

*Jacek Zynek**, *Andrzej Antosz**

BUDOWA SZTOLNI POD MASYWEM GÓRY CHMIELNIK W JELENIEJ GÓRZE — CIEPLICACH

1. Dane ogólne

Budowa sztolni była realizowana przez PeBeKa SA w ramach przedsięwzięcia: Zao-
patrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków w Jeleniej Górze: „Kontrakt nr 4 na budowę sieci
kanalizacyjnej oraz sieci wodociągowej”: „Zadanie 1 — Budowa sieci wodociągowej”.
Inwestycja była finansowana z własnych środków Zamawiającego oraz funduszy unijnych.
Główny nadzór nad realizacją sprawował Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gos-
podarki Wodnej w Warszawie. Wybudowana sztolnia służy do przeprowadzenia rurociągów
tłocznych $2 \times \varnothing 500$ mm wody uzdatnionej z Zakładu Uzdatniania Wody do zbiorników zapa-
sowo-wyrównawczych. Woda surowa jest pobierana ze zbiornika retencyjnego Sosnówka.

Realizowana inwestycja znajduje się na terenie administracyjnym Miasta Jelenia Góra
i jest zgodna z Planem Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Jeleniej Góry i została
uwzględniona w Planie Kierunkowym Zagospodarowania Miasta.

Miasto Jelenia Góra jest położone na terenie szerokiej na 20÷30 km erozyjno-denuda-
cyjnej kotliny śródgórskiej w Sudetach Zachodnich na wysokości 320÷360 m n.p.m. z licz-
nymi lokalnymi wypiętrzzeniami o wysokości względnej 30÷100 m. Na terenie miasta wy-
stępują złoża typu granit i jego zwietrzeliny oraz surowce ilaste. Warunki hydrogeologiczne
sprzyjają szybkiemu podziemnemu odprowadzaniu podstawowej części opadów atmosf-
rycznych do cieków powierzchniowych. Odprowadzanie wody podziemnej odbywa się głów-
nie w obrębie płytkich stref utworów pokrywowych. Retencja wód podziemnych jest nie-
wielka, aczkolwiek charakteryzuje się stabilnością. Klimat Kotliny Jeleniogórskiej — górski
i podgórski z zaciśzami, jest kształtowany napływem znacznie zmienionych mas powietrza
pochodzenia oceanicznego i jest znacznie zróżnicowany wraz ze zmianą wysokości terenu.
Średnia roczna temperatura wynosi na dnie kotliny ok. 7°C.

* Przedsiębiorstwo Budowy Kopalń PeBeKa SA, Lubin

2. Prace przygotowawcze

Przed rozpoczęciem wszelkich robót przygotowawczych, górniczych i budowlanych została opracowana przez PeBeKa SA dokumentacja bezpiecznego prowadzenia prac obejmująca: plan BIOZ, metodologię robót górniczych i dokumentację strzałową.

W ramach prac przygotowawczych zorganizowano zaplecze budowy, które wygrodzono w rejonie planowanych wejść do sztolni w celu uniemożliwienia dostępu osób postronnych. Na drogach dojazdowych do wejść do tunelu i na terenie do nich przylegającym rozmieszczono niezbędne tablice informujące o wykonywaniu w tym rejonie prac z użyciem materiałów wybuchowych. Następnie dokonano geodezyjnego wytyczenia osi sztolni od strony wejścia północnego i południowego, w sposób umożliwiający utrzymanie wymaganych kierunków drażenia.

3. Budowa sztolni

Oś podłużna sztolni jest zorientowana z południowego-wschodu (SE) w kierunku północnego-zachodu (NW), dlatego wejścia do tunelu otrzymały nazwę portalu południowego oraz północnego. Poziom spąg na wlocie do sztolni od strony południowej wynosi 384,10 m n.p.m., a na wylocie 386,94 m n.p.m. Projektowana długość tunelu wynosiła ok. 392,5 m, z czego wejście południowe na odcinku ok. 7,5 m, a północne na odcinku 6,5 m miało zostać wykonane w wykopie otwartym. Spadek podłużny sztolni wynosi 7,25%. Sztolnia posiada następujące wymiary wewnętrzne: szerokość 3,00 m, wysokość 3,20 m. Strop jest w kształcie łuku kołowego o promieniu 1,50 m.

