



P O L I T E C H N I K A Ś L ą S K A

WYDZIAŁ GÓRNICTWA I GEOLOGII

KATEDRA GEOMECHANIKI, BUDOWNICTWA
PODZIEMNEGO I ZARZĄDZANIA OCHRONĄ
POWIERZCHNI

UL. AKADEMICKA 2
PL-44-100 GLIWICE
Tlp.: +48 32 237 13 14
Tlp.: +48 32 237 29 51
Fax: +48 32 237 12 38
E-mail: rg4@.polsl.pl

NIP: 631-020-07-36 / REGON: 000001637 / ING BANK ŚLĄSKI SA O/GLIWICE / NR RACHUNKU: 60 1050 1230 1000 0002 0211 3056



Praca naukowo – badawcza NB-189/RG-4/2016
06/040/NB_16/0048

**Opracowanie służące podjęciu działań
dla zahamowania naturalnej degradacji
końcowego odcinka historycznej sztolni „Fryderyk”
 („Kościuszko”) w Tarnowskich Górach,
z wylotem znajdującym się na terenie Płakowic
gm. Zbrostawice.**

Kierownik
Zespołu Autorskiego

Kierownik Katedry

.....

.....

Gliwice, wrzesień 2016 r.

Skład Zespołu Autorskiego:

Dr hab. inż. Stanisław DUŻY, prof. nzw. w Pol. Śl. – kierownik zespołu

Dr inż. Grzegorz DYDUCH

Dr inż. Wojciech PREIDL

Dr inż. Grzegorz STACHA

Mgr inż. Artur CZEMPAS

Mgr inż. Sandra UTKO

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	8
2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SZTOLNI FRYDERYK (KOŚCIUSZKO) W TARNOWSICH GÓRACH.....	9
2.1. Historia budowy Sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”).....	9
2.2. Charakterystyka techniczna wyrobiska	11
2.3. Charakterystyka powierzchni terenu wzdłuż wybiegu analizowanego odcinka sztolni ...	13
2.3.1. Portal wlotowy (Brama Gwarków)	13
2.3.2. Odcinek sztolni od wlotu „Bramy Gwarków” do skarpy opadającej z Sowiej Góry	15
2.3.3. Deformacje powierzchni nad sztolnią, odcinek od Adama do Ewy	20
3. ANALIZA WARUNKÓW GEOLOGICZNO – GÓRNICZYCH W REJONIE LOKALIZACJI WSKAZANEGO DO BADAŃ ODCINKA SZTOLNI.	23
3.1. Zarys budowy geologicznej górotworu	23
3.2. Warunki hydrogeologiczne	28
4. OCENA WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH SKAŁ BUDUJĄCYCH MASYW W PRZEDMIOTOWYM REJONIE WRAZ Z OCENĄ ICH ZMIENNOŚCI	32
5. BADANIA STANU TECHNICZNEGO OBUDOWY SZTOLNI „FRYDERYK” (KOŚCIUSZKO).	34
5.1. Makroskopowa ocena stanu technicznego obudowy analizowanego wyrobiska.....	34
5.2. Badania wytrzymałości obudowy kamiennej wyrobiska.	53
5.2.1. Charakterystyka metody pomiarowej.....	53
5.2.2. Przebieg badań i ich wyniki	54
5.2.3. Określenie wytrzymałości obudowy kamiennej wyrobiska	59
5.3. Badania stopnia korozji obudowy kamiennej wyrobisk	61
5.3.1. Wpływ czynników środowiskowych na obudowy kamienne	61
5.3.1.1. Czynniki chemiczne	62
5.3.1.2. Czynniki biologiczne.....	63
5.3.1.3. Czynniki fizyczne.....	65
5.3.1.4. Czynniki antropogeniczne.....	66
5.3.2. Destrukcja obudów kamiennych	67
6. OKREŚLENIE ODDZIAŁYWANIA GÓROTWORU NA OBUDOWĘ WYROBISKA.	69
6.1. Podstawy teoretyczne	69
6.2. Określenie obciążenia obudowy.....	78
7. OKREŚLENIE NOŚNOŚCI KONSTRUKCJI OBUDOWY SZTOLNI Z UWZGLĘDNIENIEM AKTUALNEGO STANU TECHNICZNEGO.	81
7.1. Analiza parametrów obudowy kamiennej wyrobiska	81
7.2. Określenie stopnia wyczerpania nośności przekroju w poszczególnych elementach obudowy	83

8. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA PRZEBIEG DEGRADACJI NATURALNEJ KOŃCOWEGO ODCINKA SZTOLNI „FRYDERYK” („KOŚCIUSZKO”).	86
8.1. Ocena zmienności warunków utrzymania stateczności Sztolni z uwagi na właściwości gruntu i ich zmienność.	89
8.2. Ocena wpływu oddziaływań zewnętrznych i ich zmienności na stateczność obudowy Sztolni.	90
8.3. Ocena wpływu robót górniczych wykonanych w wyrobisku lub jego otoczeniu na stateczność sztolni w analizowanym odcinku.	92
8.4. Ocena stopnia zużycia obudowy Sztolni w analizowanym odcinku.	92
8.5. Ocena stopnia zagrożenia powierzchni i jej infrastruktury w aspekcie zagrożenia utrata stateczności obudowy Sztolni.	93
9. OCENA STOPNIA BEZPIECZEŃSTWA OBUDOWY ANALIZOWANEGO ODCINKA SZTOLNI.	99
10. ZAKRES NIEZBĘDNYCH DZIAŁAŃ DLA ZAHAMOWANIA NATURALNEJ DEGRADACJI KOŃCOWEGO ODCINKA HISTORYCZNEJ SZTOLNI „FRYDERYK” („KOŚCIUSZKO”).....	104
10.1. Działania praktyczne niezbędne dla zabezpieczenia sztolni na odcinkach zagrożonych.	104
10.2. Prace badawcze i ekspertyzy techniczne.	107
10.3. Prace projektowe.	108
10.4. Działania organizacyjne.	109
11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE	110

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

Załącznik nr 1. Mapa sztolni Fryderyk, skala 1:10000,

Załącznik nr 2. Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues Blat 6 Alt-Tarnowitz, skala 1:10000,

Załącznik nr 3. Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues Blat 10 Repten, skala 1:10000,

Załącznik nr 4. Mapa sytuacyjno-wysokościowa - Sztolnia „Czarnego Pstrąga” skala 1:5000,

Załącznik nr 5. Szczegółowa mapa geologiczna Polski Arkusz M 34-50D Bytom, skala 1:50000,

Załącznik nr 6. Geologische Karte von Preussen und benachbarte Bundesstaaten. Blat Broslawitz 1911-12, skala. 1:25000,

Załącznik nr 7. Przekrój podłużny sztolni Czarnego Pstrąga od szybu „Ewa” do wylotu, oraz odcinka rzeki Dramy, skala 1:2000/100,

Załącznik nr 8. Sztolnia Czarnego Pstrąga odcinek od 575 do 1210 m, skala 1:50,

Załącznik nr 9. Sztolnia Czarnego Pstrąga odcinek od 1210 do 1850 m, skala 1:50,

Załącznik nr 10. Film: Sztolnia Fryderyk (Kościuszkó) – stan aktualny.

LITERATURA I MATERIAŁY WYKORZYSTANE W OPRACOWANIU

BN-79/0434-04 Wyrobiska korytarzowe w kopalniach. Obudowa sklepiona. Wytyczne projektowania i obliczeń statycznych.

Chudek M. (1987) Budownictwo podziemne cz. I. Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych, Wyd. „Śląsk”, Katowice.

Chudek M. (2002) Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wyd. Pol. Śl., Gliwice.

Chudek M., Duży S. (2005) Geotechniczne problemy utrzymania wyrobisk korytarzowych w złożonych warunkach geologiczno – górniczych. Górnictwo i Geoinżynieria, rok 29, nr 3/1,

Chudek M., Duży S., Kleta H., Kłeczek Z., Stoiński K., Zorychta A. (2000) Zasady doboru i projektowania obudowy wyrobisk korytarzowych i ich połączeń w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny. Wyd. KGBPiOP Pol. Śl., Gliwice - Kraków - Katowice.

Chudek M., Janusz W., Zych J. (1988) Studium dotyczące rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, zeszyt nr 141, Gliwice.

Domasławski W. (1971). Sposoby usuwania nawarstwień powierzchniowych z kamiennych obiektów zabytkowych. Przed. Państw. Pracow. Konserw. Zabyt. Warszawa.

Domasławski W. (1993). Profilaktyczna konserwacja kamiennych obiektów zabytkowych. Wyd. Uniw. M. Kopernika. Toruń.

Domasławski W. (2011). Zabytki kamienne i metalowe, ich niszczenie i konserwacja profilaktyczna. Wyd. Uniw. M. Kopernika, Toruń.

Duży S. (2004) Probabilistyczna analiza stateczności budowli podziemnych. Przegląd Górniczy, nr 4.

Duży S. (2005) Ocena bezpieczeństwa konstrukcji wyrobisk korytarzowych w kopalniach węgla kamiennego z uwzględnieniem zmienności warunków naturalnych i górniczych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 2005, nr 6(130).

Duży S. (2007) Studium niezawodności konstrukcji obudowy i stateczności wyrobisk korytarzowych w kopalniach węgla kamiennego z uwzględnieniem niepewności informacji. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 277, Gliwice.

Duży S., Dyduch G., Preidl W., Bączek A., Czempas A. (2014) Problematyka ochrony i zabezpieczenia podziemnych wyrobisk w obudowie kamiennej. Hereditas Minariorum, 1: 187–196.

Duży S., Preidl W., Bączek G., Dyduch Ł., Pawlas Ł. (2012) Ocena niezawodności i bezpieczeństwa konstrukcji obudowy kamiennej wyrobisk Kopalni Ćwiczebnej Muzeum Miejskiego „Szttygarka” w Dąbrowie Górniczej poddanych niekorzystnemu oddziaływaniu środowiska. Górn. i Geol., 1: 47–58.

Duży S., Preidl W., Różacki R. (2006) Wpływ czynników środowiskowych na trwałość i walory użytkowe obudowy kamiennej Głównej Kluczowej Sztolni Dziedzicznej w Zabrze. Pr. Nauk. Inst. Górn. Polit. Wr., 32: 53–62.

Duży S.: Studium niezawodności konstrukcji obudowy i stateczności wyrobisk korytarzowych w kopalniach węgla kamiennego z uwzględnieniem niepewności informacji. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 277, Gliwice 2007.

Filcek H., Walaszczyk J., Tajduś A. (1994) Metody komputerowe w geomechanice górniczej. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice.

Gałączyński S. (2001) Podstawy budownictwa podziemnego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

Główny Instytut Górnictwa (2015) Zadanie dotyczące rozpoznania możliwości i metod zabezpieczenia zapadliska przy Bramie Gwarków oraz rozpoznanie możliwości i metod zabezpieczenia wejścia do nieczynnego wyrobiska górniczego będącego miejscem wlotu nietoperzy przed osuwającymi się odłamkami skalnymi w Kamieniołomie Bobrowniki.

Józef Moszny (2002) Der Tiefe Friedrich- und Schwarze Forellen-Stollen bei Tarnowskie Góry/Tarnowitz-Ein Vergleich zum Fuchsstollen, Der Anschnitt – Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau, 2002/2-4

Kerber B. (1977) Charakterystyka złóż w rejonie tarnogórskim. Charakterystyka rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. Prace, Instytut Geologiczny. Wyd. Geologiczne, Warszawa.

Kidybiński A. (1982) Podstawy geotechniki kopalnianej. Wyd. "Śląsk", Katowice.

Kłys G (2004) Przyroda Podziemi Tarnogórskich, Pyrzowice.

Kondracki J. (1987) Podstawy regionalizacji fizycznogeograficznej. PWN, Warszawa.

Mikoś T., Chmura J., Tajduś A. (2014) Górniczo-geotechniczne metody adaptacji i rekonstrukcji zabytkowych podziemi: 80 lat doświadczeń Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie w dziele ratowania najcenniejszych wyrobisk. Wyd. AGH. Kraków.

PN-81/B-03020:1981. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

PN-B-01080:1984 Kamień dla budownictwa i drogownictwa. Podział i zastosowanie według własności fizyczno-mechanicznych.

PN-B-03002:1999, Konstrukcje murowe niezbrojone - Projektowanie i obliczanie

PN-G-04303;1997, Skały zwięzłe - Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie z użyciem próbek foremnych

PN-G-05020:1997 Podziemne wyrobiska korytarzowe i komorowe. Obudowa sklepienia. Zasady projektowania i obliczeń statycznych.

Polska Norma PN-ISO 2394. 2000: Ogólne zasady niezawodności konstrukcji budowlanych.

Praca zbiorowa (1991) Mechanika budowli. Ujęcie komputerowe. Wyd. "Arkady", Warszawa.

Praca zbiorowa (1996) Przegląd i kierunki rozwoju obudowy wyrobisk korytarzowych i komorowych w kopalniach węgla kamiennego. Cz. III. Stalowe obudowy odrzwiowe dla wyrobisk korytarzowych i komorowych. Prace GIG Nr 811, Katowice.

Praca zbiorowa pod red. K. Probierza i P. Strzałkowskiego: Zarys podziemnego górnictwa węgla kamiennego. Wyd. Pol. Śl., Gliwice, 2007.

Strzałkowski P. (2000) Wpływ płytkiej eksploatacji górniczej na zagrożenie powierzchni terenu deformacjami nieciągłymi. Z.N. Pol. Śl. S. Górnictwo z. 246. Gliwice.

Szaflarski J. (1969) Środowisko geograficzne. W: Tarnowskie Góry. Zarys rozwoju powiatu. Red. H. Rechowicz. Śląski Instytut Naukowy w Katowicach, Wydawnictwo "Śląsk", Katowice: 9–47.

Waszczyszyn Z., Cichoń Cz., Radwańska M. (1990) Metoda elementów skończonych w stateczności konstrukcji. Wyd. Arkady, Warszawa.

Żeglicki J. (1996) O budowie geologicznej, rudach i minerałach rejonu Tarnowskich Gór. Stowarzyszenie Miłośników Ziemi tarnogórskiej, Tarnowskie Góry;

Żeglicki J. (2002) Zarys geomorfologii i geologii tarnowskiego rejonu złożowego. W: Wasilewski R. (red.), Materiały Symposium: 45 lat działalności Sztolni „Czarnego Pstrąga” w Tarnowskich Górach. Stowarzyszenie Miłośników Ziemi Tarnogórskiej, Tarnowskie Góry, s. 5-24.

1. WPROWADZENIE

Eksploatację górnictwem prowadzi się w złożu o określonej zasobności, będącym nieodtworzalnym elementem środowiska naturalnego. Wraz z postępem eksploatacji zasoby złoża ulegają zmniejszeniu, aż do ich całkowitego wyczerpania. W takiej sytuacji istnieje konieczność likwidacji kopalni, która obejmuje działania górnicze, techniczne, administracyjne oraz społeczne. W wyniku likwidacji kopalń, na ich terenach, pozostają obiekty podziemne, które mogą być zlikwidowane lub zagospodarowane do innych celów.

