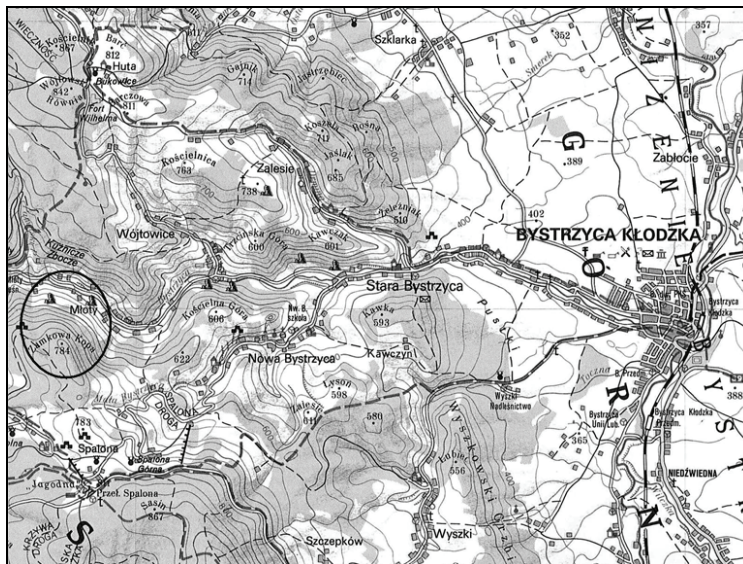


*Edward Kowalski\*, Marek Rotkegel\*, Stanisław Staługa\**

## UWARUNKOWANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE WZNOWIENIA BUDOWY ELEKTROWNI SZCZYTOWO-POMPOWEJ „MŁOTY” KOŁO BYSTRZYCY KŁODZKIEJ

### 1. Wprowadzenie

Elektrownia Szczytowo-Pompowa „MŁOTY” jest zlokalizowana w Górach Bystrzyckich, okalających od zachodu Kotlinę Kłodzką, w rejonie osiedli Młoty i Spalona w dolinie rzeki Bystrzycy w byłym województwie wałbrzyskim (obecnie dolnośląskie). Lokalizację elektrowni przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Lokalizacja Elektrowni Szczytowo-Pompowej „MŁOTY”

\* Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Przedsiębiorstwo Robót Górniczych w Wałbrzychu rozpoczęło na początku lat 70. ubiegłego wieku prace górnicze, które przerwano w 1981 roku.

Miało ono wykonać trzy obiekty podziemne elektrowni:

- 1) derywację ciśnieniową,
- 2) derywację odprowadzającą (nie wykonano, ze względu na wstrzymanie robót),
- 3) sztolnię obiegową.

Wykonawcą robót szybowych miało być Przedsiębiorstwo Budowy Szybów w Bytomiu, jednak ze względu na wstrzymanie budowy elektrowni „Młoty” nie rozpoczęto głębienia szybów.

Teren zalewowy zbiornika dolnego stanowi dolina rzeki Bystrzycy Łomnickiej. Głęboko wcięta dolina ograniczona jest od południowego zachodu stromym stokiem (do 30°) wzniesienia Kopa Zamkowa (784 m n.p.m.). Od północy i północnego wschodu stok ograniczający dolinę, będący zboczem Równi Wójtowskiej, jest nachylony łagodniej. Różnica poziomów między spłaszczonym szczytem wzniesienia Kopa Zamkowa a zwierciadłem rzeki Bystrzycy wynosi około 294 m.

Przepływy charakterystyczne rzeki Bystrzycy Łomnickiej wynoszą:

- przepływ maksymalny: 25,8 m<sup>3</sup>/s,
- przepływ minimalny: 0,02 m<sup>3</sup>/s,
- średnio: 0,66 m<sup>3</sup>/s.

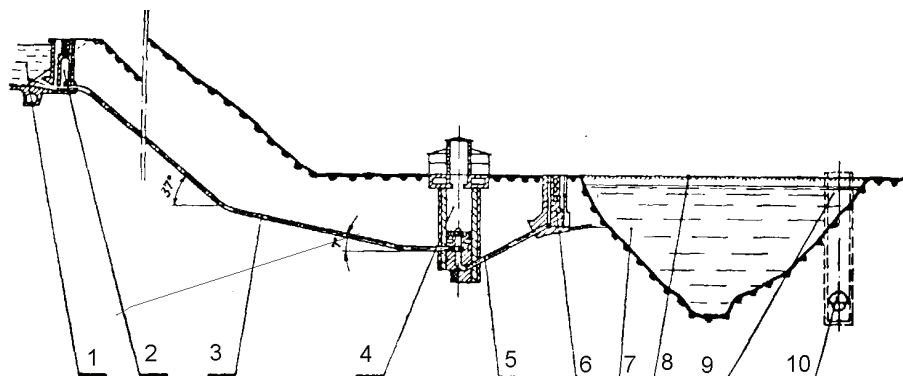
Powierzchnia zlewni ograniczonej zaporą — około 40 km<sup>2</sup>.