Budowa sztolni wykonywana była w czterech częściowo zazębiających się etapach:

1. roboty w wykopie otwartym,
2. podziemne drażenie sztolni,
3. roboty montażowe podpór w sztolni,
4. roboty budowlane w wykopach otwartych.

3.1. Roboty ziemne

Roboty ziemne w wykopie otwartym miały umożliwić rozpoczęcie drażenia sztolni w uzyskanych przez rozkop skarpach portalowych. Po zdjęciu humusu i gruntu rozpoczęto w części skalnej rozkuwanie zwietrzliny granitowej młotem hydraulicznym i metodą strzałową. W wyniku prac ziemnych utworzono w zboczach góry, w masywie skalnym, skarpy o nachyleniu 60° w miejscach przyszłego portalu północnego i południowego. Mimo że nachylenie skarp nad wlotami do tunelu było bezpieczne, zostały one dodatkowo zabezpieczone betonem natryskowym. Dodatkowe wzmocnienie skarp okazało się bardzo dobrym zabezpieczeniem w okresie, gdy w sierpniu 2006 r. wystąpiły bardzo duże opady deszczu

powodujące w wielu miejscach w okolicy oberwania zboczy i podtopienia. Dzięki wcześniejszemu obetonowaniu skarp nad portalami wejściowymi do sztolni nie doszło do zagrożeń dla realizacji robót i bezpieczeństwa pracowników.

3.2. Opis drażenia

Drażenie odbywało się jednocześnie z obu stron sztolni i składało się z kolejno następujących po sobie etapów technologicznych: urabiania skały, zabudowy obudową podporową i odstawy urobku. Urabianie skał odbywało się metodą strzałową, która składała się z następujących operacji: wiercenia otworów strzałowych, załadowania otworów strzałowych materiałem wybuchowym, odpalania MW, przewietrzania przodka po robotach strzałowych, kontroli przodka, obrywki, a następnie odstawy urobionej skały.

Jako wykonawca sztolni byliśmy przygotowani na stosowanie wyprzedzającej obudowy wbijanej, tzw. ekranów, stanowiących dodatkowe zabezpieczenie załogi i wyrobiska, stosowane w skałach skłonnych do obwałów natychmiast po odsłonięciu. W tym celu zastosowano rury stalowe o średnicy 42,4 mm, o długości co najmniej o 1,0 m większej niż planowany zabiór. Rury stalowe wprowadzano w odwiercone otwory, które następnie cementowano po wprowadzeniu do otworów. Ekranu rurowe były stosowane tylko w początkowym okresie robót. W późniejszym etapie drażenia sztolni dzięki umiejętnemu prowadzeniu robót strzałowych możliwe było odstępianie od ich wykonywania bez zagrożenia dla bezpieczeństwa pracy.

Maszyny o napędzie spalinowym użyte do odstawy urobku i innych robót górniczych w sztolni zaopatrzone były w filtry do oczyszczania spalin (katalizatory). Wiercenie otworów strzałowych wykonywano wiertarkami ręcznymi. Jako sprzęt pomocniczy stosowano: sprężarki elektryczne i spalinowe, torkretnicę z pompą dozującą i rurociągiem technologicznym do podawania mieszanki betonowej, lutnie wentylacyjne, ładowarki kołowe, pompy przodkowe, dokrętaki, młoty mechaniczne górnicze oraz osprzęt elektryczny (rozdzielnie itp.).

Rodzaj i ilość obudowy podporowej w sztolni zależała od ustalonej klasyfikacji skał. Stosowano takie elementy obudowy i montowano w taki sposób, aby unikać obwałów skał wokół wybranej przestrzeni.