Górnictwo w Województwie Śląskim było motorem rozwoju cywilizacyjnego regionu. Dzięki niemu powstało wiele nowoczesnych na owe czasy zakładów przemysłowych, osiedli mieszkaniowych, obiektów socjalnych, oświatowych, kulturalnych itp. Są one świadectwem historii i dorobku wielu pokoleń mieszkańców regionu.

Prowadzenie działalności górniczej przez wiele lat (czasem ponad 200) powoduje, że w okresie likwidacji kopalni część jej obiektów posiada charakter zabytków. Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami stwierdza, że do obowiązków właściciela obiektu zabytkowego należy utrzymanie go we właściwym stanie technicznym i estetycznym. Ochronę sprawują służby konserwatorskie i budowlane na podstawie właściwych ustaw.

Z drugiej strony, pozostawione po zlikwidowaniu kopalni obiekty podziemne – obok ich walorów historycznych – stają się elementem ekosystemu, w których realizowane są procesy naturalne lub techniczne.

Sztolnia „Fryderyk” („Kościuszko”) jest ostatnią z wybudowanych sztolni w rejonie tarnogórskim i w swoim założeniu miała odwadniać rejony eksploatacji rud w obszarze kopalni „Fryderyk”. Historyczna nazwa tej sztolni to Tiefe Friedich Stollen (Głęboka Sztolnia Fryderyk). Po II Wojnie Światowej zmieniono nazwę sztolni na „Kościuszko”.

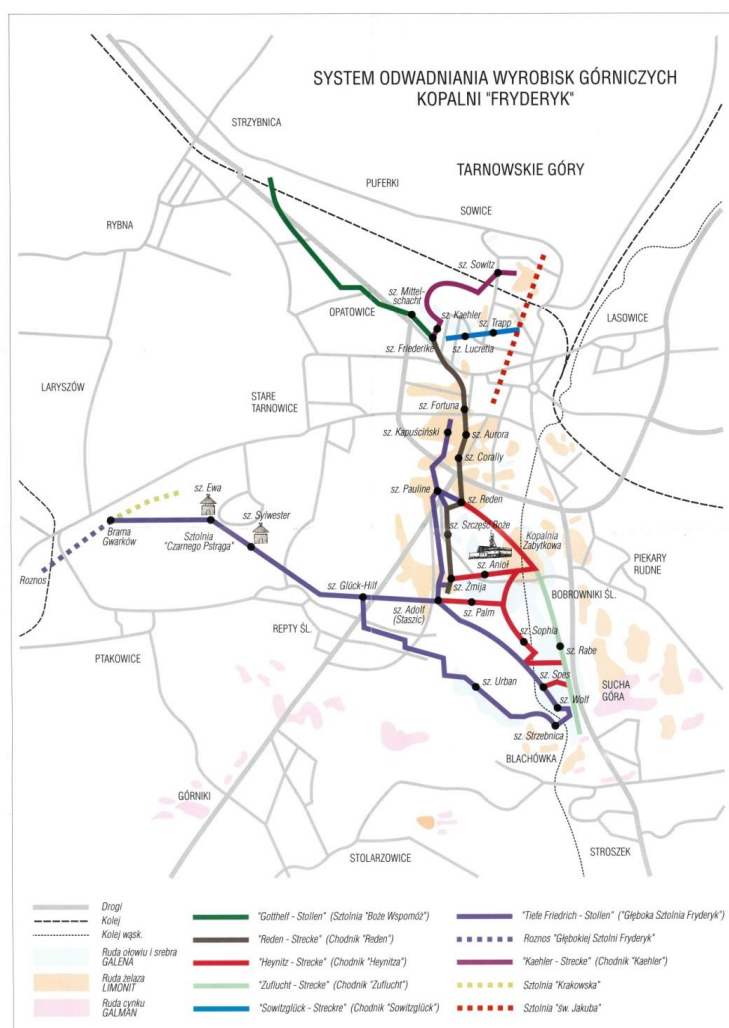
Po zlikwidowaniu kopalni sztolnia spełnia ważną rolę w gospodarce wodnej rejonu. Spływa nią woda z okolicznych źródeł, która odprowadzana jest do rzeki Dramy. Długi okres istnienia sztolni, jak i procesy naturalne i geotechniczne zachodzące w jej otoczeniu spowodowały postępujący proces degradacji i widoczne zużycie techniczne jej obudowy.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest określenie zakresu podjęcia działań dla zahamowania naturalnej degradacji końcowego odcinka historycznej sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”) w Tarnowskich Górach, z wylotem znajdującym się na terenie Ptakowic gm. Zbrośławice.

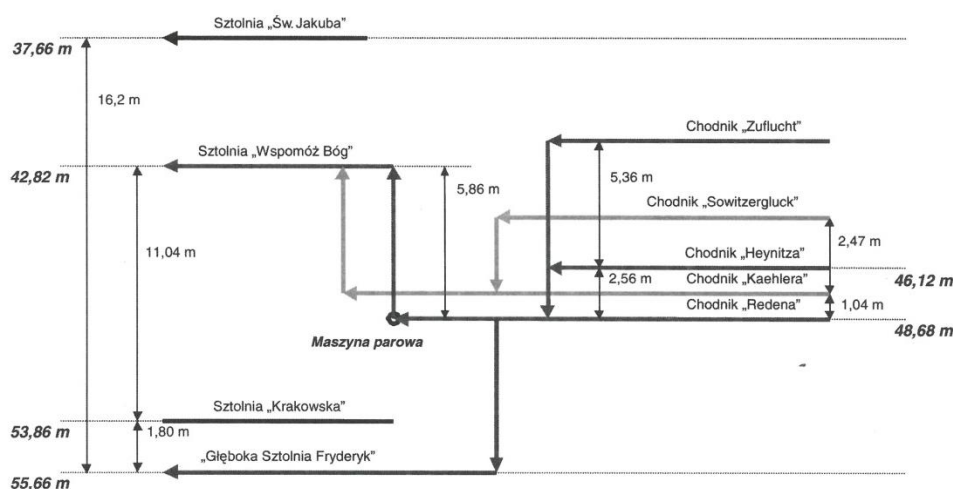
1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SZTOLNI FRYDERYK (KOŚCIUSZKO) W TARNOWSICH GÓRACH

2.1. Historia budowy Sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”)

Górotwór w rejonie Garbu Tarnogórskiego, gdzie prowadziła eksploatację rud srebrnonośnych, kopalnia „Fryderyk” zbudowany jest w przeważającej części ze skał osadowych: węglanowych, na których zalegają młodsze skały osadowe czwartorzędowe. Skały te charakteryzują się bardzo dobrą przepuszczalnością. Wody opadowe bardzo szybko wnikają w głąb warstw skalnych powodując często zatapianie drążonych wyrobisk. W rejonie Tarnowskich Gór kopalnie opanowywały zagrożenie wodne w dwojaki sposób, albo poprzez zczyrpywanie wody za pomocą różnego typu kieratów i pomp, albo poprzez grawitacyjne odprowadzenie wody z wyrobisk systemem sztolni odwadniających (rys. 2.1 i 2.2). Pierwsze sztolnie w omawianym rejonie rozpoczęto drążyć już na początku XVI w. [Moszny 2002].



Rys. 2.1. Schemat odwadniania wyrobisk górniczych kopalni „Fryderyk”. (wg. J. Mosznego [Moszny 2002]).



Rys. 2.2. Schemat głębokości i różnic poziomów sztolni odwadniających kopalni „Fryderyk”.
(wg. J Moszny [Moszny 2002])

Sztolnia „Fryderyk” („Kościuszko”) jest ostatnią z wybudowanych sztolni w rejonie tarnogórskim w swoim założeniu miała odwadniać następujące rejony eksploatacji rud, wchodzące w obszar nadania kopalni „Fryderyk”: Rejon Sztolniowy, Rejon Miejski, Rejon Suchogórski i Rejon Bobrownicki. Rozpoczęcie drążenia sztolni rozpoczęto od wykonania rowu roznosu i połączenia go z wylotem projektowanej sztolni na zachód od Bramy Gwarków, z rzeką Dramą. Historyczna nazwa tej sztolni to Tiefe Friedich Stollen (Głęboka Sztolnia Fryderyk). Po II Wojnie Światowej zmieniono nazwę sztolni na „Kościuszko”.

Wylot sztolni ulokowano w dolinie rzeki Dramy na wschód od wsi Zbrostawice w odległości ok 275 m na południe od drogi Pyskowice – Tarnowskie Góry, w rejonie jej skrzyżowania z drogą do wsi Laryszów. Roznos sztolni o długości ok 880 m w kierunku na zachód łączy się z rzeką Dramą. Ujście części podziemnej ujęto klasycystyczną bramą, murowaną z bloków piaskowca. (Rys. 2.3.)

Sztolnia składa się z czterech odcinków:

- I o długości 50 łątrów (104,5 m),
- II o długości 559 łątrów (1169,6 m),
- III o długości 763 łątrów (1956,4 m),
- IV o długości 814 łątrów (1703,1 m),

Łączna długości wszystkich odcinków wchodzących w skład sztolni „Fryderyk” wynosiła 2186 łątra (ok. 4568 m).

Sztolnię rozpoczęto drążyć 21 kwietnia 1821 roku. Część podziemną o długości 4568 m drążono jednocześnie z 14 przodków, udostępnionych wykopanymi w linii przebiegu sztolni

szybikami. Ostatecznie dla celów wentylacji przodków i oświetlenia podziemi zgłębiono wzdłuż trasy sztolni 25 szybików (niem. *Lichtschächte*) i dodatkowo 2 szyby odwadniające, na których zamontowano maszyny parowe o średnicach cylindrów 24 i 40 cali. Budowę sztolni zakończono w lipcu 1834 roku. Drażenie wyrobiska sztolni było prowadzone w bardzo trudnych warunkach geologicznych. Dochodziło do wdarć kurzawki, obwałów słabych skał stropowych i silnego dopływu wody do wyrobiska. Robotami górniczymi przez okres 10 lat kierował starszy nadzorca (Ober Einfahrer) Tarnogórskiego Urzędu Górniczego Rudolf A. W. Carnall.

Całość prac związanych z odwadnianiem rejonów eksploatacyjnych Kopalni „Fryderyk” zakończono dopiero w roku 1880. System centralnego odwadniania kopalni „Fryderyk” obejmował łącznie 14.752 m wyrobisk i funkcjonował do roku 1904. Po zaprzestaniu wydobywania w kopalni system wyrobisk odwadniających w skład którego wchodziła sztolnia „Fryderyk” („Kościuszko”) był wykorzystywany do zaopatrywania w wodę rejonu Tarnowskie Góry. Ujęcie wody zbudowane na szybie „Adolf” („Staszic”) funkcjonowało do roku 2001. Obecnie woda z tego ujęcia jest przelewana do wyrobiska sztolni.



Rys. 2.3. Portal wlotowy do sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”) (zdj. 02.08.2016r.)

2.2. Charakterystyka techniczna wyrobiska

Wlot sztolni zlokalizowany jest na terenie wsi Ptakowice gm. Zbrosławice około 275 m na południe od drogi Zbrosławice Tarnowskie Góry, w dolinie rzeki Dramy. Jest to najniższy punkt terenu w stosunku do prowadzonej eksploatacji przez kopalnię „Fryderyk”. Dawało to

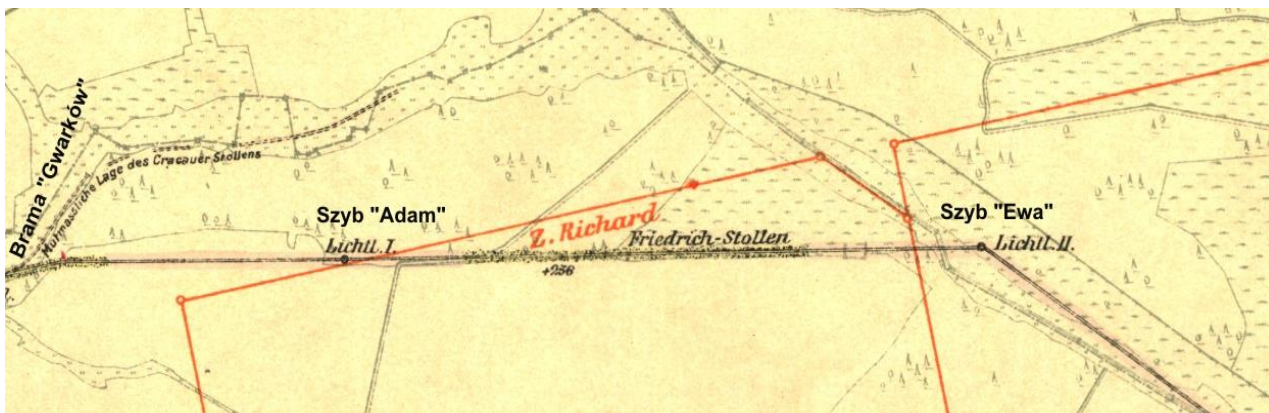
możliwość grawitacyjnego odprowadzenia wód podziemnych dopływających do wyrobisk kopalni. Na zachód od wlotu wykonany jest tzw. roznos o długości około 650 m, który łączy sztolnię z rzeką Dramą. Na całej długości przedmiotowego odcinka sztolnia jest wykonana w obudowie murowanej z kamienia ciosanego na zaprawie wapiennej. W miejscach gdzie były prowadzone roboty zabezpieczające, odcinkowo wykonana jest obudowa murowana z cegły na zaprawie betonowej oraz obudowa betonowa. Obudowy te w sztolni wykonane zostały po roku 1945 i nie mają walorów historycznych. Początkowy odcinek sztolni o długości około 110 m, azymut 77° wykonany jest w obudowie kamiennej murowanej z kamienia ciosanego na zaprawie wapiennej. Na odcinku zawalu sztolni, który wystąpił w sierpniu 2008 r. o długości około 3m sztolnia nie posiada obudowy sklepienia. W miejscu tym jest zabudowana obudowa podporowa drewniana. W odległości około 4 m od zawalu w sztolni wykonano obudowę monolityczną z betonu. W miejscu tym, w roku 1962 powstał obwał, który został zabezpieczony za pomocą obudowy betonowej układanej za szalunkiem. Widoczne są ślady po szalunku z desek. Na ww. odcinku gabaryty przekroju poprzecznego sztolni wynoszą: szerokość 1,75 m a wysokość 2,75 m.