W rejonie hydroelektrowni można wyróżnić trzy wiekowo różne grupy skał:

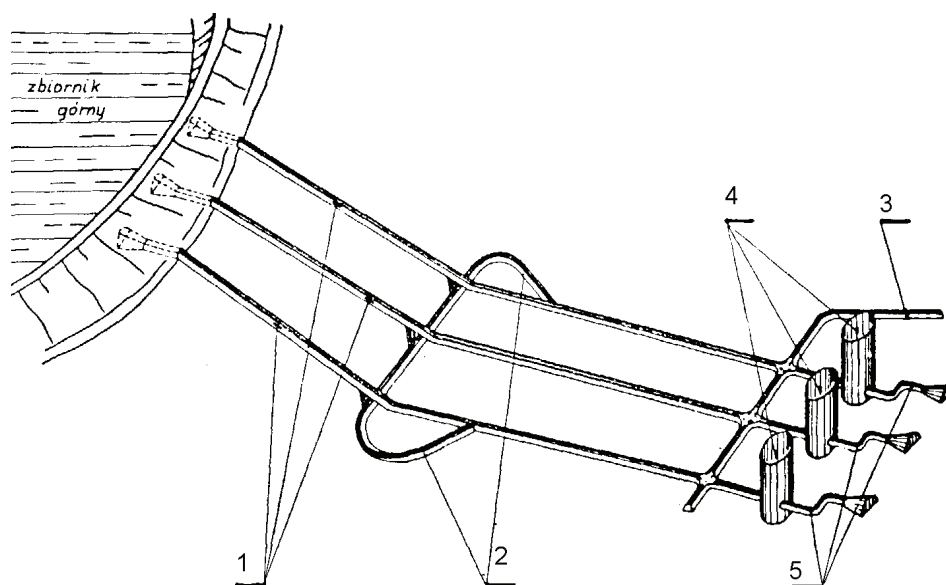
- czwartorzędowe — wykształcone jako osady rzeczne: różnego rodzaju i wielkości głązy i żwiry z niewielką ilością piasku, utwory stokowe, jak bloki skalne do 2 m<sup>3</sup>, głązy, rumosz skalny, gliny, zwietrzliny skał starszych,
- kredowe — budujące spłaszczenia wierzchołków (piaskowce ciosowe, gezy, piaskowce glaukonitowe),
- prekambryjskie — wykształcone jako metamorficzne, łupki dwułyszczkowe, gnejsy pręcikowe i gnejsy oczkowe.

Tektonika obszaru jest bardzo skomplikowana. Głębokie wyrobiska badawcze pozwoliły na udokumentowanie między innymi uskoku normalnego o zrzucie 220 m, nasunięcia utworów prekambryjskich na kredowe rzędu 200 m oraz stwierdzenie sfałdowań serii metamorficznej i intensywne spękania górotworu.

Układ podstawowych obiektów budowanej elektrowni pompowej przedstawiają rysunki 2 i 3. Derywację ciśnieniową stanowią trzy sztolnie o zmiennym przekroju kołowym, w których miały być obetonowane stalowe rurociągi. Średnia długość jednej sztolni wynosi 828 m, kąt nachylenia odcinka górnego 37°, natomiast dolnego 7°.

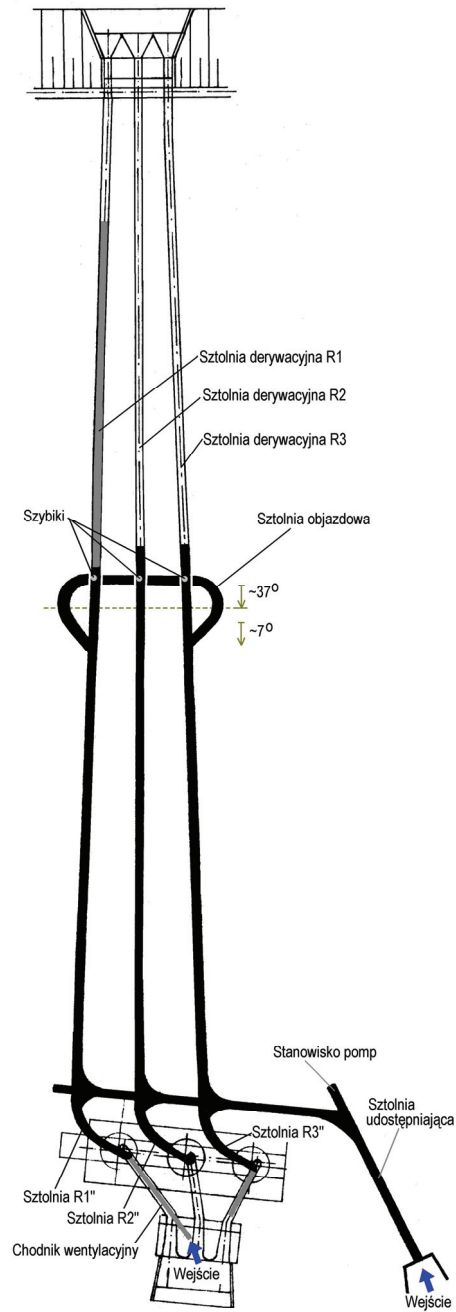


**Rys. 2.** Schemat wyrobisk podstawowych elektrowni szczytowo-pompowej „MŁOTY” [1]:  
 1 — zbiornik górny, 2 — komora wlotowa, 3 — sztolnia derywacyjna ciśnieniowa, 4 — siłownia,  
 5 — sztolnia derywacyjna odprowadzająca, 6 — komora wylotowa, 7 — zbiornik dolny,  
 8 — zapora narzutowa, 9 — wieża ujęć wody, 10 — sztolnia obieguwa



**Rys. 3.** Schemat podstawowych sztolni ciśnieniowych i wyrobisk technologicznych hydroelektrowni „MŁOTY” [1]: 1 — sztolnie ciśnieniowe derywacyjne, 2 — sztolnia objazdowa, 3 — sztolnia udostępniająca, 4 — szyby turbinowe, 5 — sztolnie odpływowe

Ogólny schemat wyrobisk planowanej Elektrowni Szczytowo-Pompowej „Młoty” przedstawiono na rysunku 4.