Wyłom wykonywany był technikami strzałowymi ze strzelaniem obrysowym. Nadzór strzałowy musiał dbać o minimalizację ingerencji w górotwór otaczający wyłom i nie dopuścić do ponad normatywnych wyłomów. Wymiary wyłomów na rysunkach projektowych odnosiły się do linii teoretycznego obrysu wyłomu. Dopuszczalna tolerancja wynosiła od $a = + 5$ cm do $a = + 10$ cm. Dokumentacja projektowa wprowadzała pojęcie ponadnormatywnego wyłomu. Była to przestrzeń powstała po odspojeniu się skał ponad obrysem teoretycznym z uwzględnieniem tolerancji na stropie i ociosie. Występowanie ponadnormatywnych wyłomów spowodowane mogło być niewłaściwym wykonaniem robót strzałowych (wyłom zawiniony) lub z przyczyn od wykonawcy niezależnych. Mogły to być naturalne obwały, których uniknięcie przez ostrożne wykonywanie jest niemożliwe, oraz obwały spowodowane wyjątkowo niekorzystnymi warunkami geologicznymi. W przypadku występo-

wania niekontrolowanych obwałowań wykonawca był zobowiązany do natychmiastowego ich zabudowania w celu ustabilizowania skał.

Wiercenie otworów strzałowych prowadzono w taki sposób, aby odpajać skały wzdłuż zalecanych linii obrysu, i realizowano za pomocą wiertaki udarowo-pneumatycznej WUP 22, a rozmieszczenie otworów było wykonywane zgodnie z metryką strzałową określającą dokładnie rodzaj i ilość stosowanego środka strzałowego, kolejność odpalania otworów i stosowane zwłoki odpalania. Średnica i rozłożenie otworów strzałowych było dostosowane do lokalnych warunków i jakości górotworu. Zabronione było wiercenie otworów strzałowych w tzw. „fajkach”, czyli pozostałościach otworów strzałowych po wcześniejszym strzelaniu.

Po przedmuchianiu sprężonym powietrzem otworów strzałowych strzałowy wykonywał ładowanie przodka. Odpalenie przodka odbywało się z bezpiecznego miejsca na zewnątrz sztolni z dala od strefy porażenia odłamkami skalnymi. Przed odpaleniem wszyscy pracownicy byli wycofywani z tunelu i rozmieszczani po terenie przyległym do wlotu sztolni, w celu zapobieżenia wtargnięcia na teren robót osób postronnych, a dodatkowo były nadawane dźwiękowe sygnały ostrzegawcze. Po odpaleniu ładunków włączana była wentylacja przodkowa i dopiero po przewietrzeniu, po ok. 15 min, sprawdzano efekt robót. Po sprawdzeniu resztek otworów strzałowych na występowanie środków strzałowych przystępowano do obrywki stropu, a w następnej kolejności czoła i ociosów wyrobiska. Każdorazowo po wykonanych robotach strzałowych luźny urobek był zlewany wodą w celu uniknięcia zapylenia i neutralizacji gazów postrzałowych. Kategorycznie wymagano prowadzenia dokładnej obrywki po każdym strzale.

Następnie przystępowano do wykonania zabudowy wyrobiska poprzez wykonanie obudowy przodka. Dopiero po tym etapie była możliwa sukcesywna odstawa urobku. Wykonawca zobowiązany był do doskonalenia techniki strzałowej w celu uzyskania możliwie najmniejszej powierzchni odspojonej, co pozwalało uniknąć ponadnormatywnych wyłomów i zachować właściwy obrys wyrobiska.

Wszystkie osoby pracujące przy realizacji robót górniczych były zobowiązane do ciągłej kontroli stropu i ociosów w celu odpowiednio wczesnego wykrycia wszelkich spękań w obudowie i objawów utrat stabilności obudowy.

Każdą operację przodkową wykonywano pod zabudowanym stropem. Elementy obudowy powinny zapewniać przeniesienie obciążeń od górotworu i możliwe zabudowywanie lokalnych kotew w celu ochrony przed odpajaniem się brył skalnych.