Po 110 m od wlotu bieg sztolni odchyła się o około 9° na południe. Dalszy odcinek o długości około 1015 m jest prostoliniowy. W połowie tego odcinka w odległości 468 m znajduje się wlot do szybu „Adam”. Szyb nie posiada wylotu na powierzchnię. Zasypany jest warstwą zasypu z kamienia o grubości około 4,5 m. Gabaryty przekroju poprzecznego sztolni na powyższym odcinku wynoszą: szerokość 1,70 m, a wysokość 2,80 m. Na odcinku o długości około 172 m mierząc od szybu „Adam” sztolnia posiada następujące gabaryty przekroju poprzecznego: szerokość 1,70 m a wysokość 2,80 m. Kolejny odcinek o długości 361 m posiada gabaryty przekroju poprzecznego: szerokość 1,5 m a wysokość 2,80 m. Na kolejnym odcinku o długości 8 m przekrój poprzeczny sztolni ulega zwężeniu. Szerokość sztolni wynosi 1,15 m, a jej wysokość 2,20 m. Kolejny odcinek sztolni o długości 116 m posiada szerokość 1,42 m i wysokość 2,80 m.

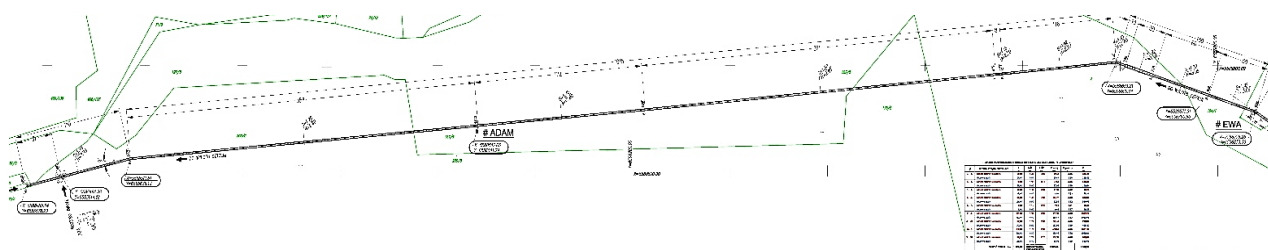
W odległości 1115 m od wlotu sztolni kierunek jej biegu sztolni się zmienia. Sztolnia skręca o około 20° na południe by po 1150 m połączyć się z podszybiem szybu „Ewa”. Na powyższym odcinku gabaryty przekroju poprzecznego sztolni się zmieniają i wynoszą: szerokość od 1,32 do 1,92 m, a wysokość 2,85 do 3,10 m.

Łączna długość przedmiotowego odcinka sztolni „Fryderyk” („Kościuszek”) wynosi 1275 m. Odcinek ten był budowany w latach 1721 do 1834. Jak wykazała wizja lokalna przeprowadzona w wyrobisku sztolni w okresie późniejszym były wykonywane naprawy i remonty obudowy sztolni, o czym mogą świadczyć zachowane napisy na ścianach

ociosowych obudowy. Stwierdzono również pewne niezgodności pomiędzy rzeczywistym przebiegiem sztolni, a tym co jest przedstawione na mapach (rys. 2.4 i 2.5).



Rys. 2.4. Przebieg sztolni na mapie z 1912 r. (Wpisano polskie nazwy szybów).



Rys.2.5. Przebieg sztolni wg mapy otrzymanej od SMZT

Według pozyskanych materiałów występują różnice dotyczące długości poszczególnych odcinków sztolni jak również azymutu kierunku głównego sztolni. Na mapie niemieckiej z 1912 roku kierunek biegu sztolni jest prawie wschodni, natomiast na mapie otrzymanej od SMZT kierunek jest północnowschodni (NE). Występują również różnice w odniesieniu do lokalizacji szybu „Ewa”. W związku z tak dużymi rozbieżnościami w materiałach mapowych niezbędne jest dokładne zlokalizowanie przebiegu sztolni na aktualnym podkładzie terenowym.

2.3. Charakterystyka powierzchni terenu wzdłuż wybiegu analizowanego odcinka sztolni

2.3.1. Portal wlotowy (Brama Gwarków)

Portal wlotowy do sztolni „Frydery” zlokalizowany jest w dolinie rzeki Dramy na zachód od wsi Zbrostawice w odległości około 275 m na południe od drogi Pyskowice-Tarnowskie Góry (ul. Pyskowicka). Od rzeki Dramy z którą sztolnia łączy się w odległości ok 650 m

licząc od wylotu oddzielona jest groblą szerokości ok. 20 m. W rejonie wylotu sztolnia jest obniżona w stosunku do poziomu rzeki Dramy o ok. 1,5 m.

Portal wlotowy do sztolni (Brama Gwarków) został wykonany z bloków piaskowca w stylu klasycystycznym, charakterystycznym dla tego typu budowli wznoszonych na terenie Niemiec w końcu wieku XIX. (Rys.2.6.)



.Rys.2.6. Widok portalu wlotowego do sztolni (Bramy Gwarków)
a) Stan na dzień 07.04.2016r b) Stan na dzień 02.08.2016r

Teren wokół portalu wlotowego aktualnie został uporządkowany. Prowadzone prace zmierzały do odtworzenia historycznego wyglądu tego rejonu zgodnego z dokumentacją archiwalną. Portal wlotowy „Brama Gwarków” wykonany jest z kłębów ciosanych z piaskowca. Nad portalem zbudowany jest spadziste zadaszenie wykonane z płyt ciosanych z piaskowca. Płyty zadaszenia spojone są za pomocą klamer żelaznych. Pomiędzy zadaszeniem a portalem wlotowym zachowane są pozostałości tympanonu. Wymiary wlotu wynoszą; szerokość 1,66 m, a wysokość 2,45 m, mierzona od lustra wody. Promień sklepienia półkolistego wynosi 0,83 m. Wymiary portalu wynoszą; szerokość 3,69 m, wysokość 4,45 m, szerokość zadaszenia 4,92 m kąt spadu zadaszenia 15°. Nad wlotem wykuty jest znak górniczy tzw. kupła i data 1821 (rok rozpoczęcia budowy sztolni). Na murze od strony północnej wykuta jest również kupła i rok 1887 a po stronie południowej napis J Janus i rok 1887.



Rys.2.7. Zadaszenia portalu widok od strony północnej. Widoczne ułożenie płyt z piaskowca i wyrzeźbione na murze napisy.

Skarpa z której wychodzi portal, o wysokości równej wysokości portalu zabezpieczona jest murem oporowym wykonanym z ciosanego wapienia. Wysokość muru mierzona od lustra wody wynosi 2,19 m. Wlot do sztolni zamknięty jest kratą wykonaną z płaskowników żelaznych. Otwory w kratce spełniają wymagania stawiane przez chiropterologów.

Stan techniczny wylotu sztolni jest niezadawający. Spoiny w kamieniach z których jest zbudowany wlot są rozwarłe, brak zaprawy. Klamry żelazne spajające płyty przykrycia wlotu są niekompletne a częściowo wyrwane z muru. W miejscach gdzie dawniej znajdowały się rzeźby „lwów” są wyrwy w murze. Całość wymaga starannej konserwacji i zabezpieczenie przed dalszą degradacją.

2.3.2. Odcinek sztolni od wlotu „Bramy Gwarków” do skarpy opadającej z Sowiej Góry

Od portalu wlotowego w kierunku wschodnim sztolnia przebiega pod w miarę płaskim terenem w dolinie rzeki Dramy. Odcinek ten jest bardzo silnie zarośnięty roślinnością krzewiastą i zaroślami z przewagą jeżyn. Grubość warstwy nadkładu na ww. odcinku wynosi około 2,5 m i wzrasta w kierunku biegu sztolni. (Rys.2.8.)



Rys.2.8. Widok terenu od wlotu sztolni w stronę zapadliska II. (zdj. 2016.08.08)

W odległości około 35 m od wlotu sztolni zlokalizowane jest zapadlisko (na rysunkach oznaczone jako Zapadlisko I). Według uzyskanych informacji zapadlisko powstało w roku 2008 na skutek zawalenia się obudowy sztolni na odcinku ok 3,5 m. Wymiary zapadliska o kształcie nieregularnego owalnego leja wynoszą: długość: mierzona po kierunku biegu sztolni 8,3 m w kierunku prostopadłym do biegu sztolni 6,8 m, głębokość ok 4,4 m. Po stronie zachodniej zapadliska wykonana jest „studnia” z kręgów betonowych o głębokości ok. 2,5 m i średnicy 1,5 m. Studnia jest częściowo zakryta płytą betonową.

Prace zabezpieczające w rejonie powstałego zapadliska objęły:

- osiatkowanie za pomocą siatki ogrodzeniowej powlekanej poboczy zapadliska,
- zabudowę rozpór wykonanych z belek drewnianych, zabezpieczających stoki zapadliska przed dalszym osuwaniem się,
- rozpory zostały zabudowane koncentrycznie względem centralnego słupa.

Poszczególne elementy drewniane obudowy zabezpieczającej zapadlisko zostały zespolone za pomocą klamer ciesielskich. Na dnie zapadliska widoczna jest zerwana obudowa stropu sztolni i widoczna jest woda przepływająca przez sztolnię. Teren zapadliska jest otoczony taśmą ostrzegawczą i umieszczone są tablice „Wstęp wzbroniony”.

Aktualnie należy stwierdzić, że stan zabezpieczeń wykonanych w obrębie zapadliska jest bardzo zły. Rozpory i stojaki zabezpieczające są silnie zbutwiałe, a siatka opinająca pordzewiała. Koniecznym jest jak najszybsze odtworzenie zawalanej obudowy sztolni i zasypanie leja zapadliskowego.



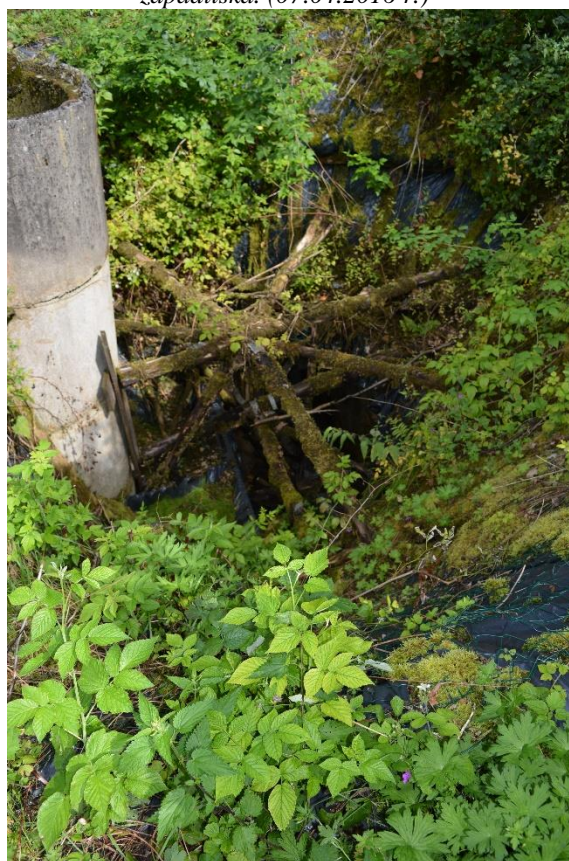
*Rys.2.9. Rozpory zabezpieczające stoki zapadliska.
(07.04.2016 r.)*



*Rys.2.10. Siatka ogrodzeniowa opinająca stoki
zapadliska. (07.04.2016 r.)*



*Rys.2.11. Studnia i rozpory zabezpieczające
(07.04.2016r.)*

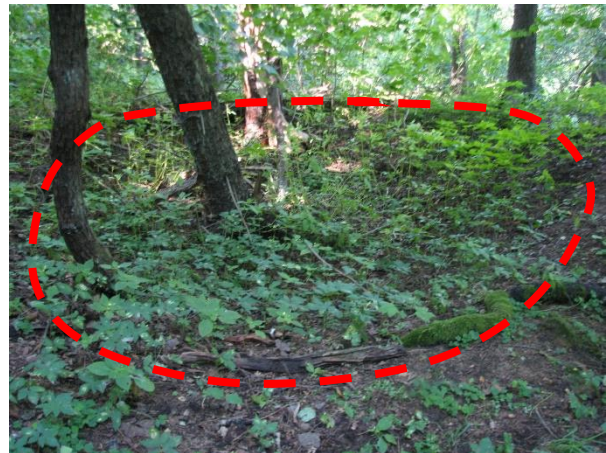


*Rys.2.12. Studnia i rozpory zabezpieczające
(03.08.2016r.)*

W odległości ok. 5 m od zapadliska I w stronę szybu „Ewa” stwierdzono istnienie leja zapadliskowego w dennej części wypełnionego ziemią. Jest to prawdopodobnie zapadlisko powstałe na skutek zawalenia się obudowy sztolni, które miało miejsce w 1962 roku. Kształt ww. zapadliska jest nieregularny zbliżony do owalu. Głębokość zapadliska wynosi ok. 2,0 m. Jest ono częściowo zarośnięte Krzewami. Na jego dnie rośnie przechylone drzewo (rys.2.14.)



Rys.2.13. Zarośla i drzewa w otoczeniu zapadliska I.



Rys.2.14. Zapadlisko I, obrys leja zapadliska

Na jego obrzeżach leżą zarośnięte kamienie, prawdopodobnie pochodzące z czasów naprawy obudowy sztolni. Na dalszym odcinku od zapadliska I do skarpy opadającej ze stoków wzgórza Sowia Góra nie stwierdzono żadnych deformacji terenu nad sztolnią. Skarpa oddzielająca stoki Sowiej Góry od doliny Dramy ma wysokość ok. 6,0 m i jest bardzo silnie zarośnięta drzewami liściastymi i pojedynczymi drzewami iglastymi. (Rys.2.15.)



Rys.2.15. Wysokie poszycie i drzewa porastające na skarpie opadającej do rzeki Dramy



Rys.2.16. Widok powierzchni nad sztolnią na granicy pól uprawnych i lasu.

W odległości około 125 m od wylotu sztolnia przechodzi pod stokami Góry Sowiej i jej bieg odchyła się w kierunku wschodnim. Na powyższym odcinku, na powierzchni, nad sztolnią znajdują się pola uprawne. Na tym odcinku nie stwierdzono żadnych widocznych deformacji terenu związanych z funkcjonowaniem sztolni. Po około 310 m sztolnia przechodzi pod terenem zalesionym w odległości około 83 m od doliny Rzeki ramy. W stokach Góry Sowiej, w lesie na powyższym odcinku stwierdzono dwa, biegnące mniej więcej prostopadle do osi sztolni jary, prawdopodobnie wypłukane przez wody opadowe, których bieg kończy się w dolinie Dramy. Szerokość jarów wynosi około 2,5 m a głębokości około 1,5 m. Wysokość skarpy odcinającej stoki Sowiej Góry od doliny Dramy w tym rejonie wynosi około 2,5 m. W lesie na granicy pól uprawnych w odległości około 490 m zlokalizowany jest szyb „Adam”. Rys.2.17-18.



Rys.2.17. Obmurze szybu „Adam” ocios zachodni.