**Rys. 4.** Ogólny schemat wyrobisk Elektrowni Szczytowo-Pompowej „MŁOTY”  
 (na czarno zaznaczono wyrobiska wykonane w pełnym przekroju,  
 na popielato — wyrobiska w niepełnym przekroju)

## 2. Stan obciążenia obudowy w kontrolowanych wyrobiskach

Wielkość obciążenia obudowy wyrobisk ESP „MŁOTY” określono na podstawie przekrojów geologicznych, wizji lokalnej, badań introskopowych i georadarem.

### 2.1. Warunki geologiczno-górnictwa

Dotychczas wykonane wyrobiska górnicze dla Elektrowni Szczytowo-Pompejowej „MŁOTY” zlokalizowane zostały w północno-wschodnim zboczu Kopy Zamkowej.

Zbocze to zbudowane jest (licząc od powierzchni) z trzech zasadniczych kompleksów skalnych:

- utwory nadkładu zaliczone do czwartorzędu,
- skały osadowe wieku kredowego,
- prekambryjskie skały metamorficzne.

Nadkład czwartorzędowy jest zróżnicowany zarówno pod względem składu ziarnowego, jak i grubości. W zależności od rodzaju skał zalegających w podłożu nadkład budują gliny pylaste ciężkie lub gliny piaszczyste z domieszką rumoszu tych skał, a bezpośrednio nad stropem skał podłoża — rumosze, miejscami z domieszką gliny. Grubość gruntów nadkładu w górnym i środkowym odcinku stoku waha się od 0,6 do 2,5 m, a w dolnym i u podnóża dochodzi do 7,0 m. W dolnych partiach zbocza występują utwory aluwialne o grubości dochodzącej do 12,0 m, zbudowane ze żwirów, otczaków i bloków skalnych, głównie kwarcu, łupków łyszczykowych, gnejsów i piaskowców ciosowych.

Budowa geologiczna w rejonie wykonanych podziemnych wyrobisk korytarzowych (derywacji) jest zróżnicowana i skomplikowana. Występują tu wszystkie typy skał stwierdzone w rejonie obiektu „MŁOTY”, zarówno utwory prekambryjskie, skały metamorficzne: łupki łyszczykowe i gnejsy, jak i utwory młodsze — kredowe: piaskowce glaukonitowe, gezy i piaskowce ciosowe. W nadkładzie występują różnorodne rumosze, zbudowane z okruców skał budujących podłoża, z domieszkami gliny w różnym procencie, a także gliny czyste i gliny z domieszką rumoszu. Trasa derywacji przecina górotwór o skomplikowanej budowie geologicznej. Serie metamorficzne powtarzają się dwukrotnie, a więc obejmują skrzydło normalne i zrzucone uskoku „MŁOTY”. Podobnie i utwory kredowe leżą w rejonie ujęcia i górnego zbiornika łagodnie nachylone ku zachodowi oraz na stoku w skrzydle zrzuconym. Kompleks łupków łyszczykowych jest spękany szeregiem szczelin pochodzenia tektonicznego i odprężeniowego. Szerokość szczelin jest na ogół nieznaczna. Szersze szczeliny występują w stropowej partii łupków łyszczykowych i są najczęściej wypełnione gliną, względnie gliną z rumoszem. Łupki łyszczykowe wykazują zmienną foliację o kątach  $10\div 60^\circ$  i kierunku zapadania południowo-zachodnim. Stwierdzono za pomocą wykonanych wyrobisk, że utwory kredowe są przykryte przez skały metamorficzne, występujące jako gnejsy oczkowe i w strefie nasunięcia skatakłazowane.

Gnejsy bystrzyckie wykształcone są jako gnejsy oczkowe oraz warstwowo-oczkowe przewarstwione wkładkami gnejsów oplitowych i łupków łyszczkowych. Gnejsy są skałami grubo- lub częściej średniokrystalicznymi. W pewnych partiach skały występują ortoklasy i wtedy skała jest różowa, miejscami skalenie sodowo-wapniowe i skała ma barwę białopopielatą. Gnejsy oplitowe są drobnokrystaliczne o barwie białawej lub bladoróżowej.

Górotwór w rejonie derywacji nie jest szczelny do głębokości 55÷72 m p.p.t. (tj. do rzędnych 516÷525 m n.p.m.) w rejonie otworów M-73; M-74 i M-75 oraz do głębokości 55 m p.p.t., tj. do rzędnej 552 m n.p.m. w rejonie otworu M-33. Wodochłonność jednostkowa utworów  $q > 0,03$  l/min/mb/m, natomiast poniżej tych głębokości górotwór jest szczelny,  $q < 0,01$  l/min/mb/m.

