ do $t = \tau_w$ wartość całki (9) powinna być mniejsza od wartości W_B .

Górna granica całkowania τ_w określa maksymalny czas trwania wyładowania elektrycznego, dla którego temperatura objętości jednostkowej nie zdąży osiągnąć wartości temperatury zapłonu mieszaniny wybuchowej T_o .

Z powyższych rozważań wynika, że nie istnieje możliwość jednoznacznego określenia szybkości działania układu zabezpieczającego bez uwzględnienia mocy odbieranej od źródła zasilania, charakterystyk obwodu przenoszenia energii do obciążenia itd.

Biorąc pod uwagę najbardziej niekorzystne, pod względem możliwości zapalenia mieszaniny wybuchowej, założenie, że rezystancja kanału wyładowania jest równa rezystancji wewnętrznej źródła zasilania, tj. $R_o = R_w$. Wtedy można zapisać

$$U_\infty^2 \tau_w / 4R_w < V_B \quad (10)$$

gdzie U_∞ jest wartością napięcia na wyjściu nieobciążonego źródła zasilania.

Energia tracona na obciążeniu jest równa

$$W_o = \tau_{\max} t = J_\infty^2 / 4R_w \quad (11)$$

W celu uniemożliwienia zapalenia mieszaniny powinna być spełniona nierówność $W_o < V_{\min}$, przy czym układ zabezpieczający musi gwarantować odcięcie dopływu prądu od chwili powstania komutacji w czasie mniejszym od τ_g , równym

$$\tau_g = W_{\min} R_w / U_{\infty}^2 \quad (12)$$

Praktycznie wartość τ_g powinna być mniejsza od 10 μs dla układu zabezpieczającego obwód elektryczny, pracujący w atmosferze metanowej i mniejsza od 1 μs dla zabezpieczenia obwodu pracującego w atmosferze wodoru.

Według normy PN-EN 50020 [2], w przypadku urządzeń kategorii „i_a”, zastosowanie sterowanych elementów półprzewodnikowych jako równoległych ograniczników napięcia, jest dozwolone przy wyeliminowanym oddziaływaniu stanów przejściowych w zasilającej sieci energetycznej na wejściowe i wyjściowe obwody iskrobezpieczne. W przypadku stosowania tyrystorów jako zwierników zacisków wyjściowych układu ochronnego, energia od źródła zasilania przepływająca przez układ ochronny do obciążenia w stanie przejściowym nie powinna przekraczać wartości ustalonych w normie (PN-EN 50020. Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wykonanie iskrobezpieczne „i”), a mianowicie:

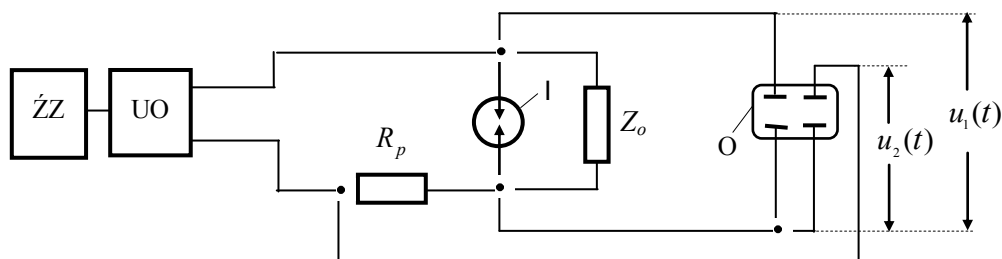
- 20 μJ dla podgrupy IIC,
- 80 μJ dla podgrupy IIB,
- 160 μJ dla podgrupy IIA,
- 260 μJ dla grupy I.

Estymacji wymienionych wartości można dokonać na podstawie: obliczeń analitycznych, symulacji komputerowej, na przykład z wykorzystaniem programu PSPICE, pomiarów oscyloskopowych. W wymienionej normie znajduje się również zalecenie, aby energia wydzielona na wyjściu zwiernika była wyznaczana na podstawie pomiarów oscyloskopowych.

Metodyka pomiarów energii elektrycznej przepływającej przez układ ochronny do obciążenia w stanie przejściowym układu ochronnego polega na wykorzystaniu dwukanałowego cyfrowego oscyloskopu, przy czym jeden z kanałów jest wykorzystywany do rejestracji chwilowych wartości napięcia w punkcie komutacji awaryjnej (na iskierniku), a drugi – do rejestracji chwilowych wartości prądu płynącego przez ten punkt (rys. 6). Metodyka ta pozwala na wyznaczanie wartości energii elektrycznej w punkcie przepływającej, przez układ ochronny od chwili powstania komutacji awaryjnej, jak również w kanale wyładowania iskrowego (w punkcie komutacji awaryjnej). Energia elektryczna W_1 , wydzielona w punkcie komutacji awaryjnej jest równa

$$W_1 = \int_0^{\tau} i_1(t) \frac{u_2(t)}{R_p} dt \quad (13)$$

gdzie R_p jest wartością rezystora pomiarowego (pożądana jest możliwie najmniejsza wynikająca z maksymalnej czułości oscyloskopu).