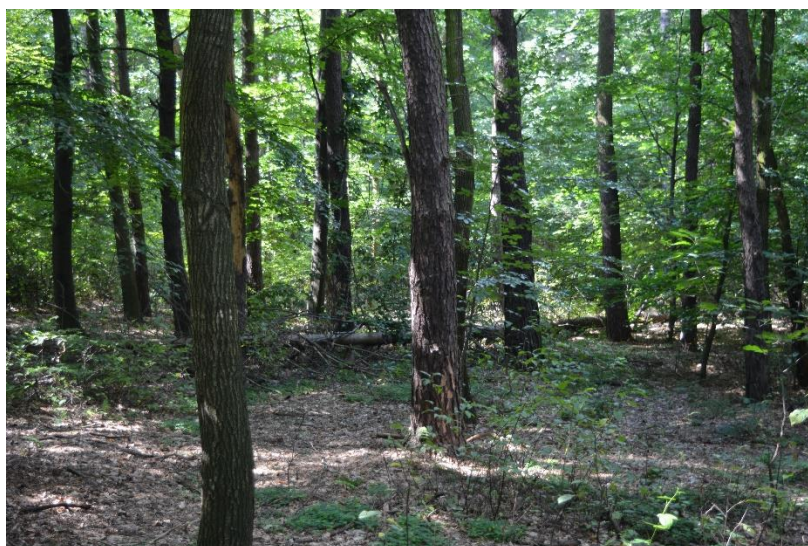
Rys.2.18. Widok na szyb „Adam”.

Kształt oburza szybu „Adam” jest eliptyczny, dłuższa oś elipsy jest zgodna z kierunkiem biegu sztolni. Nie jest znana głębokość zasypu szybu, ale od strony sztolni jest widoczny

odcinek ok. 20 m. Obmurze szybu jest murowane z kamienia lokalnego wstępnie ociosanego, na zaprawie wapiennej. Nadszybie szybu jest zniszczone, a wokół szybu rosną wysokie drzewa iglaste. Niektóre z nich są zwalone i blokują dostęp do rejonu szybu. Na dalszym odcinku sztolnia przechodzi pod zalesionymi stokami Góry Mikołaja i kieruje się w stronę doliny rzeki „Dramy”.

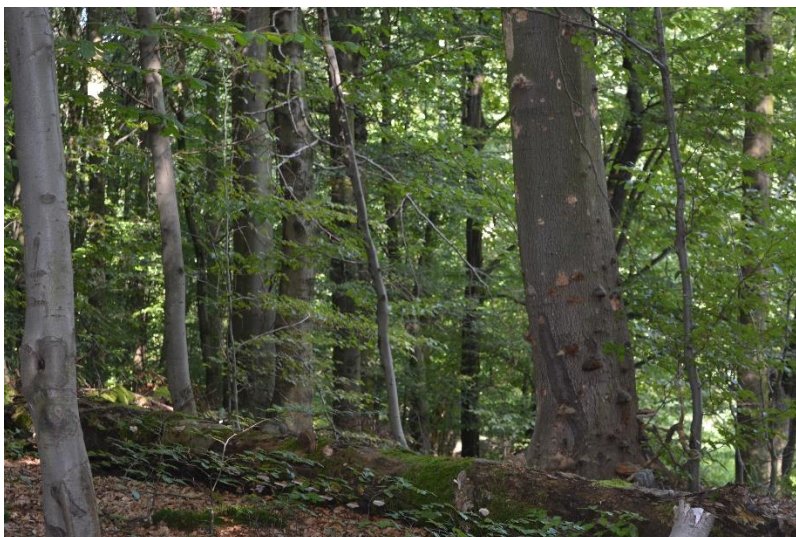
2.3.3. Deformacje powierzchni nad sztolnią, odcinek od Adama do Ewy

Od szybu „Adam” sztolnia biegnie w kierunku wschodnim pod zalesionymi stokami opadającymi z Góry Mikołaja w odległości do kilkudziesięciu metrów na północ od skaju lasu i pól uprawnych. Teren jest porośnięty lasem mieszanym z przewagą buków. Od północy stoki Góry Mikołaja odcięte są od doliny rzeki Dramy skarpą o wysokości ok. 5,5 m. W odległości około 50 m na wschód od szybu „Adam” w stosunkowo łagodnie opadającym stoku wykształcony jest głęboki jar opadający w kierunku doliny Dramy.



Rys.2.19. Las porastający zbocza Góry Mikołaja.

W odległości około 650 m od szybu „Adam” sztolnia dochodzi do doliny rzeki Dramy, która od połączenia z Potokiem Starotarnowickim zmienia kierunek swojego biegu na południowo wschodni.



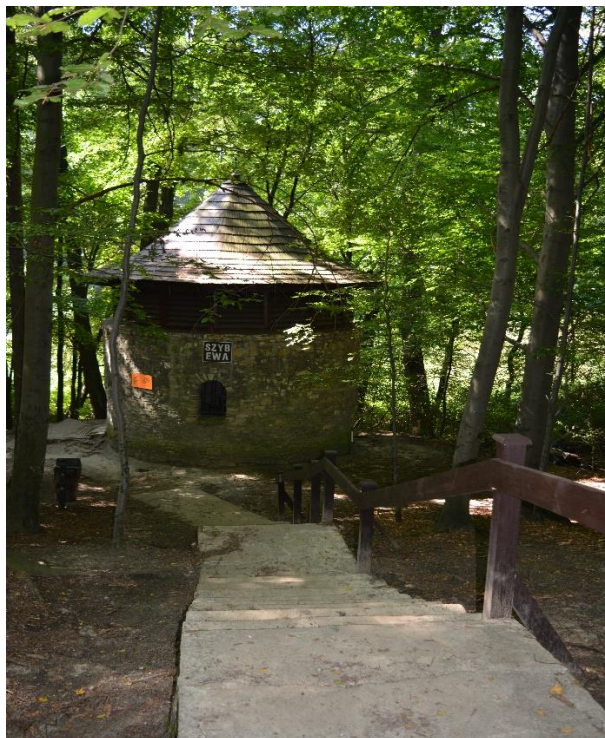
Rys.2.20. Las porastający zachodnie zbocza doliny Dramy



Rys.2.21. Widok na dolinę Dramy w odległości około 50 m od szybu „Ewa”

Po przejściu pod Dolną Dramy sztolnia kieruje swój bieg jeszcze bardziej na południe w stronę szybu „Sylwester”, przechodząc pod zboczami opadającymi z Parku Repeckiego, równoległe do biegu rzeki Dramy.

Szyb „Ewa” zlokalizowany jest w odległości około 50 m od doliny Dramy na zalesionym zboczu wschodnim doliny. Szyb zbudowany jest na skarpie o wysokości ok. 5,5 m, która odcina rzekę Drama od zboczy Parku Repeckiego.



Rys.2.22. Szyb „Ewa”, w głębi widoczna dolina Dramy

Powierzchnia omawianego terenu, na odcinku od szybu „Adam” do szybu „Ewa”, w wielu miejscach przecięta jest jarami, które kierują się w stronę albo doliny rzeki Dramy albo w stronę Potoku Starotarnowickiego. Z wyjątkiem leja zlokalizowanego w odległości około 100 m na północny zachód od szybu „Ewa” trudno jest łączyć je z destrukcyjnym oddziaływaniem sztolni na powierzchnię terenu. Pochodzenie ich można wiązać z intensywnymi spływami wody do doliny Dramy – erozją wodną.



Rys.2.23. Zapadlisko w kształcie leja w odległości 100 m na NW od szybu „Ewa” (zdj. W. Konieczny)

3. ANALIZA WARUNKÓW GEOLOGICZNO – GÓRNICZYCH W REJONIE LOKALIZACJI WSKAZANEGO DO BADAŃ ODCINKA SZTOLNI.

3.1. Zarys budowy geologicznej górotworu

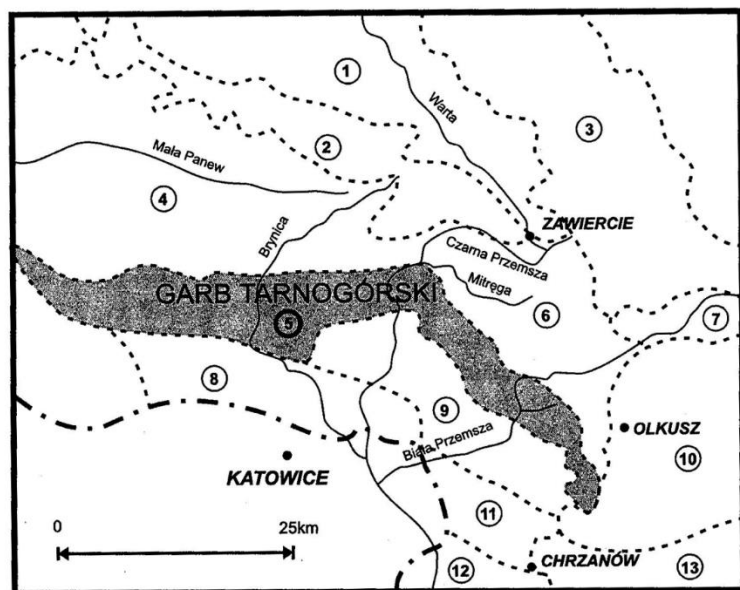
Sztolnia „Fryderyk” („Kościuszko”) wchodzi w skład kompleksu wyrobisk poeksploatacyjnych dawnej kopalni kruszców „Fryderyk” (Podziemia Tamogórsko-Bytomskie). Wyrobiska te leżą w obrębie Monokliny Śląsko-Krakowskiej (Kłys i in., 2007). W okolicy Tarnowskich Gór przebiega granica dwóch struktur paleozoicznych: zapadliska górnośląskiego w części południowej, wypełnionego osadami gómkarbońskimi oraz sfałdowanych utworów karbonu, dewonu, syluru i starszych w części północno – wschodniej (Kerber, 1977).

Garb Tarnogórski, zwany też jest w literaturze Grzbietem Wapienia Muszlowego lub Progiem Środkowotriasowym, stanowi najbardziej na północ wysuniętą częścią Wyżyny Śląskiej. Głównym elementem budowy tego rejonu Budowy geologiczna, regionu, której są wapień i dolomity środkowotriasowe, zapadające pod niewielkim kątem w kierunku północno-wschodnim. W ich obrębie zlokalizowane są złoża rud cynku i ołowiu z domieszką srebra które od czasów Jana II Dobrego były przedmiotem eksploatacji. Głównym rejonem eksploatacji tych złóż, były Tarnowskie Góry, ale były one również eksploatowane w rejonie Sławkowa. Największą kopalnią która eksploatowała te złoża była Królewska Kopalnia „Fryderyk” (Fiskalisches Bleiezbergwerk Friedrich) założona w roku 1784, prowadziła eksploatację do roku 1912.

Kulminacja Garbu Tarnogórskiego, (**398 m n.p.m.**), znajduje się pod Twardowicami w miejscowości Nowa Wieś, na północ od Góry Siewierskiej.

Geologia rejonu Tarnowskich Gór jest stosunkowo dobrze rozeznana. Układ warstw oraz ich szacunkowe miąższości z podziałem na Epoki i okresy zestawiono w tablicy 3.1. zawierającej charakterystykę litologiczno – stratygraficzną utworów geologicznych w okolicy Kalet, Miotka i Tarnowskich Gór [Kerber 1977].

Era Paleozoiczna w rejonie Tarnowskich Gór reprezentowany jest warstwy pochodzące z okresu Dewonu, Karbonu i Premu.



Objaśnienia

- Granice regionów
 - - - Granica południowego zasięgu triasu

Rys. wg G.N. Kotlickiej

Rys.3.1. Szkic geomorfologiczny Obszaru Śląsko-Dąbrowskiego [Żeglicki 2002]

1 – Obniżenie Górnej Warty, 2 – Próg Woźnicki, 3 – Wyżyna Częstochowska, 4 - Dolina Małej Panwi, 5 - Garb Tarnogórski, 6 – Kotlina Mitreği, 7 – Brama Wolbromska, 8 – Górnośląski Okręg Przemysłowy, 9 – Kotlina Przemszy, 10 - Wyżyna Olkuska, 11 – Niecka Wilkoszyńska, 12 – Rów Chrzanowski, 13 – Rów Krzeszowicki.

W przekroju geologicznym Devon reprezentowany jest przez dolomity i wapienie. Utwory karbonu wykształcone są w postaci szarych łupków ilastych - z wkładkami piaskowców i zlepieńców (karbon dolny) oraz łupków ilastych, iłowców, mułowców, piaskowców szarych, Warstwom tym towarzyszą wkładki węgla (karbon górny).

Osady permu wykształcone są z pstrego lub czerwonego piaskowca i zlepieńców o spoiwie ilasta węglanowym lub ilasta tufowym.

Osady te (głównie karbońskie lub permskie) przykryte są utworami triasowymi. Stanowią one najważniejszą i dominującą warstwę w obszarze występowania Podziemi Tarnogórsko-Bytomskich. Wykształciły się tu wszystkie piętra triasu: dolny, środkowy i górny. (Żeglicki 2002).

Era Mezozoiku reprezentowana jest przez warstwy z okresu Triasu, Jury i Kredy.

Najstarsze utwory triasu tworzą ilasta – piaszczyste osady pochodzenia lądowego. Są to pstre ily, iłowce, piaski i piaskowce kwarcowe oraz wkładki zlepieńców. Wypełniają jedynie największe zagłębienia terenu. Występują na zróżnicowanej głębokości - od kilkudziesięciu metrów do 100 - 260. Ich miąższość waha się w granicach 20- 30 m (Żeglicki, 1996, 2002).