Z wykonanych wierceń wynika, że pomiędzy głębiej leżącym kompleksem skał metamorficznych łupkowo-gnejsowych i wyżej leżącym kompleksem gnejsów występują mocno zniszczone młode utwory kredowe. Utwory te zalegające pod kompleksem starych skał prekambryjskich świadczą o tym, że nastąpiło tu nasunięcie mas skalnych z południa na północ. Jednocześnie trasa derywacji przebiega w ten sposób, że w niekorzystnym punkcie, tj. na załamaniu (zmiana kąta nachylenia derywacji), może przecinać utwory kredowe, odznaczające się niskimi parametrami wytrzymałościowymi.

W górnym odcinku sztolnie derywacyjne drażone będą w gnejsie zdrowym, zwięzłym, niezwiędłym i prawie niespękanym. Nieliczne spękania, w zasadzie rysy o minimalnej szerokości są bez nalotów lub niekiedy z nalotami limonitu, sporadycznie hematytu. Jedynie na końcowym (20 m) odcinku, przed wejściem w gezy, sztolnie wykonywane będą w gnejsie pośrednim, miejscami zwiędłym, a więc o obniżonych własnościach wytrzymałościowych. Przy dochodzeniu do warstwy gezw należy liczyć się z możliwością zaistnienia wycieków wody.

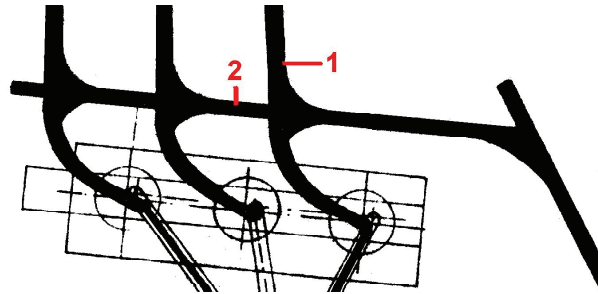
## 2.2. Określenie stanu górotworu wokół wyrobisk

Określenie rzeczywistego stanu górotworu wokół wyrobisk przeprowadzono z wykorzystaniem kamery introskopowej i georadaru. Ponadto przeprowadzono symulacje numeryczne obciążenia obudowy.

Istota badań introskopowych polega na wizualnej penetracji wnętrza otworów wiertniczych za pomocą miniaturowej kamery. Zastosowanie podczerwieni do oświetlenia badanego obiektu umożliwia dokładniejsze i bardziej precyzyjne zbadanie jego wnętrza niż w świetle widzialnym. Można wtedy stwierdzić występowanie defektów (pęknięć, szczelin) w górotworze nawet wówczas, gdy są one zanieczyszczone czy wręcz całkowicie wypełnione materiałem obcym.

Badania introskopowe przeprowadzono w dwóch otworach zlokalizowanych w rejonie skrzyżowania sztolni udostępniającej ze sztolnią derywacyjną R3. Otwór nr 1 o głębokości około 3,0 m wykonano w zachodnim ociosie sztolni derywacyjnej R3, natomiast otwór nr 2 o głębokości około 1,0 m — w północnym ociosie sztolni udostępniającej.

Miejsce wykonania otworów i przeprowadzenia badań przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Miejsca prowadzenia badań introskopowych

Objaśnienia w tekście

### 2.3. Obciążenie obudowy

Obudową tymczasową wykonaną ze stalowych łuków składających się na odrzwiach budowane w rozstawie co 1,0 m (rzadziej co 0,75 m) zabezpieczone zostały następujące wyrobiska korytarzowe:

- sztolnia udostępniająca,
- sztolnia objazdowa,
- chodnik wentylacyjny,
- chodniki dojściowe do projektowanych szybów turbinowych.

Natomiast w obudowie stalowej prostokątnej wykonany został chodnik w dolnej warstwie pochylego odcinka sztolni R1 na długości około 200 m.

Pozostałe wykonane już wyrobiska korytarzowe (sztolnie derywacyjne), wcześniej zabezpieczone tymczasową obudową odrzwiową z łuków stalowych, zostały obetonowane w celu zapobieżenia wietrzeniu skał i korozji stalowych elementów, co nadal stanowi obudowę tymczasową.

Jak wynika z obserwacji dokonanych w czasie objazdu wyżej wymienionych wyrobisk, górotwór zbudowany ze zwięzłych łupków łyszczkowych nie wywiera ciśnienia statycznego na obudowę. Górotwór można uznać za samonośny. W myśl Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych — Dz.U. Nr 139, poz. 1169, rozdział 7 „Obudowa wyrobisk” §168 pkt 2 — „W wyrobiskach drążonych w skałach dostatecznie mocnych, niegroźących zawałem, po dokładnym rozeznaniu warunków górniczo-geologicznych oraz przeprowadzeniu badań górotworu, kierownik ruchu zakładu górniczego zezwala na **niestosowanie** obudowy”. W analizowanych wyrobiskach nie stwierdzono przypadków deformacji elementów łukowych odrzwi, zsuwów tych elementów w złączach ani zerwanych strzemion kabłąkowych. Zastosowane do stabilizacji poprzecznej rozpory drewniane, po 30 latach użytkowania, zmurszały i nie przenosiły jak dotąd żadnych sił podłużnych, które byłyby wynikiem

przemieszczania się odrzwi wskutek nacisku górotworu na obudowę. W warunkach łupków lyszczkowych obudową tymczasową mogłaby być cienka warstwa torkretu narzucona na świeżo odsłoniętą powierzchnię wyłomu po odstrzeleniu ładunków materiału wybuchowego i wykonaniu dokładnej obrywki stropu i ociosów. Jedynie na przypowierzchniowym odcinku chodnika wentylacyjnego, wykonanego w mało zwięzłych utworach czwartorzędowych, zauważono przejawy ciśnienia warstw nadkładu na obudowę, co było powodem pochylecia się odrzwi w kierunku upadu na odcinku około 20,0 m.