Na etapie projektowania górotwór na trasie budowy sztolni sklasyfikowano w trzech klasach skał związanych pod względem tendencji do samoobrywania się (obwałowywania):

- 1) Klasa portalowa „P”, czyli skały słabe — bardzo kruche. Charakteryzują się występowaniem stref o braku właściwości sprężystych. Niska wytrzymałość spowodowana nieciągłościami powoduje odpadanie warstw skalnych w stropie i w górnych strefach ociosów wyrobiska. Wpływ wody jest nieznaczny, mogący się nasilać w czasie opadów atmosferycznych. Skały wymagają urabiania mechanicznego z dopuszczalnym ostrożnym strzelaniem. Przewidywano występowanie skał tej klasy od strony południowej od wlotu sztolni do 29,5 m, a od strony północnej do 15,0 m od wlotu.

- 2) Klasa II, czyli skały dobre jako forma przejściowa do skał bardzo dobrych. Określane są jako „lekko skłonne do obwałów” i zachowują się jak ciało sprężyste. Odkształcenia obrabianych powierzchni są niewielkie i szybko zanikające. W tej klasie skał nie występuje wypływ wody. Wyłom wykonuje się pełnym przekrojem metodą strzałową gładkimi ścianami, a zabór wynosi do 2,5 m. Oceniono, że skały te mogą występować na łącznej długości 50,0 m.
- 3) Klasa I, czyli skały bardzo dobre. Górótwór uznawany za stabilny, zachowujący się w sposób sprężysty. Odkształcenia wyrobiska są niewielkie i szybko zanikające. Górótwór zachowuje stabilność bez obudowy po dokonaniu obrywki skały naruszonej robotami strzałowymi. Brak jest wypływu wody. Zabór limitowany jest wymogami wystrzelania gładkiego obrysu wyrobiska. Na projektowane 392,5 m długości sztolni przewidywano wystąpienie 290,5 m skał klasy I.

W związku z wyżej wymienionymi klasami skał należało zastosować obudowy tunelu według następujących klas:

- 1) Obudowa klasy portalowej, która jest wykonywana bezpośrednio w czole przodka po wykonaniu warstwy konsolidującej z betonu natryskowego zawsze na ociosach i stropie. Grubość warstwy konsolidującej wynosi 3 cm. Po zabudowie podpór wykonuje się warstwami beton natryskowy do lica obudowy podporowej. Beton natryskowy jest zbrojony siatką zgrzewaną z prętów $\varnothing 6$ mm. Całkowita grubość betonu natryskowego powinna wynosić 20 cm.
- 2) Obudowa klasy II jest to obudowa kotwiowa w stropie wyrobiska wykonywana na bieżąco w sklepieniu wyrobiska kotwami typu RM o długości 2,2 m w rozstawie $1,5 \times 1,5$ m. Beton natryskowy o grubości 10 cm wykonuje się jako zbrojony siatką zgrzewaną w sklepieniu wyrobiska, a bez siatki na ociosach.
- 3) Obudowa klasy I jest to faktycznie tylko zabezpieczenie wyrobiska przed wietrzeniem w postaci warstwy betonu natryskowego grubości 5 cm.

W dokumentacji projektowej wszelkie informacje na temat klasyfikacji górótworu miały zastrzeżenie, że są to dane ogólne, a rzeczywiste warunki mogą od nich odbiegać z uwagi na ogólne warunki geologiczne Kotliny Jeleniogórskiej.

Z powodu oszczędności na etapie projektowania badania geologiczne zostały znacznie ograniczone, a rozwiązania projektowe przyjęto na podstawie kilku odkrywek, które w efekcie końcowym okazały się niewystarczające do dokładnej klasyfikacji górótworu. Po wykonaniu ok. 50 m sztolni nadal utrzymywały się skały klasy portalowej. Był to granit porfirowaty, o dużych wyraźnych ziarnach skaleni i bardzo zwietrzały. Kryształki skaleni były często tak zwietrzałe, że skała pod wpływem uderzenia rozsypywała się na żwir, tzw. kaszę granitową. Partie mniej zwietrzałe były silnie spękane i charakteryzowały się oddzielnością blokową. W związku z tym w dniu 07 lipca 2006 r. zapadła decyzja o konieczności wykonywania obudowy ŁP z pełną wykładką betonową okładziną górniczą do miejsca napotkania skał klasy I. Okazało się jednak, że skały klasy portalowej ciągnęły się na całej długości

sztolni. Przez konieczność zmiany sposobu wykonania obudowy koszty wykonania całej sztolni zwiększyły się dodatkowo o 65%.