Tablica 3.1. Charakterystyka litologiczno – stratygraficzna utworów geologicznych w okolicy Kalet, Miotka i Tarnowskich Gór [Kerber 1977]

Stratygrafia					Miaższość w m	Litologia	
Kenozoik	Czwartorząd				do 50	gliny, piaski, żwiry, mułki	
Mezozoik	Jura	dolna				glinki ogniotrwałe, żwiry, zlepieńce, piaski kwarcowe, piaskowce żelaziste, wkładki iłów i mułowców (w kotłach krasowych na wapieniu muszlowym)	
	Trias	Retyk ?			do 80	iły, iłowce oraz mułowce pstre i szare, wkładki piaskowców, margli, dolomitów, brekcji i wapieni	
		górny	warstwy: boruszowickie		około 8-12	margle ilaste i iły, przewarstwienia dolomitów, wkładki piaskowców i wapieni	
			wilkowickie		2-10	wapienie i dolomity, dolomity margliste, wkładki zlepieńcowe	
			tarnowickie		15-18	dolomity margliste z laminami iłów, wkładki wapieni	
		środkowy	dolomity diploporowe		około 25-40	dolomity diploporowe, przeławicowania wapieni, na N i NW od Kalet dominują wapienie i wapienie dolomityczne, w rejonie Kalet – rudy Zn-Pb	
						Dolomity kruszone; szare, krystaliczne i ziarniste, kawerniste, porowate; miejscami dolomity wapniste; wkładki iłów i margli. Okruszczowanie Zn-Pb; miaższość około 25-60m	
		dolny	warstwy: karchowickie terebratulowe gorządzańskie		łącznie około 40-50	wapienie krystaliczne lub pelityczne z rogowcami, miejscami z fauną, kawerniste, w części północnej nierozpoziomowane	
			warstwy gogolińskie	górne	około 30-45	Wapienie, wapienie margliste, faliste, wkładki iłów i margli, wapienie zlepieńcowe, w części południowej wykształcone typowo dla obszaru śląsko-krakowskiego; w części północnej – nietypowe, trudne do rozpoznania	
	dolne			około 10-20	wapienie, wapienie margliste, wkładki dolomitów; wapienie faliste, gruzłowate z iłem; u dołu wapienie z fauną małżów i krynoidów, wykształcone na ogół typowo		
	Piaszkowiec pstry	górny-ret			około 40-80	dolomity, dolomity margliste, lokalnie wkładki wapieni jamistych; niżej iły i margle szare, wkładki piaskowców, dolomitów i wapieni, w części północnej wkładki gipsów	
		dolny i środkowy (niższy)			do 25	pstre iły, iłowce, piaski, piaskowce kwarcowe, wkładki zlepieńców (m. innymi z otoczkami dolomitów dewońskich)	
Paleozoik	Perm	czerwony spągowiec			do 400	pstre lub czerwone piaskowce i zlepieńce (otoczki porfirów, wapieni, łupków kwarcu, piaskowców, spoiwo ilasto-węglanowe lub tufowe)	
	Karbon	Karbon górny – Namur A (warstwy brzeżne)				łupki ilaste, iłowce, mułowce, piaskowce szare, wkładki węgla	
		Karbon dolny				łupki ilaste-piaszczyste szare; wkładki piaskowców i zlepieńców	
	Dewon	Dewon środkowy ?				dolomity i wapienie	

Na osadach tych spoczywają utwory górnego pstręgo piaskowca (retu), pochodzenia morskiego. Są to dolomity, dolomity margliste, lokalnie wkładki wapieni jamistych. Poniżej zalegają: ily i margle szare, wkładki piaskowców, dolomitów, wapieni, w części północnej wkładki gipsów. Miąższość tych utworów wynosi około 40- 80m.

Osady triasu środkowego (wapienia muszlowego) na Górnym Śląsku należą do najlepiej opracowanych obszarów basenu germańskiego. Wapień muszlowy dzieli się na: dolny, środkowy i górny. Dolny wapień muszlowy budują warstwy gogolińskie dolne i górne. Są to osady morskie: wapienie, wapienie margliste, wkładki dolomitów, wapienie faliste, gruzłowate z ılem a u dołu wapienie z fauną małżów i krynoidów.

Kolejne warstwy tego okresu określane mianem: karchowickich, terebratulowych i gorażdzańskich zbudowane są z krystalicznych lub pelitycznych wapieni. Występują w nich także dolomity kruszconośne o miąższości do 60m. Skały te są przeważnie wapniste lub margliste barwy szarej i szarokremowej. Okruszczowanie warstw dolomitów tworzą: siarczkowe rudy ółowiu- głównie galena, utlenione rudy cynku (galmany) oraz rudy żelaza. Środkowy wapień muszlowy, zwany dolomitem diploporowym, wykształcony jest w postaci dolomitów, zbliżonych swą budową do dolomitów kruszconośnych. Występują tu: dolomity ziarniste, porowate, gąbczaste i kawerniste. Często wyróżnia się odmiany: oolitowe i porowate, tworzące grube, wzajemnie przeławicujące się warstwy. Fauna i flora w skałach tych jest liczna i bardzo różnorodna. Występuje głównie w postaci szkieletów, ale także odcisków i ółródek wewnętrznych. Najczęściej spotykane są mięczaki (małże, ślimaki), ramienionogi oraz pierścienice i kości gadów.

Górny wapień muszlowy tworzą warstwy boruszowickie, wilkowickie, i tarnowickie.

Warstwy boruszowickie mają miąższość 8-12m, budują je margle ilaste i ily, przewarstwione są dolomitami zawierającymi wkładki piaskowców i wapieni. Warstwy wilkowickie zbudowane są z wapieni, dolomitów, dolomitów marglistych i wkładek zlepieńcowych, natomiast warstwy tarnowickie o miąższości 15-18 m zbudowane są z dolomitów marglistych z laminami ıłów i wkładkami wapieni.

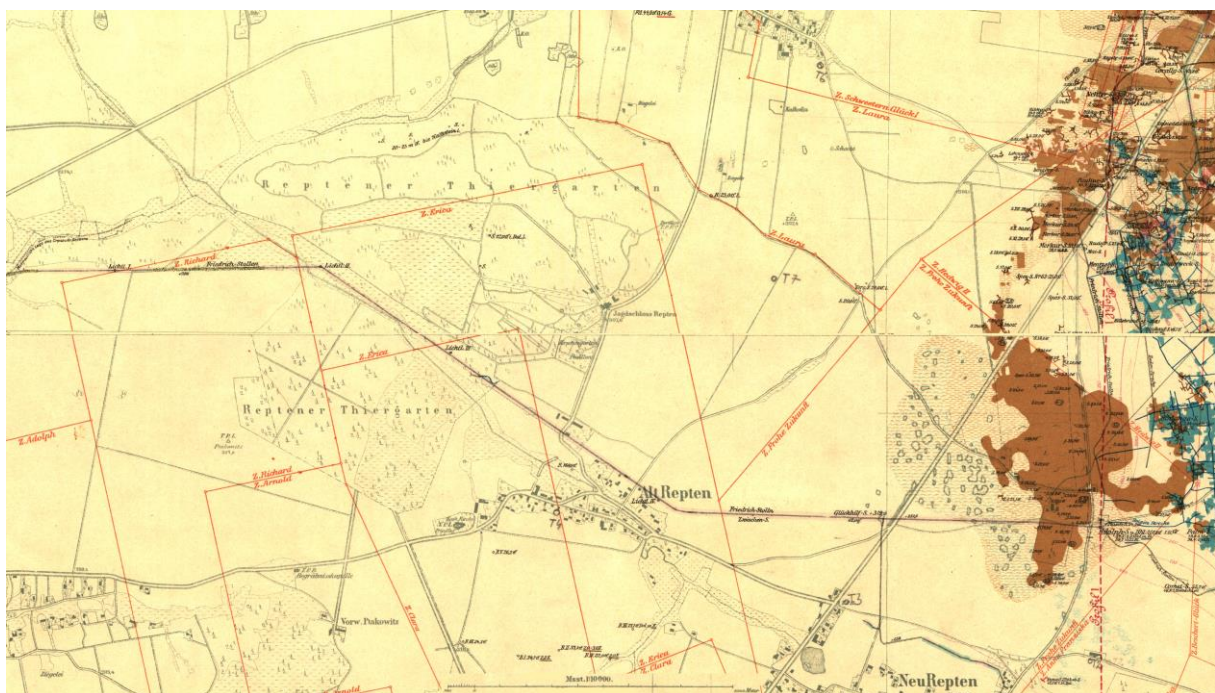
Trias górny- kajper składa się z dwóch części- dolnej i górnej. Tworzą go osady lądowe. Kajper dolny to szare i czerwone ily z wkładkami dolomitów i piaskowców, kajper górny

budują pstre ily lokalne z wkładkami wapieni oraz piaskowców (Szaflarski, 1969; Żeglicki, 1996, 2002).

Utwory z okresu jury występują w postaci niewielkich płątów w okolicy Suchej Góry na południowy- wschód od Tarnowskich Gór. Wypełniają leje i zagłębienia triasowe głównie w postaci: żwirów, piasków, glinek ogniotrwałych i limonitów (Żeglicki, 2002).

Utwory czwartorzędowe tworzą warstwę nieciągłą. Miąższość ich waha się od 0,0 do 50m. Tworzą je głównie piaski i żwiry. Występują w postaci serii osadów plejstocénskich i holocénskich. Osady plejstocénskie są wynikiem akumulacji lodowcowej, bądź działalności wód fluwioglacjalnych. Łądolód na badany obszar wkroczył dwukrotnie – podczas zlodowacenia południowopolskiego i środkowopolskiego. Pozostałością są osady moren dennych i czołowych, miejscami piaski zwałowe o różnej frakcji, a także eratyki różnej wielkości. Najmłodsze utwory plejstocénskie tworzą piaski teras akumulacyjnych, przewarstwione lokalnie glinami. Do osadów holocénskich zalicza się utwory wydmowe oraz osady wypełniające dna dolin rzecznych (Żeglicki, 2002).

Budowę geologiczną w miejscu lokalizacji Sztolni „Fryderyk” (Kościeszko) można odtworzyć na podstawie dokumentacji archiwalnej. W tym celu wykorzystano mapy zamieszczone w atlasie „Karte des Oberschesischen Erzbergbaues” wydanym w Berlinie 1911 r. przez Lith. Anst v. Leopold Kraatz, arkusz No 6 Alt-Tarnowitz i No 10 Repten.



Rys.3.2. Przebieg sztolni „Fryderyk” i sztolni „Krakowskiej”(Cakauer stollen) na podstawie „Karte des Oberschesischen Erzbergbaues”.



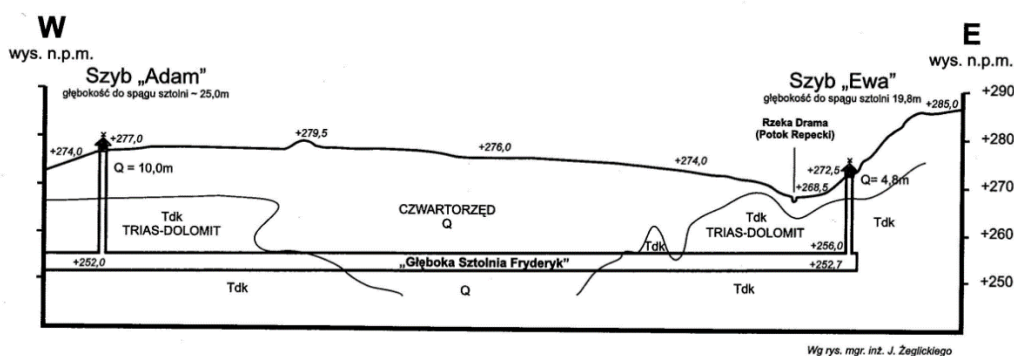
Rys.3.3. Przekrój geologiczny wzdłuż sztolni „Fryderyk” część zachodnia na podstawie „Karte des Oberschesischen Erzbergbaues”.



Rys.3.4. Przekrój geologiczny wzdłuż sztolni „Fryderyk” część wschodnia na podstawie „Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues”.

Na powyższych mapach przedstawiony przekrój geologiczny przez Sztolnię „Fryderyk” (Kościuszko) na odcinku od roznosu sztolni (Brama Gwarków) do szybu „Adolf” (Staszic) w Reptach. (Rys.3.3. i 3.4.)

Budowę geologiczną złoża pomiędzy szybami „Ewa” i „Adam” z naniesieniem przekroju przez sztolnię przedstawiono na rys.3.5.



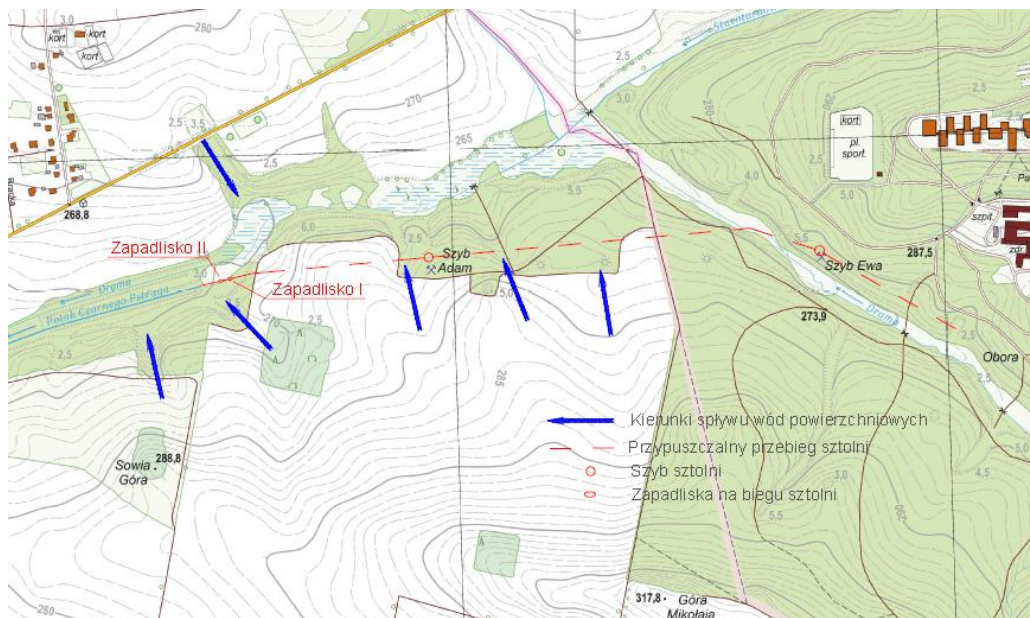
Rys.3.5. Przekrój geologiczny Sztolnia „Fryderyk” („Kościuszko”) odcinek pomiędzy szybami „Ewa” i „Adam”. [Żeglücki 2002]

3.2. Warunki hydrogeologiczne

Wody powierzchniowe znajdujące się na obszarze występowania Podziemi Tarnogórsko – Bytomskich należą do dorzeczy cieków: Dramy, Stoły i Szarlejki. Drama i Stola leżą w dorzeczu Odry, zaś Szarlejka w dorzeczu Wisły. Źródła wymienionych rzek znajdują się na wysokości 290-320 m n.p.m. Drama bierze swój początek w okolicy Starych Tarnowie, zasilana jest między innymi wodami ze Sztolni Fryderyka. Stola ma swoje źródło w północnej części miasta Tarnowskie Góry, okresowo również zasilana jest wodami ze starych wyrobisk kopalnianych. Obie rzeki wykazują znaczne wahania stanu wód. Szarlejka wypływa z okolic bytomskiej dzielnicy – Blachówka, dawniej zasilana była wodami pokopalnianymi odprowadzanymi sztolnią „Od Szarlejki”.

Na warunki hydrogeologiczne w rejonie lokalizacji sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”) decydujący wpływ mają cieki powierzchniowe tj. rzeka Drama zwana też Repeckm Rowem do której na zachodnich obrzeżach Parku Repeckiego wpływa Starotarnowski Potok. Na

południe od połączenia Dramy z Starotarnowickim Potokiem, od północy, wpada nienazwany ciek odwadniający obszar na północ od drogi Zbrosławice – Tarnowskie Góry. Na północ od Sowiej Góry Drama jest zasilana wodami wypływającymi przez roznos sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”).