### **3. Stan techniczny wyrobisk i obudowy po 30 latach istnienia**

W ramach badań prowadzonych przez pracowników Głównego Instytutu Górnicztwa jesienią 2006 roku określono stan techniczny wykonanych dotychczas wyrobisk oraz obudowy. Szczególną uwagę poświęcono stalowej obudowie odrzwiowej. Badania prowadzono zgodnie z opracowaną w GIG i pozytywnie zweryfikowaną metodyką oceny stanu technicznego obudowy. Istotą badań jest podział wyrobisk na odcinki o zbliżonym stanie obudowy i o zbliżonych warunkach geologiczno-górnicych. W każdym z tych odcinków obudowa poddawana jest ocenie i ewentualnie, w przypadkach niejednoznacznych, szczegółowym badaniom.

W trakcie badań ocenia się między innymi ogólny stan techniczny wyrobisk i obudowy, stan deformacji obudowy oraz stopień skorodowania odrzwi wraz z określeniem korozyjnego ubytku materiału.

Ubytek ten, a właściwie rzeczywista grubość ścianek kształtowników określana jest metodą pośrednią, z zastosowaniem grubościomierza ultradźwiękowego. Z założeń metody wynika szereg wymagań, jakie muszą spełniać badane kształtowniki. Chodzi tu przede wszystkim o odpowiednie przygotowanie powierzchni. W miejscu pomiaru kształtownik musi być oczyszczony z warstwy produktów korozji. Przed przyłożeniem głowicy i dokonaniem pomiaru konieczne jest naniesienie substancji pozwalającej na akustyczne sprzężenie badanego obiektu z głowicą, tak aby na powierzchni badanego elementu nie następowało odbicie fali.

Szczegółowe badania stanu technicznego obudowy przeprowadzono w wyrobiskach zabezpieczonych stalowymi odrzwiami.

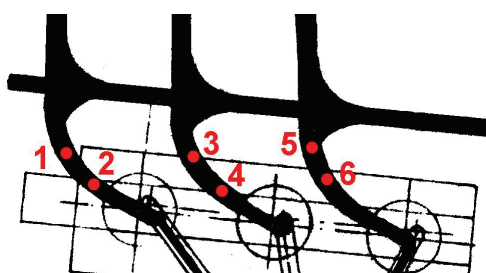
Obszar badań podzielono na mniejsze odcinki:

- sztolnia udostępniająca,
- sztolnia derywacyjna R1 — górny odcinek,
- sztolnia objazdowa,
- sztolnia do generatora 1,
- sztolnia do generatora 2,
- sztolnia do generatora 3,
- chodnik wentylacyjny,
- ślepe wyrobisko za szybem generatora 3.



Generalnie stan techniczny wyrobisk i obudowy, poza krótkimi odcinkami, jest zadowalający. Najwięcej zastrzeżeń budzą odcinki sztolni do generatorów oraz chodnika wentylacyjnego.

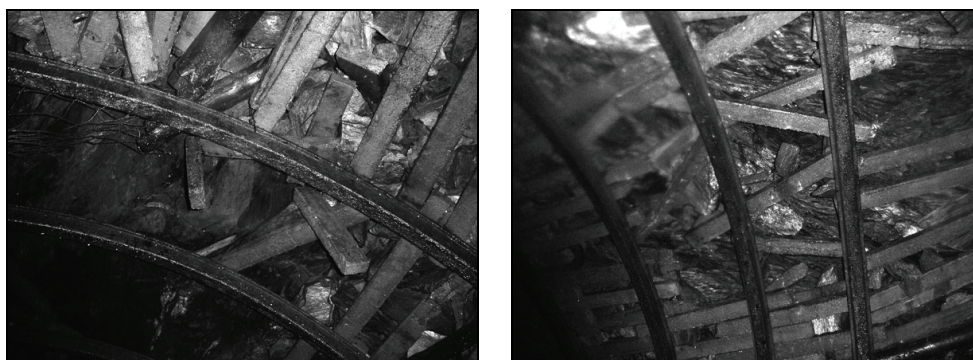
Sztolnie prowadzące do generatorów są przedłużeniem sztolni derywacyjnych i łączą sztolnię udostępniającą z szybami generatorów. Są wyrobiskami poziomymi. Długość każdej z nich, licząc od osi skrzyżowania do osi przyszłego szybu, wynosi około 60 m. Oprócz sztolni R1" dostęp do przodka pozostałych sztolni jest utrudniony z powodu zamulenia spodka wyrobiska. W każdej ze sztolni dokonano pomiarów ubytku korozyjnego stalowej obudowy odrzwiowej. Miejsca pomiarów (punkty 1–6) przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Miejsca prowadzenia badań stopnia skorodowania obudowy odrzwiowej