Istotnym zagadnieniem podczas wykonywania obudowy portalowej jest nakładanie betonu natryskowego. Przygotowana do betonowania powierzchnia ociosu, stropu sztolni lub poprzednio nałożonej warstwy betonu powinna być dokładnie oczyszczona z pyłu i luźnego materiału skalnego lub przepadu, czyli betonu, który podczas natryskiwania ulega rozproszeniu. Do oczyszczenia powierzchni konieczne jest użycie sprężonego powietrza lub dyszy wodnej. Suche powietrze należy zwilżyć w taki sposób, aby nie następowało zmniejszenie wymaganej zawartości wody w świeżym betonie natryskowym. Ciekącą po powierzchni wyrobiska wodę należy uchwycić i odprowadzić odpowiednim drenażem. Przy natryskiwaniu mieszanki betonowej należy końcówkę dyszy tak prowadzić, aby uzyskać maksymalne jej zagęszczenie przy minimalnym przepadzie. Wylot z końcówki dyszy powinien być prowadzony możliwie prostopadle do powierzchni natryskowej. Optymalna odległość między dyszą a powierzchnią wynosi od 1,0 do 1,5 m. Grubość warstwy natryskowej w jednym cyklu jest dobierana doświadczalnie. W celu minimalizowania przepadu na pionowych powierzchniach warstwa ta nie powinna być grubsza niż 10 cm, a na stropie 5 cm. Nakładanie kolejnych warstw może nastąpić po uzyskaniu przez poprzednią warstwę wytrzymałości wystarczającej do utrzymania warstwy następnej.

Przy budowie sztolni następowało trzykrotne nakładanie warstw aż do uzyskania projektowanych 20 cm. Kolejne warstwy nie powinny być natryskiwane później niż po trzech dniach. Ilość przepadu przy poziomym i lekko skośnym natrysku nie powinna przekraczać 15%, a przy skośnym i pionowym do góry 35%. Natychmiast po zakończeniu zakładania betonu należy usuwać przepad. Dodawanie przepadu do ponownego użycia jest niedopuszczalne. Elementy obudowy stalowej, siatka zbrojenia powinna być obrzucona betonem bez możliwości powstania tzw. cieni. Siatka zbrojeniowa powinna być przytwierdzona do podłoża tak, aby jej sprężynowanie nie powodowało wzrostu przepadu. W skale litej na występujących jej ostrych krawędziach dopuszcza się lokalne zredukowanie grubości warstw.

W związku z dużym napływem wody w drażonej sztolni, powodującym wypłukiwanie skał w części spągowej, zaproponowaliśmy Inwestorowi wykonanie warstwy odsączającej oraz ułożenia drenażu w sztolni. Niewykonanie wyżej wymienionego zakresu prac mogłoby spowodować wypłukiwanie skał pod monolityczną płytą betonową, a w konsekwencji doprowadzić do powstania pustek i utraty założonych parametrów technicznych posadowienia stalowych konstrukcji wsporczych pod rurociągi DN 500.

Pomysł ten uzyskał pozytywną opinię projektanta, a Inwestor wyraził zgodę na jego realizację.

Po zakończeniu robót wyłomowych w sztolni i wykonaniu obudowy oraz po usunięciu resztek luźnego urobku przystąpiono do wykonania dwóch równoległych do siebie drenażu z rur drenażowych Ø100 z obsypką żwirową, odwadniających spąg sztolni. Następnie przystąpiono do betonowania posadzki w części spągowej. Spąg został ukształtowany w taki sposób, że obustronne dośrodkowe spadki poprzeczne odprowadzają ewentualne przecie-

ki wody stropowej i spągowej do kanału o przekroju trapezowym, biegnącego wzdłuż sztolni i włączonego do studzienki wykonanej w wejściu południowym.