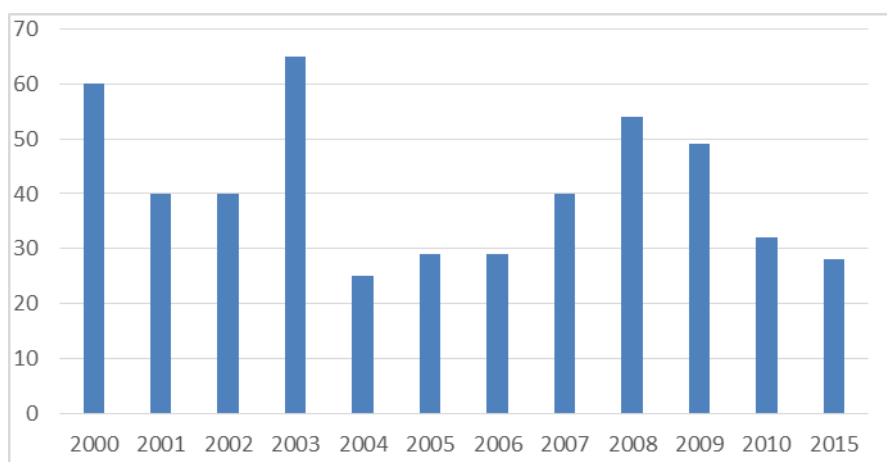
Rys.3.6. Schemat cieków wodnych w rejonie sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”) (opr. Własne).

Wpływ zmian klimatycznych ma decydujące znaczenie na intensywność dopływu wody do wyrobisk dawnej kopalni „Fryderyk: a tym samym do samej Sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”). Przeprowadzona analiza opadów rocznych dla rejonu Tarnowskie Góry w oparciu o dane stacji meteorologicznej w Pyrzowicach wykazała, że miesiące od czerwca do sierpnia charakteryzują największym opadem deszczu. Sytuacja ta jest zmienna w poszczególnych latach.

Tablica 3.2. Zestawienie opadów w poszczególnych latach (Pyrzowice)

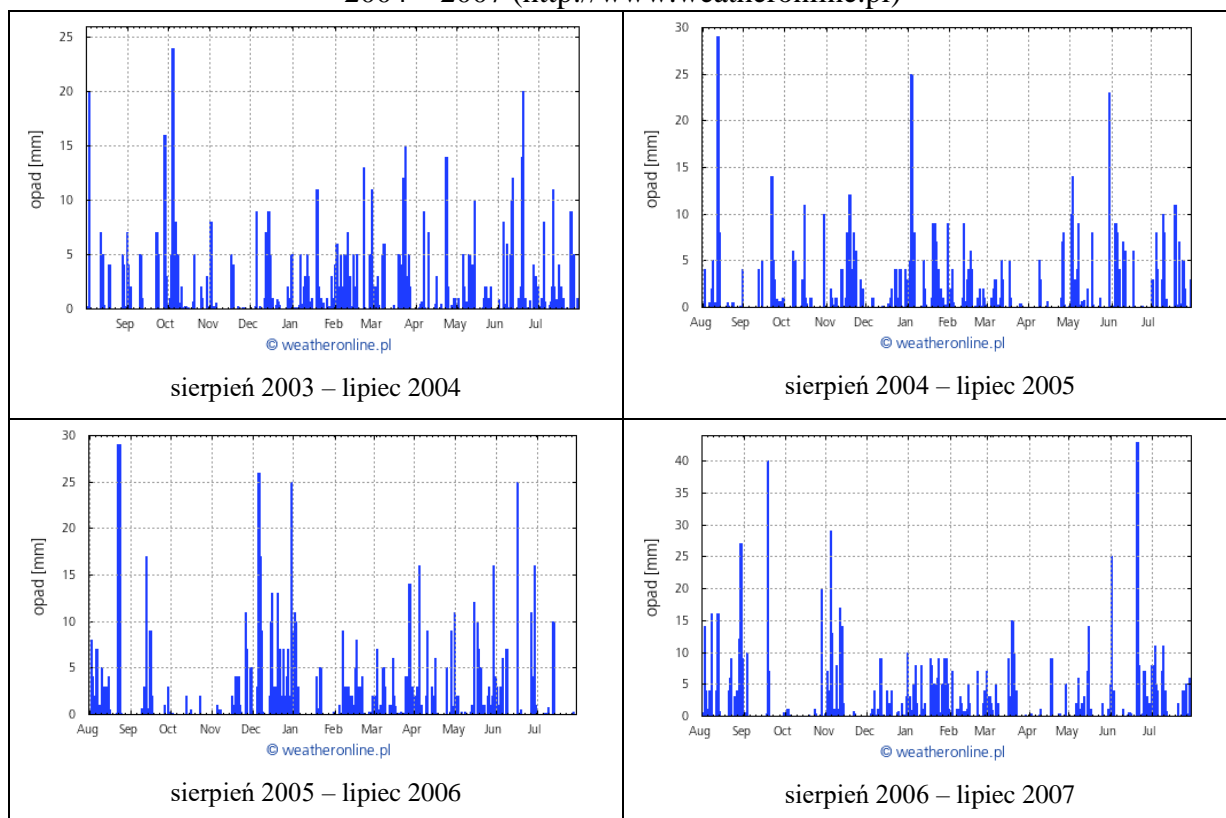
Rok	Opad średni [mm]	Opad max [mm]	Okres [miesiąc]
2000	8	60	Czerw. lipiec
2001	10	40	lipiec
2002	10	40	lipiec
2003	18	65	lipiec
2004	20	50	lipiec
2005	23	29	lipiec
2006	10	29	lipiec
2007	35	40	lipiec
2008	36	54	sierpień
2009	32	49	lipiec
2010	25	32	lipiec
2015	15	28	lipiec

(Opracowanie własne)



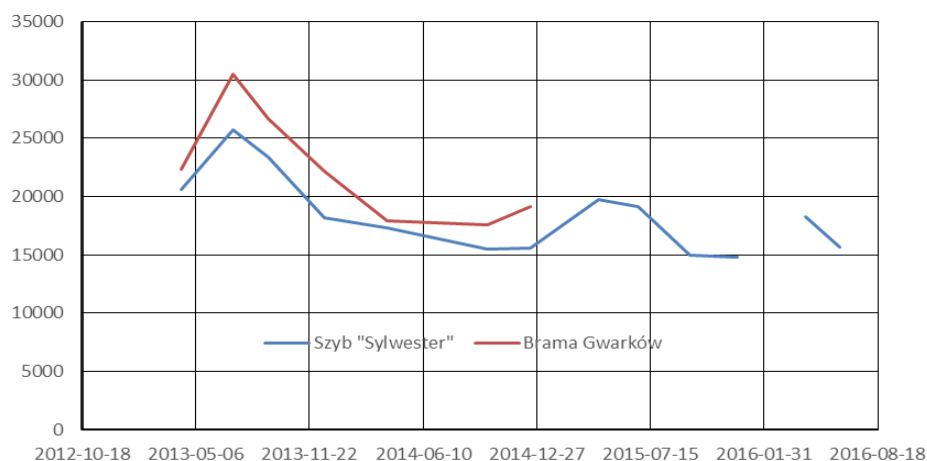
Rys.3.7. Zestawienie opadów rocznych dla stacji meteorologicznej Pyrzowice (opr. własne).

Tablica 3.3. Zestawienie opadów rocznych dla stacji meteorologicznej Pyrzowice za lata 2004 – 2007 (<http://www.weatheronline.pl>)



Na podstawie uzyskanych danych wykazano, że lata 2003 do 2004 oraz 2007 do 2009 charakteryzowały się w miarę dużymi opadami maksymalnymi dobowymi powyżej 50 mm.

Analiza pomiarów przepływu wody dokonywanych w szybie „Sylwester” i na wylocie ze sztolni, Brama Gwarków wykazała dość duże różnice w ilości przepływającej wody przez przekrój pomiarowy rzędu od 17 do 30 tys.m³/dobę. (Rys.3.8.)



Rys. 3.8. Wykres przepływu wody w Sztolni „Fryderyk” („Kościuszek”) (wg danych SMZT).

Różnice te prawdopodobnie są efektem przenikania wody przez obudowę sztolni na odcinku pomiędzy szybem „Sylwester” a wylotem sztolni Bramą Gwarków. Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że na ten proces mają wyraźny wpływ dwa czynniki: budowa geomorfologiczna terenu i stan techniczny obudowy kamiennej sztolni. Rzeźba terenu na odcinku sztolni, analizowanym w opracowaniu jest silnie pofałdowana. Od południa dolinę Dramy otaczają wzniesienia Góra Mikołaja, Wapienna Góra i Sowia Góra, natomiast od północy pagórkowato ukształtowany teren opada w stronę drogi Zbrosławice – Tarnowskie Góry. Z kierunku północnego wody opadowe wlewają się do rzeki Dramy poprzez przepusty wykonane w nasypie po którym prowadzona jest droga Zbrosławice – Tarnowskie Góry. Oba te rejony stanowią naturalną zlewnię w kierunku rzeki Dramy i wyrobiska sztolni, która w początkowym swoim odcinku jest stosunkowo płytko zlokalizowana poniżej powierzchni terenu. Miąższość nadkładu w tym rejonie wynosi od 2 do 5m. Należy zaznaczyć że istnieje jeszcze, prawdopodobnie, dodatkowe źródło zasilania rejonu lokalizacji wyloty sztolni w wodę. Jest to wyrobisko sztolni „Krakowskiej”, której drażnienie rozpoczęto w bliskim sąsiedztwie wylotu w roku 1568 r. Informacje o tej sztolni zawarte są w sprawozdaniu Jakuba Rappa przytoczonym w opracowaniu Efreima Abta z roku 1784. Sztolnia ta miała osiągnąć długość 270 łatrów (513m). W XVIII wieku próbowano reaktywować sztolnię ale po wstępnych badaniach zrezygnowano z tego zamiaru i przystąpiono do budowy sztolni „Fryderyk” („Kościuszek”). Dolina Dramy w rejonie Bramy Gwarków jest silnie zarośnięta i bagnista. Natomiast obrzeże doliny stanowi wąski pas lasu mieszanego liściasto iglastego z gęstym poszyciem które stanowią krzewy krzaki. Natomiast zbocza pagórków stanowią pola uprawne. Wody opadowe mogą bez większych przeszkód spływać do doliny Dramy. W latach ubiegłych zdarzały się wypadki lawin błotnych które schodziły ze zboczy do roznosu sztolni i rzeki Dramy.

4. OCENA WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH SKAŁ BUDUJĄCYCH MASYW W PRZEDMIOTOWYM REJONIE WRAZ Z OCENĄ ICH ZMIENNOŚCI

Parametry geotechniczne gruntu w rejonie Bramy Gwarków oraz parametry fizyko-mechaniczne masywu skalnego – ze względu na trudności w opróbowaniu (brak zasilania, stosownych pozwoleń itp.) – przyjęto na podstawie wyników badań zawartych w pracy pt: „Zadanie dotyczące rozpoznania możliwości i metod zabezpieczenia zapadliska przy Bramie Gwarków oraz rozpoznanie możliwości i metod zabezpieczenia wejścia do nieczynnego wyrobiska górniczego będącego miejscem wlotu nietoperzy przed osuwającymi się odłamkami skalnymi w Kamieniołomie Bobrowniki.” wykonanej przez Główny Instytut Górnictwa z 2015r. W profilu litologicznym podłoża w rejonie zapadliska przy Bramie Gwarków wyróżniono następujące warstwy na odcinkach głębokości:

- 0,0 - 0,3 m – gleba piaszczysta szara,
- 0,3 - 1,3 m - piasek żółtobrazowy, drobnoziarnisty, niespoisty, mało wilgotny,
- 1,3 - 1,45 m - ił jasnoszary, bardzo spoisty, plastyczny
- 1,45 - 3,9 m - piasek żółtoszary, drobnoziarnisty, niespoisty, mało wilgotny i wilgotny przy spągu warstwy.
- 3,9 - 4,4 m – glina popielatoszara, zwięzła/zwięzła spoista, twardoplastyczna, wilgotna.

Na głębokości 4,1 m stwierdzono występowanie zwierciadła swobodnego wód gruntowych.

Właściwości masywu skalnego przyjęto na podstawie parametrów fizyko-mechanicznych dolomitu z Kamieniołomu Bobrowniki. W przedmiotowym rejonie masyw skalny stanowią dolomity żółtobrunatne i żółtoszare lokalnie szare i brunatne o strukturze zwięzłej i zróżnicowanej teksturze: od masywnej do porowatej.

- średnia wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie w stanie powietrzno-suchym –
 $R_e = 43,7 \text{ MPa}$ (próbki o smukłości 1, zakres zmienności 20,8-68,5 MPa),
- średnia wytrzymałość na rozciąganie w stanie powietrzno-suchym - $R_r = 2,95 \text{ MPa}$,
(zakres zmienności 2,16-3,94 MPa),
- średnia wytrzymałość na ścinanie proste w stanie powietrzno-suchym - $R_t = 9,2 \text{ MPa}$,
(zakres zmienności 4,5-12,1 MPa),
- średni moduł Younga - $E = 4458 \text{ MPa}$ (zakres zmienności 2599-7830 MPa),

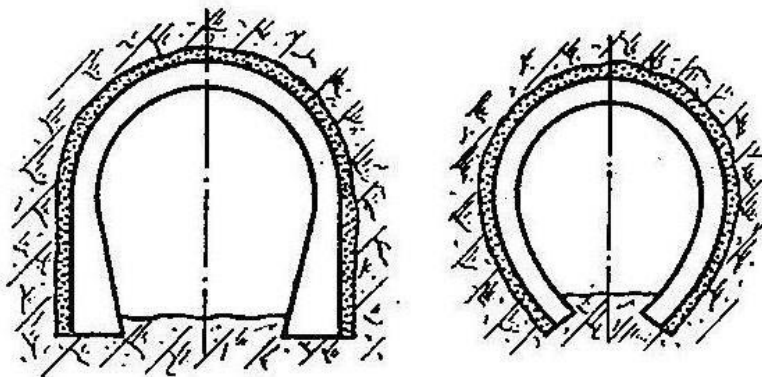
- średni moduł przy nawrocie odkształceń - $E_s = 9602 \text{ MPa}$ (zakres zmienności 6910-17869 MPa)
- współczynnik Poissona - $\nu = 0,16$ (zakres zmienności 0,10-0,27)
- współczynnik odporności na zamrażanie - $w = 0,9$,
- średnia gęstość objętościowa - $\rho_b = 2346 \text{ kg/m}^3$ (zakres zmienności 2159-2462 kg/m^3),
- średnia gęstość - $\rho_r = 2616 \text{ kg/m}^3$,
- średnia nasiąkliwość - $n_w = 7,01 \%$,
- średnia wilgotność badania - $w_b = 0,61 \%$,
- ciężar objętościowy - $\gamma_o = 23,02 \text{ kN/m}^3$,
- porowatość całkowita - $p = 10,31 \%$,
- kąt tarcia wewnętrznego - $\phi = 55^\circ$ (próbki o smukłości 2),
- spójność - $c = 8 \text{ MPa}$ (próbki o smukłości 2),
- średni współczynnik filtracji (wg Rogoża) - $k = 2,20 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$,
- średni współczynnik przepuszczalności (wg Rogoża) - $K = 0,333 \text{ mD}$.