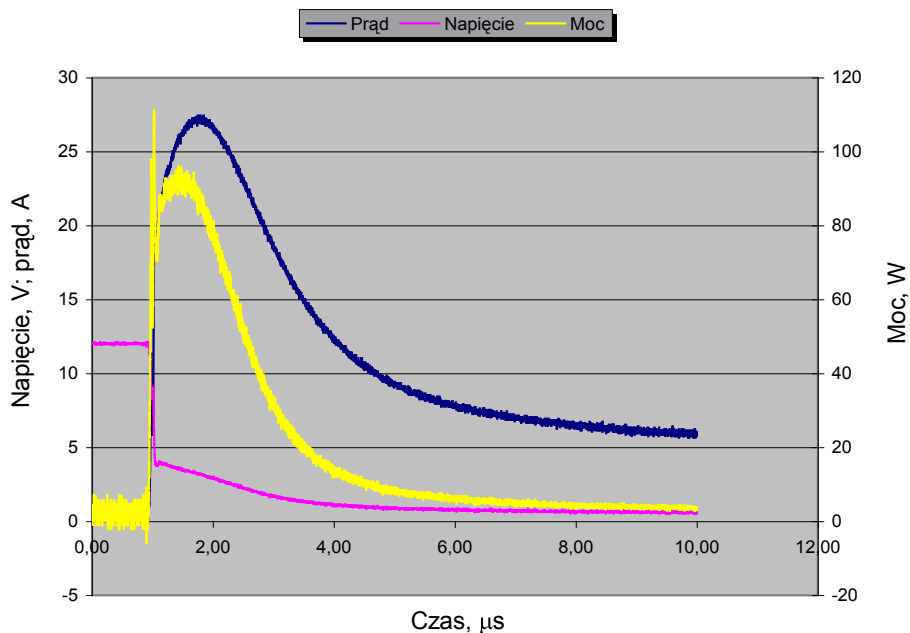
Rys. 6. Schemat pomiaru energii elektrycznej przepływającej przez układ ochronny w stanie przejściowym: ŻŻ – źródło zasilania, UO – układ ochronny, I – iskiernik, O – oscyloskop, Z_o – impedancja obciążenia, R_p – rezystor pomiarowy

Fig. 6. Diagram for measurement of electric energy flowing through protective circuit at transient state: ŻŻ – power supply, UO – protective circuit, I – spark test apparatus, O – oscilloscope, Z_o – impedance of load, R_p – measuring resistor

Na rysunku 7 przykładowo przedstawiono oscylogramy przebiegów czasowych chwilowych wartości prądów, napięć i mocy elektrycznej na iskierniku przy zwarcu zacisków wejściowych układu ochronnego i podłączonej pojemności do zacisków wyjściowych źródła zasilania równej 22 μF . Badania przeprowadzono z wykorzystaniem cyfrowego oscyloskopu Tektronix TDS-3038B.

Wykorzystując podobną metodę można również wyznaczyć energię wydzielaną w kanale wyładowania iskrowego, powstałym w dowolnym miejscu obwodu elektrycznego.

Należy również podkreślić, że wprowadzając w algorytm zadziałania układu ochronnego o nieliniowej charakterystyce wyjściowej wartość pochodnej od zmian prądu w torze przewodowym można osiągnąć wyprzedzającą separację źródła zasilania przy powstaniu awaryjnej komutacji typu „rozwarcie”. Najprostsza realizacja techniczna tej metody polega na wykorzystaniu indukcji (rys. 3).



Rys. 7. Przebieg czasowy napięcia, prądu i mocy chwilowej dla rezystancji $0,1 \Omega$, kondensatora wyjściowego $22 \mu\text{F}$ i nominalnego prądu obciążenia 2 A

Fig. 7. Graphs of voltage, current and instantaneous electric power against time for resistance of $0,1 \Omega$, output capacitor of $22 \mu\text{F}$ and nominal load current of 2 A

PODSUMOWANIE

Stosowanie na wyjściu źródła zasilania szybko działających układów ochronnych z nieliniową charakterystyką wyjściową pozwala na wyeliminowanie wpływu tego źródła na kształtowanie jądra zapalenia mieszanki wybuchowej w punkcie komutacji awaryjnej. Bardziej korzystny pod względem minimalizacji energii wydzielonej w tym punkcie oraz prostoty realizacji technicznej okazuje się układ zapewniający izolację energetyczną źródła zasilania drogą zwarcia jego zacisków wyjściowych.

Perspektywnym kierunkiem w rozwoju sposobów i układów zapewnienia iskrobezpieczeństwa jest kontrola stanu obwodu zewnętrznego źródła zasilania przez pomiar chwilowej pochodnej zmian wartości prądu. Pozwala to na realizację układu ochronnego czułego na dodatnie i ujemne zmiany wartości prądu, a więc na awaryjne zwarcie i rozwarcie obwodu iskrobezpiecznego. Sposób ten jest szczególnie korzystny przy organizacji zdalnego zasilania z wykorzystaniem torów metalowych kabli telekomunikacyjnych.

Stosowanie układu ochronnego z nieliniową charakterystyką dokonującą zwarcia zacisków wyjściowych źródła zasilania, w chwili powstania komutacji awaryjnej, wymaga opracowania i realizacji technicznej algorytmów współpracy między tym układem a źródłem zasilania oraz odbiornikiem energii elektrycznej. Wymagana jest

także realizacja „miękkiego” startu włączenia i odbioru energii elektrycznej. Badania zapalności obwodów elektrycznych z wymienionymi układami ochronnymi nie mogą być wykonywane z wykorzystaniem typowego iskiernika. Metoda oscyloskopowa w takim przypadku jest najbardziej perspektywiczną alternatywą.

Literatura

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich, dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, 94/9/WE ATEX 100A.
2. PN-EN 50020: Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wykonanie iskrobezpieczne „i”.
3. Skoropacki W. (1999): *Problemy zwielokrotnienia torów naturalnych kopalnianej sieci telekomunikacyjnej*. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa nr 837. Katowice, GIG.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Henryk Passia