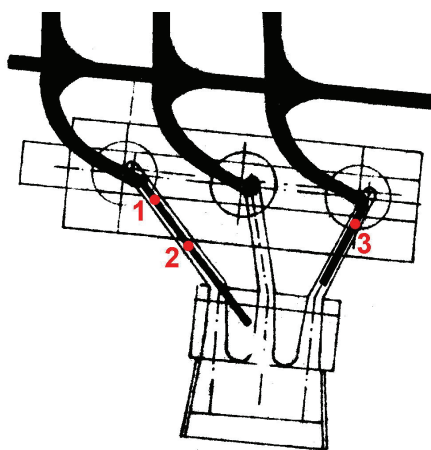
Objaśnienia w tekście

Obudowa w tych wyrobiskach charakteryzuje się nieznacznym, praktycznie pomijalnym stopniem skorodowania. Można przyjąć, że nośność odrzwi nie uległa zmniejszeniu. Niepokój natomiast budzi fatalny stan opinki — braki betonitów, przerwane siatki, pustki za obudową. Zjawiska te mają miejsce głównie w sztolniach R2" i R3". W każdej chwili grozi to samoczynnymi opadami opinki i oberwaniem betonitów. Na rysunku 7 udokumentowano ten stan.



Rys. 7. Braki w opince i niebezpieczeństwo opadu betonitów

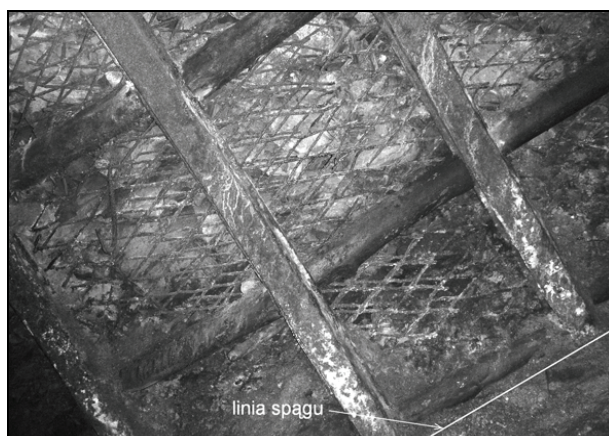
Natomiast chodnik wentylacyjny jest przedłużeniem sztolni R1", prowadzącym na powierzchnię. Nachylenie wyrobiska wynosi około 35°. Podobnym wyrobiskiem jest chodnik ślepy, z tą różnicą, że jego długość wynosi około 41 m i nie dociera do powierzchni. Na rysunku 8 przedstawiono orientacyjne usytuowanie wyrobisk oraz miejsca prowadzenia badań ubytku korozyjnego (punkty 1–3).



**Rys. 8.** Miejsca prowadzenia badań stopnia skorodowania obudowy odrzwiowej

Objaśnienia w tekście

W chodniku wentylacyjnym ubytek korozyjny nie przekracza 0,5 mm, natomiast w chodniku ślepy nieznacznie 1,0 mm. Zastrzeżenia budzi jedynie niewłaściwa zabudowa odrzwi (prostopadle do spągu wyrobiska), jak to pokazano na rysunku 9.



**Rys. 9.** Niewłaściwa zabudowa odrzwi w nachylonym wyrobisku

Stwarza to niebezpieczeństwo dalszego pochylania się odrzwi i w konsekwencji ich przewrócenia. Niewystarczająca stabilizacja obudowy (za pomocą rozpór drewnianych) także prowadzi do ich dalszego pochylania się i grozi ich zsunięciem się z żelbetowych stóp podporowych. Ponadto zauważono w kilku miejscach podmycie stóp podporowych. Odrębnym zagadnieniem jest brak (w chodniku ślepy) lub fatalny stan schodów (w chodniku wentylacyjnym).

#### **4. Warianty dalszego istnienia wyrobisk**

Prowadzone badania miały na celu wariantowe określenie zakresu prac wymaganych dla zapewnienia należytego stanu technicznego wyrobisk w przypadku ponownego przystąpienia do inwestycji, a także prac koniecznych do wykonania w przypadku zaniechania inwestycji.

##### **4.1. Zaniechanie inwestycji**

W przypadku trwałego zaniechania inwestycji zaproponowano wykonanie prac związanych z likwidacją podziemnych wyrobisk korytarzowych:

- wykonanie systemu stałego odwadniania pozostawionych sztolni derywacyjnych i udostępniającej,
- podsadzenie sztolni udostępniającej na odcinku około 30 m od wlotu według koncepcji przedstawionej przez autorów referatu,
- podsadzenie górnego odcinka chodnika wentylacyjnego na odcinku długości około 20 m od wlotu według szczegółowego projektu.