Dolomit występujący w Kamieniopolu Bobrowniki należy do skał o małej wytrzymałości na ściskanie (klasyfikacja wg normy PN-84/B-01080). Na podstawie wartości gęstości objętościowej można go zakwalifikować do skał ciężkich, a ze względu na nasiąkliwość do skał średnio nasiąkliwych. W oparciu o wartość współczynnika filtracji zgodnie z klasyfikacją Pazdro i Kozerskiego (1990) dolomit odpowiada skałom nieprzepuszczalnym.

5. BADANIA STANU TECHNICZNEGO OBUDOWY SZTOLNI „FRYDERYK” (KOŚCIUSZKO).

5.1. Makroskopowa ocena stanu technicznego obudowy analizowanego wyrobiska.

Wyrobisko na całej długości wykonano w obudowie murowej sklepionej z kamienia naturalnego (skał węglanowych). Sklepienie o strzałce $f = 0,5$ m oparto na prostych murach ociosowych o wysokości od ok. 1,9 m do ok. 2,3 m. Grubość obudowy mierzona w ociosach, w miejscach ubytków obmurza wynosi ok. 0,3 m. Odcinkowo przekrój poprzeczny wyrobiska nieznacznie zwęża się od wezglowi do spągu co sugeruje, że obudowa mogła być tu wykonywana w formie sklepienia podkowiastego (rys.5.1).



Rys. 5.1. Obudowa kamienna ze sklepieniem podkowiastym [Chudek 1987, Gałczyński 2001]

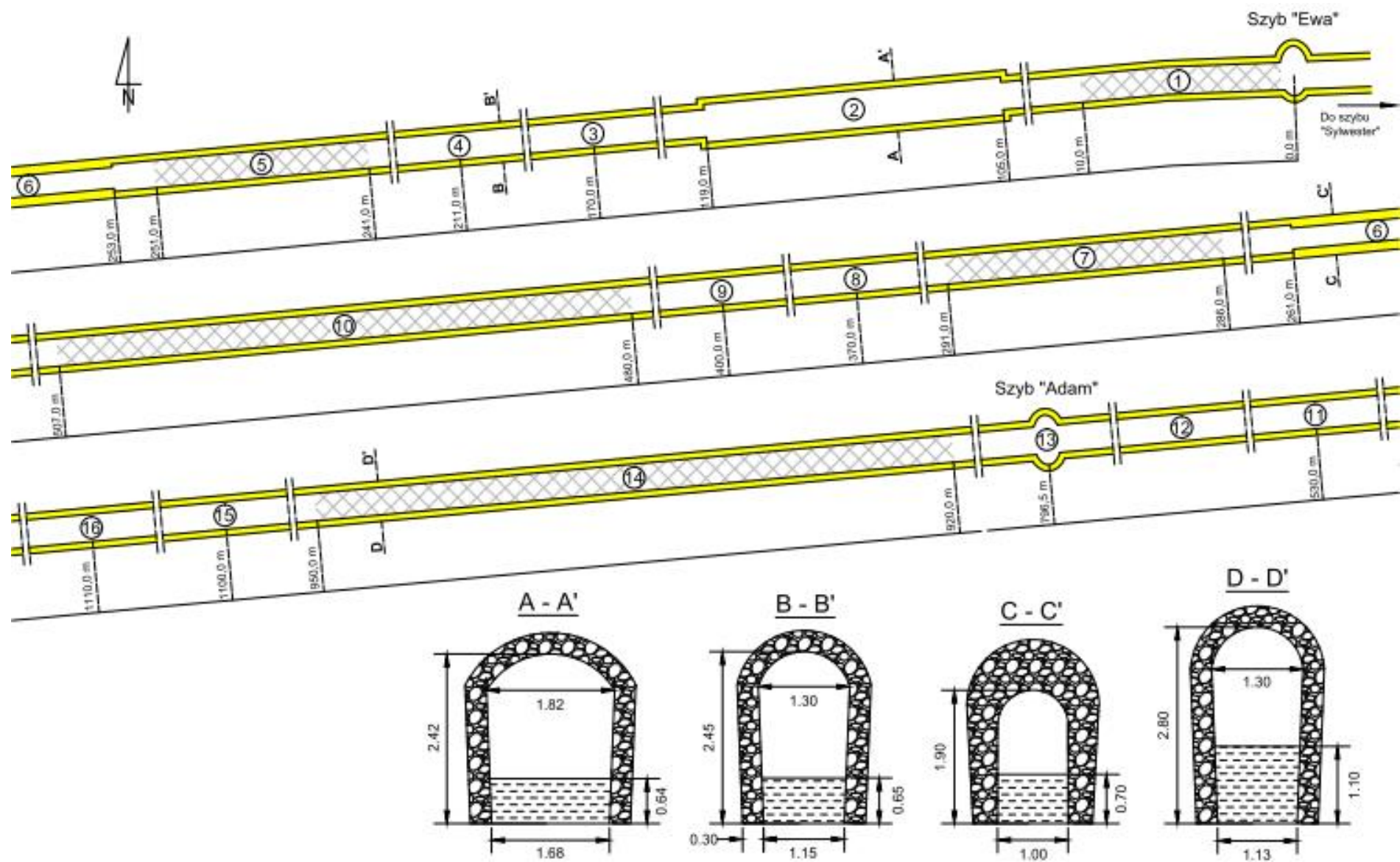
Generalnie szerokość wyrobiska w świetle obudowy mierzona na wysokości lustra wody wynosi ok. 1,2 m, a na wysokości wezglowi murów ociosowych ok. 1,3 m. Wysokość wyrobiska rośnie od ok. 2,4 m w rejonie wlotu do ok. 2,8 m na wybiegu ok. 1000 m. Na krótkich odcinkach wyrobisko nieznacznie zmienia swoje gabaryty ulegając poszerzeniu do ok. 1,75 m w świetle obudowy lub obniżeniu do ok. 1,9 m i zawężeniu do ok. 1,0 m. Na wybranych odcinkach obudowę zabezpieczono poprzez jej otynkowanie na obwodzie lub poprzez tynkowanie ociosów lub stropu. Lokalnie uzupełniano również spoiny w murze przy użyciu zaprawy cementowej. Jak wynika z inskrypcji na murach Sztolni, wymienione prace zabezpieczające prowadzono w 1914 r.

Wzdłuż wybiegu wyrobiska obserwuje się liczne artefakty pochodzące z okresu drażenia, a następnie zabezpieczania sztolni, pozwalające na określenie czasu wykonywania poszczególnych robót oraz identyfikujące budowniczych (rys.5.2).

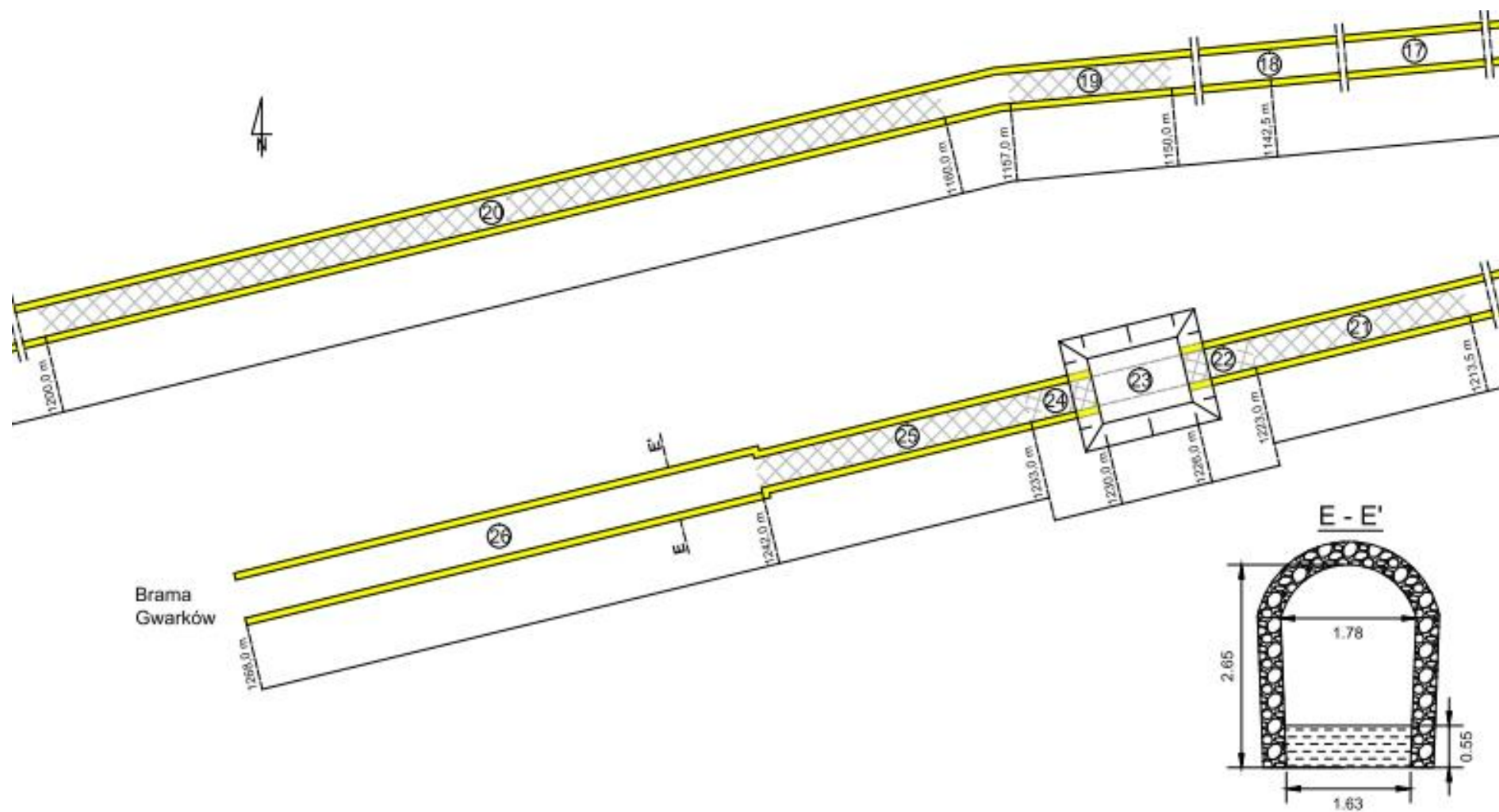


Rys. 5.2. Przykłady artefaktów widoczne na murach ociosowych sztolni.

W dn. 01.08.2016 i 18.08.2016 r. przeprowadzono ocenę stanu technicznego obudowy przedmiotowego wyrobiska. Na załączonym schemacie przedstawiono lokalizację punktów charakterystycznych oraz uszkodzeń obudowy na wybiegu wyrobiska, a w dalszej części rozdziału ich szczegółowy opis wraz z dokumentacją fotograficzną (rys.5.3, rys.5.4).



Rys.5. 3. Orientacyjne położenie punktów charakterystycznych oraz uszkodzeń obudowy na wybiegu wyrobiska



Rys. 5.4. Orientacyjne położenie punktów charakterystycznych oraz uszkodzeń obudowy na wybiegu wyrobiska

Wizja lokalna przeprowadzona w przedmiotowym wyrobisku wykazała, że:

- 1) początkowy odcinek wyrobiska (w kierunku zachodnim od Szybu „Ewa”) wykonano w obudowie kamiennej bez tynkowania. W spągu wyrobiska na wysokości obecnego lustra wody widoczne 7 par gniazd, które prawdopodobnie służyły do zamocowania belek pomostu (rys.5.5a). W stropie wyrobiska widoczne 5 par gniazd, w których było zamontowane oświetlenie elektryczne pomostu (rys.5.5b).

a)



b)



Rys.5.5. Widok początkowego odcinka sztolni w kierunku zachodnim od Szybu „Ewa”: a) gniazdo dla belki pomostu, b) gniazda oświetlenia elektrycznego.



Rys.5.6. Widok podmytego muru w ociosie północnym wyrobiska

- 2) na wybiegu od 105 m do 119 m szerokość wyrobiska zwiększa się do ok. 1,75 m. Na tym odcinku, obserwuje się ubytki obmurza pomiędzy spągiem a murami ociosowymi spowodowane prawdopodobnie ich podmyciem (rys.5.6).
- 3) na wybiegu ok. 170 m w stropie wyrobiska widoczna niewielka szczelina w obmurzu w rejonie której obserwuje się niewielkie wykroplenia wody (rys.5.7). W tym rejonie, jak również na wybiegu ok. 175 m obserwuje się niewielkie uskoki i wybrzuszenie południowego ociosu obudowy. Było to prawdopodobnie spowodowane koniecznością korekty przebiegu sztolni podczas jej drążenia metodą przeciwpzodków,
- 4) na wybiegu ok. 211 m widoczny wyciek zza obmurza ociosu południowego o umiarkowanej intensywności na wysokości lustra wody (rys.5.8),



Rys.5.7. Widok szczeliny w stropie wyrobiska z wkropleniami wody na wybiegu ok. 170 m



Rys.5.8. Wypływ wody zza obmurza ociosu południowego na wybiegu ok. 211 m

- 5) na wybiegu od 241 m do 251 m w stropie wyrobiska widoczne spękania obmurza o rozwarcu do ok. 2 mm (rys.5.9).
- 6) na wybiegu od ok. 253 m do ok. 261 m następuje skokowa zmiana przekroju poprzecznego wyrobiska (rys.5.10). Wysokości wyrobiska na tym odcinku wynosi ok. 1,9 m, a szerokość ok. 1,0 m. Grubość części stropowej obudowy została zwiększona o ok. 40 cm.
- 7) na wybiegu od 286 m do 299 m w stropie wyrobiska widoczne spękania obmurza o rozwarcu do ok. 2 mm,



Rys.5.9. Widok spękań w stropie wyrobiska na wybiegu ok. 241 – 251 m.