W trakcie robót górniczych, przy zaawansowaniu ok. 30% długości tunelu, okazało się, że w kilku okolicznych studniach zaniknęło zwierciadło wody. Najprawdopodobniej nastąpiło to na skutek naruszenia dotychczasowej struktury górotworu i zmiany kierunków przepływu wody gruntowej w masywie góry Chmielnik. Niezbędne stało się zaprojektowanie i wykonanie przez Inwestora w trybie pilnym sieci wodociągowej dla mieszkańców pozbawionych wody pitnej.

Z uwagi na bezpieczeństwo osób pracujących w sztolni ogromną wagę przywiązywano do właściwej wentylacji jej wnętrza. Wentylacja tymczasowa, tj. prowadzona podczas drążenia i wykonywania obudowy, była wymuszana poprzez układ instalacji wentylacyjnej składającej się z lutni z tkaniny brezentowej o średnicy 600 mm podwieszanej do stropu, tłumików hałasu i wentylatora włączającego powietrze poprzez lutnię do wnętrza.

Parametry mocy i obrotów wentylatora były dobrane w taki sposób, aby spełnić następujące wymagania:

- ilość powietrza doprowadzana do wyrobiska sztolni powinna zapewniać utrzymanie w nim minimum 19% tlenu objętościowo;
- temperatura powietrza w miejscu pracy, mierzona termometrem suchym, nie powinna przekraczać 28°C;
- minimalna prędkość powietrza powinna wynosić 0,15 m/s.

Po zbitciu sztolni, czyli połączeniu tuneli drążonych z obu stron, instalacje wentylacyjne zdemontowano, gdyż wystąpiło zjawisko samoistnego przewietrzania tunelu (przeciąg) na skutek różnicy wysokości wejścia i wyjścia z tunelu oraz różnicy ciśnień powietrza po obu stronach masywu góry Chmielnik powstających na skutek wiatrów. Przewiew samoistny odbywał się na poziomie parametrów wentylacji wymuszonej, nie było więc konieczności jego korekty.

W celu niedopuszczenia osób trzecich do penetracji sztolni i ochrony rurociągów wodnych Ø500 przed przemarzaniem wydrążony tunel został zamknięty od strony północnej i południowej stalowymi bramami segmentowymi o współczynniku przewodności cieplnej $U = 0,57 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla jednego segmentu. Zamontowano pełne bramy stalowe segmentowe, bez przeszkleń i dodatkowych nawiewów. Z uwagi na fakt, że zastosowane bramy nie są hermetyczne, nadal jest możliwa niewielka wymiana powietrza w tunelu.

W chwili zakończenia prac przez PeBeKa SA nie został jeszcze określony docelowy sposób wentylowania sztolni po zamontowaniu bram segmentowych zamykających portale wejściowe.

3.3. Roboty montażowe konstrukcji wsporczej rurociągów w sztolni

Na podstawie wytycznych projektowania i montażu rur HOBAS dla ich przeprowadzenia przez sztolnię zostały zaprojektowane i wykonane stalowe podpory stałe i swobod-

ne. Podpory te są zabudowane przemiennie w odstępach co 3,0 m. Transport podpór na miejsce wbudowania z uwagi na szczupłość miejsca odbywał się za pomocą wózka ręcznego. Ręcznie także stawiano i montowano podpory na postumentach za pomocą kotew wklejanych RM o długości roboczej 0,3 m, a do ociosu za pomocą wklejanych kotew RM o długości roboczej 1,8 m. Na spągu tunelu podpory były stawiane na postumentach betonowych wykonanych w trakcie betonowania posadzki w sztolni.