Zaniechanie inwestycji wiąże się z koniecznością wykonania prac związanych z umożliwieniem spływu wód częściowo zatopionych podziemnych wyrobisk korytarzowych w sposób grawitacyjny wprost do rzeki Bystrzycy. W tym celu przewiduje się wykonanie pewnego zakresu robót górniczych w wejściowym odcinku sztolni udostępniającej. Dla zapewnienia niezbędnego spadku spływającej grawitacyjnie wody w kierunku rzeki Bystrzycy (3÷5‰) należy wybudować próg (tamę) spiętrzający gromadzącą się wodę. Będzie to tama murowa z cegły lub betonitów, grubości 0,50 m i wysokości 1,0 m, zlokalizowana na spągu sztolni udostępniającej w odległości około 30 m od wlotu. Tamę należy usytuować we wrębach wykonanych w obu ociosach i spągu na głębokość obejmującą warstwę zwietrzałego łupka łyszczykowego (ok. 10 cm). Powstałą objętość sztolni w postaci klina, między górną powierzchnią tamy a płaszczyzną poziomą (patrzac w kierunku wylotu), należy wypełnić drobną skałą, zagęszczając ją warstwami (ok. 30 cm) za pomocą mechanicznych wibracyjnych samojezdnych zagęszczarek (ewentualnie „skoczków”). Na wierzchniej warstwie, zrównującej się z górną krawędzią tamy, przed zagęszczeniem zasypowego materiału skalnego, należy ułożyć kolektor spływowy w postaci rur Ø 250 (plastikowych) łączonych kielichowo. Rura wlotowa do kolektora powinna być umieszczona na równi z górną płaszczyzną tamy murowej i zrównana kołnierzem z licem zewnętrznej strony tamy.

Pozostały odcinek kolektora spływowego należy umieścić w wykopie zachowując spadek 3÷5‰ w kierunku rzeki lub alternatywnie wykonać przewiert, co z technologicznego punktu widzenia nie nastęrcza większych trudności. Istniejącą przepompownię zlokalizowaną w rzapiu należy zlikwidować.

Po zabudowie kolektora należy wypełnić materiałem skalnym odcinek sztolni (ok. 30 m) między tamą a wlotem do sztolni.

Górny odcinek chodnika wentylacyjnego należy trwale zlikwidować przez jego zasypanie materiałem skalnym na odcinku około 20 m od wylotu. Długość tego odcinka uzależniona jest od grubości warstw utworów czwartorzędowych tworzących nadkład. W górotworze stabilnym, tj. w miejscu, gdzie chodnik przechodzi ze skał mało zwięzłych (nadkład) do zwięzłych (łupek łyszczykowy), należy wybudować pełną tamę żelbetową w pozycji pionowej, wpuszczoną we wrąb na głębokość około 10 cm, wykonany na całym obwodzie chodnika. Grubość tamy należy przyjąć 0,50 m. Tak odcięty od reszty wyrobisk odcinek chodnika należy podsadzić materiałem skalnym aż na równi z powierzchnią zbocza. Istniejące wejście do chodnika w postaci stalowych odrzwi należy usunąć i teren wyrównać.

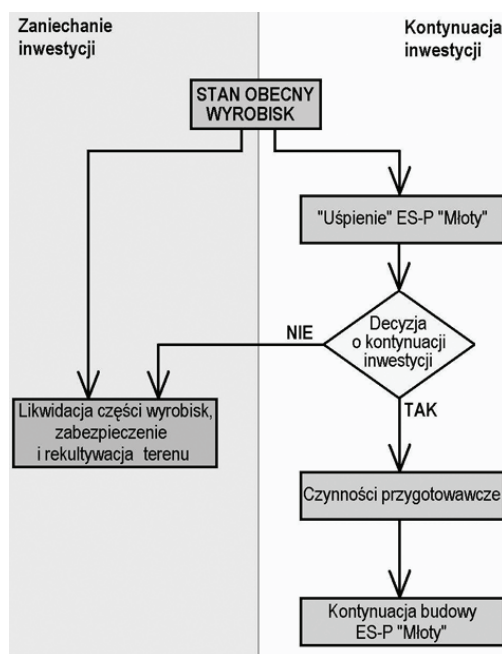
#### 4.2. Kontynuacja inwestycji

W przypadku kontynuacji inwestycji przewiduje się wykonanie prac zabezpieczających istniejące wyrobiska podziemne przez okres do około 10 lat w następującym zakresie:

- Istniejący stan techniczny sztolni udostępniającej nie wymaga prac zabezpieczających w zakresie wzmocnienia stalowej obudowy odrzwiowej (korozja nieznaczna, stateczność odrzwi zachowana). Z chwilą przystąpienia do dalszego drażenia sztolni derywacyjnych, ze względu na ruch ciężkich pojazdów mechanicznych, należy zapewnić stabilność wszystkich odrzwi na całej długości sztolni poprzez zabudowanie trzech rzędów podciągów stalowych (np. z kształtownika V21 lub V25). Jeden podciąg należy zabudować pod stropem w osi wyrobiska, a dwa po obu ociosach na wysokości około 2,0 m od spągu (powyżej zakładek łuków ociosowych i protez podwyższających odrzwia). Do mocowania odcinków podciagu można stosować śruby hakowe lub strzemiona kabłąkowe. Istniejące rozpory drewniane (zbutwiałe) nie zapewniają żadnej stabilizacji poprzecznej odrzwi. Występujące tarcie między kołnierzami łuków korytkowych odrzwi a okładzinami żelbetowymi, dociążonymi wykładką kamienną, gwarantuje stateczność tych odrzwi do czasu wznowienia robót górniczych w wyrobiskach.
- W górnym odcinku chodnika wentylacyjnego zlokalizowanym w mało zwięzłych utworach nadkładu (ok. 20 m), gdzie zaobserwowano przejawy ciśnienia górotworu na obudowę, należy zapewnić stateczność pochylonych odrzwi przez zabudowanie trzech rzędów podciągów. Jeden rząd złożony z krótkich (2,0÷2,5 m) odcinków, np. kształtownika V21 (lub V25), należy zabudować pod stropem, a dwa pozostałe po obu ociosach poniżej złącz kabłąkowych. Do mocowania odcinków podciagu można stosować śruby hakowe lub strzemiona kabłąkowe. Wejście do chodnika od strony zbocza należy zabezpieczyć bramką kratową przed dostępem osób postronnych.