3.4. Roboty budowlane w wykopach otwartych

W ramach tego zakresu prac wykonano monolityczne żelbetowe wejścia do sztolni. Składały się one z przylegających bezpośrednio do sztolni skrzyń żelbetowych, a na portalu południowym dodatkowo zaprojektowano mur oporowy. Na podstawie dokumentacji geologicznej projektowane posadowienie obudowy wejść do sztolni i ściany oporowej było na skale, podczas gdy napotkane podłoże stanowił grunt kamienisto-żwirowy. W związku z tym zaistniała potrzeba przeprojektowania konstrukcji żelbetowych do nowych warunków gruntowych i np. zamiast przekazywania obciążenia ze ścian portali bezpośrednio na podłoże, przekazać je na płytę denną. W przypadku muru oporowego powstała sytuacja braku oparć skalnych dla belek pośrednich i należało zamiennie zaprojektować mur oporowy z płytami odciażającymi. Dzięki zastosowaniu płyt odciażających grubość murów oporowych wynosi 25,0 cm, a szerokość stopy 170,0 cm zamiast w rozwiązaniu klasycznym odpowiednio 50,0 cm i 400,0-500,0 cm. Docelowo elementy żelbetowe portali wejściowych i mury oporowe zostaną obsypane gruntem piaszczystym i będzie przeprowadzona rekultywacja terenu w tym obszarze.

4. Podsumowanie

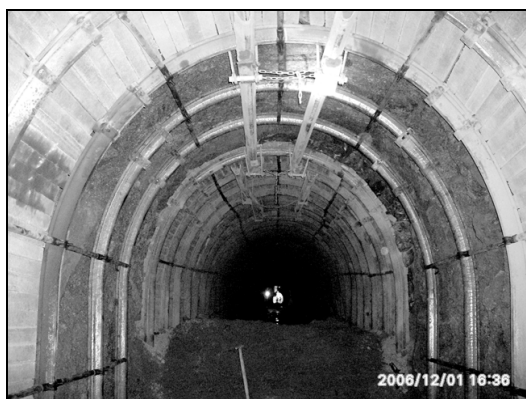
Zadanie zostało wykonane w zaplanowanym pierwotnie terminie, pomimo warunków górotworu diametralnie odbiegających od założeń projektowych. Prace wykonano w sposób bezpieczny dzięki starannemu i systematycznemu nadzorowi. Nie dopuszczono do powstania zdarzeń potencjalnie niebezpiecznych dla zdrowia i życia osób realizujących obiekt. Tylko ogromne doświadczenie PeBeKa SA umożliwiło płynną realizację sztolni oraz pomogło w dostosowywaniu techniki strzałowej do drażenia w obszarze bardzo niestabilnych mas skalnych. Dzięki zmianowej organizacji robót dotrzymano terminu końcowego oczekiwanego przez Zamawiającego niezależnie od zwiększonego zakresu prac związanego z koniecznością wykonywania obudowy portalowej na całej długości sztolni.

Inwestorzy planujący tego typu zadania do realizacji powinni posiadać rezerwy finansowe na powstawanie zakresów nieprzewidzianych. W tym przypadku była to konieczność wykonania obudowy portalowej na całej długości obiektu i konieczność budowy sieci wodociągowej dla mieszkańców pozbawionych wody pitnej. Podkreślać należy również staranne przygotowywanie inwestycji na jej wszystkich etapach.

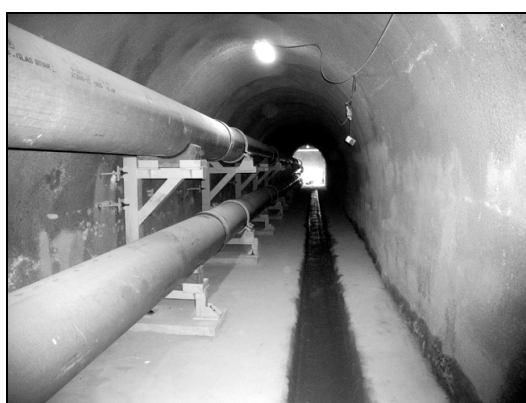
Na rysunkach 1-3 przedstawiono fotografie obiektu.



Rys. 1. Portal południowy



Rys. 2. Tunel w obudowie wstępnej ŁP z pełną wykładką betonową



Rys. 3. Tunel w obudowie ostatecznej z zabudowanymi rurociągami wodnymi