## 5. Podsumowanie i wnioski

- 1) Na podstawie analizy dostępnych dokumentacji technicznych realizacji ESP „MŁOTY”, przeprowadzonych wizji lokalnych, przeprowadzonych badań stopnia korozji obudowy, jakości otaczającego wyrobiska górotworu oraz modelowych symulacji obciążeń konstrukcji obudowy wyrobisk korytarzowych określono zakres niezbędnych prac do wykonania dla wariantu zakładającego całkowite zaniechanie rozpoczętej inwestycji oraz wariantu jej kontynuacji po upływie umownego okresu do 10 lat. Algorytm postępowania przedstawiono na rysunku 10.



Rys. 10. Algorytm postępowania ze wstrzymaną budową ES-P „MŁOTY”

- 2) Przeprowadzone badania stopnia korozji stalowej obudowy tymczasowej sztolni za pomocą grubościomierza ultradźwiękowego typu METRISON SONO M510 (o dokładności 0,1 mm) wykazały ubytek grubości ścianki kształtowników KS/KO21 maksymalnie 1,0÷1,5 mm, co skutkuje spadkiem nośności odrzwi rzędu 10%.
- 3) Uwzględniając pomierzone wartości ubytku korozyjnego i 30-letni okres funkcjonowania wyrobiska zabezpieczonego tą obudową można szacować prędkość korozji, a dalej stopień agresywności środowiska podziemnego. Liniową prędkość korozji określa się na 0,05 mm/rok, co świadczy o słabym, tj. I stopniu agresywności korozyjnej mikroklimatu oraz wód. Zakładając 10-letni okres, jaki upłynie do rozpoczęcia konty-

nuacji inwestycji, oraz istniejące parametry środowiska podziemnego, można wnioskować o wzroście ubytku o następne 0,5 mm, co w znaczący sposób nie wpłynie na stan wyężenia obudowy.

- 4) Stwierdzony w czasie wizji lokalnej stan techniczny odrzwi obudowy tymczasowej, przejawiający się brakiem deformacji plastycznych elementów łukowych, brakiem zsuwu w złączach, brakiem współpracy rozpór (drewnianych) z odrzwiami oraz względnych przemieszczeń odrzwi, świadczy o braku oddziaływania otaczającego górotworu na obudowę zbudowaną ze zwięzłych skał metamorficznych. Spostrzeżenia te potwierdzają wyniki dodatkowo wykonanych badań modelowych, przeprowadzone przy założeniu minimalnych wartości parametrów fizykomechanicznych otaczających skał. W przypadku mało zwięzłych skał młodszych utworów nadkładu wystąpiły przejawy ciśnienia na początkowych odcinkach sztolni udostępniającej i chodnika wentylacyjnego. Obudowa w tych miejscach wymagała lub wymaga przebudowy lub wzmocnienia.
- 5) Pomiar stopnia skorodowania obudowy prostokątnej w pochyłym odcinku sztolni deriwacyjnej R1 na odcinku drażonym połową przekroju wykazały pomijalnie mały ubytek korozyjny, nie rzutujący na pomniejszenie nośności zabudowanych odrzwi. Z uwagi na samonośny charakter naruszonego wyrobiskiem górotworu, zbudowanego ze zwięzłych skał metamorficznych, nie stwierdzono oddziaływania masywu skalnego na obudowę.
- 6) W wyrobiskach o dużym nachyleniu stwierdzono niewłaściwy sposób zabudowy odrzwi i stojaków obudowy prostokątnej. W myśl normy PN-90/G-06011 kąt odchylenia odrzwi od płaszczyzny prostopadłej do osi podłużnej wyrobiska powinien wynosić  $5\pm 10^\circ$ .
- 7) Badania sondą introskopową wykonane w odwierconych w ociosach otworach wykazały niski stopień zaangażowania tektonicznego, o czym świadczą odstępki powierzchni spękań  $0,5\pm 2,0$  m, tj. blokowa podzielność skał (wskaźnik RQD = 50%).
- 8) Niniejsze opracowanie jest materiałem do analizy pozwalającej na wybór jednego z rozważanych wariantów przyszłościowych rozpoczętej i czasowo wstrzymanej inwestycji oraz stanowi podstawę do wykonania odpowiedniej dokumentacji technicznych dotyczących wzmocnień obudowy i zabezpieczeń podziemnych wyrobisk ESP „MŁOTY”.

#### LITERATURA

- [1] *Rulka K., Wojtusiak A., Pękacki W., Stochel D.*: Doświadczenia krajowego zaplecza projektowo-badawczego i przedsiębiorstw w realizacji wyrobisk tunelowych i budowli podziemnych metodami górnictwymi. Katowice, Główny Instytut Górnictwa 1996
- [2] *Lewińska-Romicka A.*: Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2001
- [3] *Śliwiński A.*: Ultradźwięki i ich zastosowania. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2001