Rys.5.10. Rejon zawężenia przekroju poprzecznego wyrobiska

- 8) na wybiegu ok. 370 m na obmurzu północnego ociosu wyrobiska widoczne nacieki barwy brunatnej (rys.5.11)
- 9) na wybiegu ok. 400 m na obmurzu północnego ociosu wyrobiska widoczne nacieki barwy białej, brunatnej i rdzawej oraz niewielkie wykroplenia ze stropu wyrobiska (rys.5.12)



Rys.5.11. Nacieki barwy brunatnej na obmurzu ociosu północnego (wybieg ok. 370 m)



Rys.5.12. Nacieki barwy białej, brunatnej i rdzawej na obmurzu ociosu północnego (wybieg ok. 400 m)

10) na wybiegu od ok. 480 m do ok. 507 m w stropie wyrobiska obserwuje się spękania obmurza o rozwarciu ok. 1 mm, które poszerzają się przechodząc w szczelinę o rozwarciu do ok. 10 mm (rys.5.13). W rejonie uszkodzenia obmurza obserwuje się wyraźne obniżenie (wybrzuszenie) stropu wyrobiska w kierunku światła sztolni,



Rys.5.13. Widok szczeliny biegnącej w stropie wyrobiska na długości ok. 27 m

- 11) na wybiegu ok. 530 m w ociosie północnym widoczne odspojenie warstwy tynku o powierzchni ok. $0,8 \text{ m}^2$ (rys.5.14),
- 12) na pozostałym odcinku wyrobiska do Szybu „Adam” obudowa otynkowana nieregularnie. Występują odcinki bez tynkowania, tynkowane w całości, z tynkowanymi jedynie ociosami lub stropem itp. (rys.5.15). Na odcinkach nieotynkowanych obserwuje się niewielkie ubytki zaprawy w spoinach i ubytki obmurza kamiennego na głębokość do ok. 5 mm,
- 13) na wybiegu 796,5 m Sztolnię przecina Szyb „Adam” (rys.5.16). Szyb wykonano w obudowie kamiennej o kształcie eliptycznym. Osie elipsy wynoszą 1,35 m i 2,35 m. Wysokość od lustra wody do pomostu zabezpieczającego, zabudowanego poniżej zrębu szybu wynosi ok. 22,5 m. Zarówno w rejonie wlotu jak również w obudowie szybu w zasięgu widoczności nie stwierdzono uszkodzeń obmurza ani wykropleń wody,



Rys.5.14. Odspojenie warstwy tynku w ociosie północnym wyrobiska

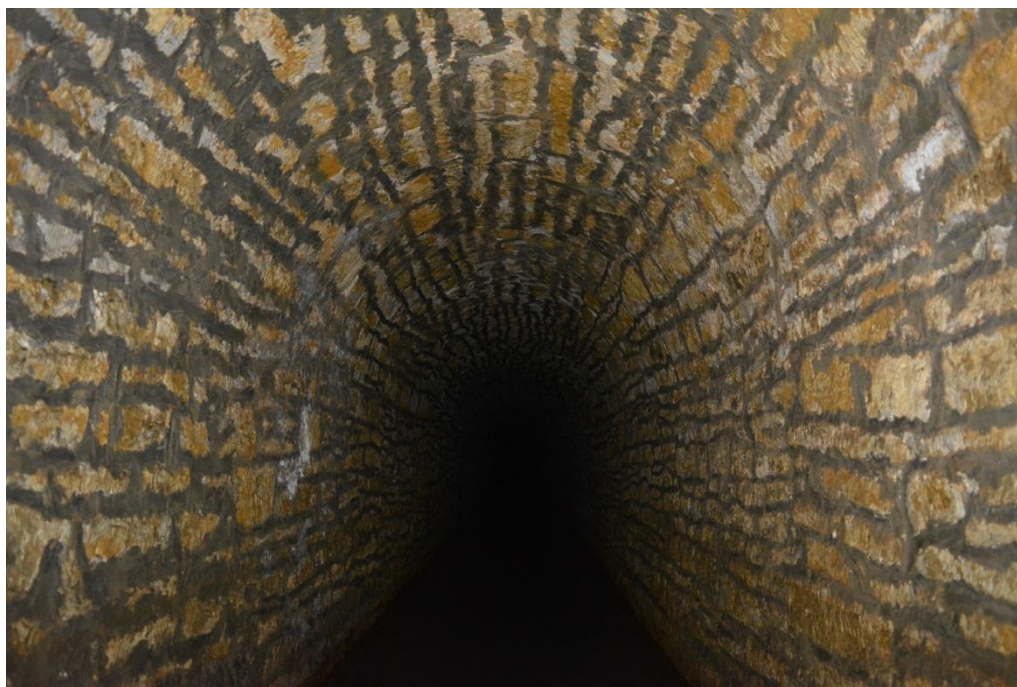


Rys.5.15. Widok odcinka wrobiska z otynkowanymi ociosami

- 14) na zachód od Szybu „Adam” obudowa otynkowana nieregularnie lub bez tynkowania z uzupełnieniem ubytków zaprawy w spoinach (rys.5.17),
- 15) na wybiegu 1100 m obserwuje się nacieki barwy brunatnej na obmurzu północnego ociosu wyrobiska na odcinku ok. 10 m (rys.5.18)



Rys.5.16. Widok Szybu „Adam”



Rys.5.17. Widok obmurza obudowy po uzupełnieniu ubytków zaprawy w spoinach na wybiegu od 920 m do 950 m



Rys.5.18. Nacieki barwy brunatnej występujące lokalnie na obmurzu ociosu północnego

16) na wybiegu 1110 m w ociosie północnym i południowym widoczne miejsce po intensywnym wycieku wody w wyniku którego nastąpiło wymycie zaprawy spajającej elementy obudowy (rys.5.19). Rejon uszkodzenia jest zawilgocony i pokryty naciekami barwy rdzawej.



Rys.5.19. Widok miejsca wymycia zaprawy w ociosach wyrobiska

- 17) na zachód od strefy uszkodzenia na odcinku kilkunastu metrów występuje strefa zawilgocenia obudowy z licznymi naciekami barwy brunatnej głównie w ociosie północnym wyrobiska (rys.5.20)
- 18) na wybiegu 1142,5 m w ociosach widoczne kolejne miejsce po intensywnym wycieku wody w wyniku którego nastąpiło wymycie zaprawy spajającej elementy obudowy (rys.5.21)



Rys.5.20. Nacieki barwy brunatnej występujące lokalnie na obmurzu ociosu północnego



Rys.5.21. Widok kolejnego miejsca wymycia zaprawy w ociosach wyrobiska

- 19) na wybiegu od ok. 1150 m do ok. 1157 m zarówno w stropie jak i ociosach wyrobiska widoczne korzenie roślin przerastające przez obudowę (rys.5.22),
- 20) na wybiegu od ok. 1160 m do ok. 1200 m w stropie wyrobiska widoczna sieć spękań o rozwarciu do ok. 3 mm (rys.5.23). Lokalnie w stropie i ociosach widoczne miejsca po wykropleniach wody w postaci brunatnych i białych nalotów oraz ubytki obmurza na głębokość do ok. 5 mm (rys.5.24),



Rys.5.22. Widok korzeni roślin przerastających przez obudowę



Rys.5.23. Widok spękań w stropie wyrobiska o rozwierciu do ok. 3 mm



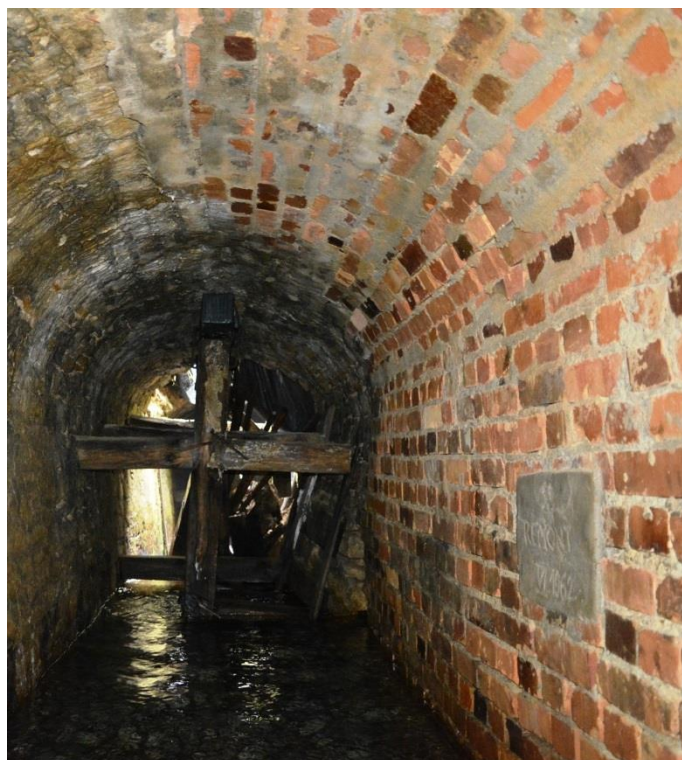
Rys.5.24. Nacieki barwy brunatnej występujące na obmurzu ociosu północnego oraz ubytki obmurza na głębokość do ok. 5 mm

21) na wybiegu od 1213,5 m do 1218,5 m ocios północny zabezpieczono (odtworzono) poprzez wykonanie obudowy betonowej (rys.5.25). Przypuszczalnie rejon ten pokrywa

się z rejonem obniżenia terenu obserwowanym na powierzchni. Na wybiegu od 1218,5 m do 1223 m ocios północny odtworzono w obudowie murowej z cegły prawdopodobnie po wystąpieniu zawału wyrobiska na tym odcinku (rys.5.26). Prace zabezpieczające w tym rejonie były prowadzone w 1962 r (rys.5.2). W ociosie południowym obserwuje się ubytki materiału obudowy oraz ubytki zaprawy w spoinach na głębokość do ok. 10 mm. W ociosie północnym, na odcinku zabezpieczonym obudową murową z cegły również występują ubytki materiału obudowy oraz ubytki zaprawy w spoinach na głębokość do ok. 10 mm. Na tym odcinku obserwuje się również wybrzuszenia murów ociosowych.

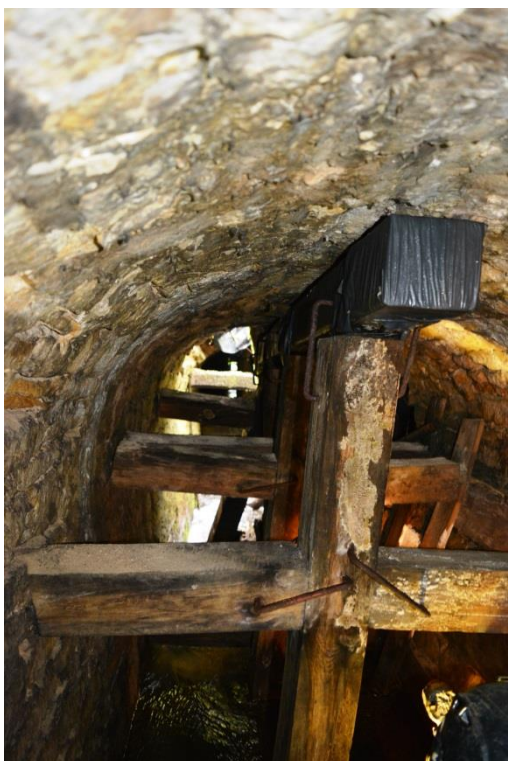


Rys.5.25. Widok odcinka ociosu północnego w obudowie betonowej

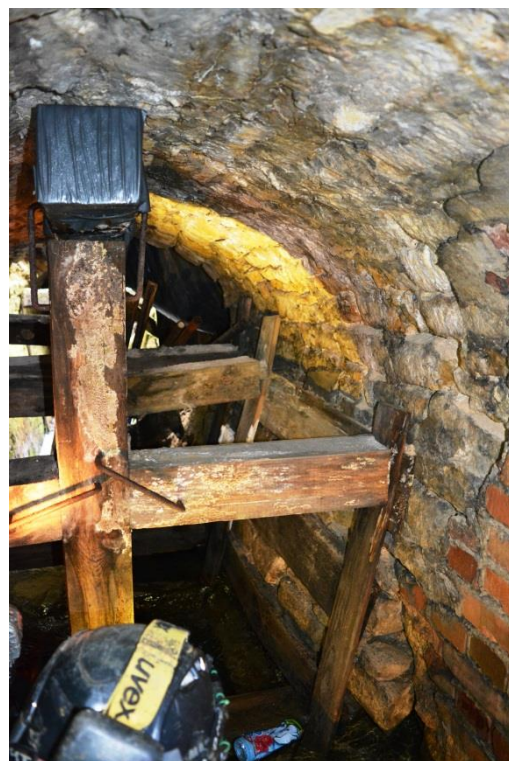


Rys.5.26. Widok odcinka ociosu północnego w obudowie murowej z cegły

22) odcinek wyrobiska na wybiegu 1223 ÷ 1226 m bezpośrednio przed rejonem powstałego zapadliska zabezpieczono dodatkowo elementami drewnianymi w postaci podciągu zabudowanego w stropie wyrobiska i opartego na stojakach rozpartych dodatkowo o mury ociosowe (rys.5.27). Elementy drewniane połączono klamrami ciesielskimi. Ocios północny na odcinku wzmocnionym, głównie w części przyspągowej, wyraźnie przemieszczony w kierunku światła Sztolni (rys.5.28). Elementy konstrukcji drewnianej, mającej wzmocnić przedmiotowy odcinek wyrobiska, uległy poluzowaniu i nie są odpowiednio rozparte o istniejącą obudowę,

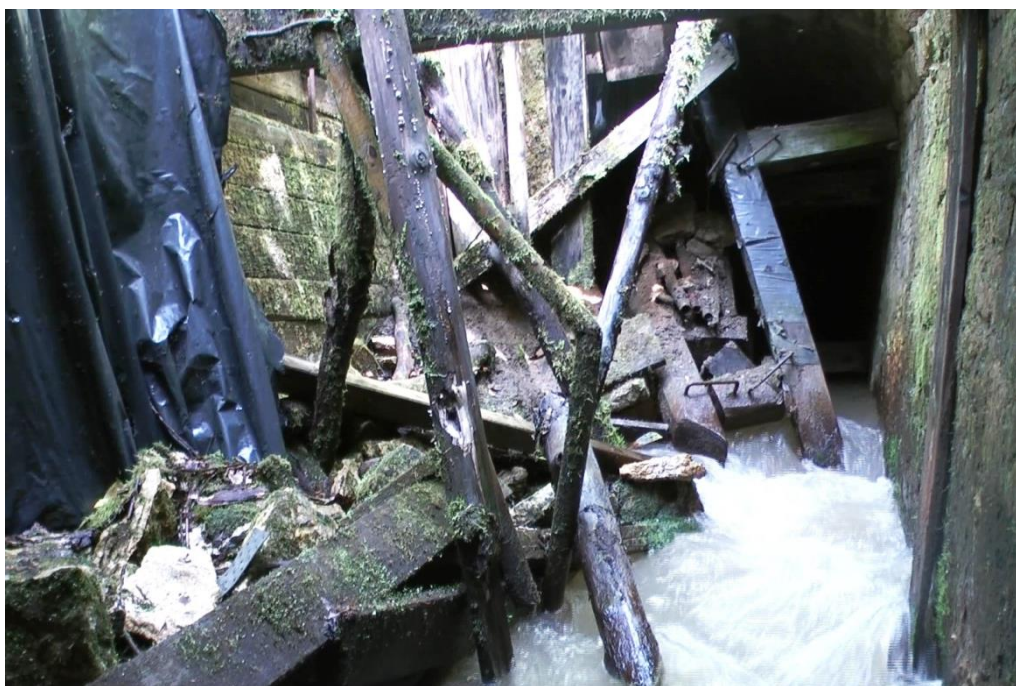


Rys.5.27. Widok odcinka wyrobiska przed obwalem zabezpieczonego drewnianą konstrukcją wzmacniającą



Rys.5.28. Przemieszczenie ociosu północnego Sztolni w kierunku światła wyrobiska

23) na wybiegu ok. 1226 ÷ 1230 m w sierpniu 2008 r. nastąpił zawal stropu wyrobiska (rys.5.29). Z uwagi na niewielką głębokość zalegania sztolni na tym odcinku na powierzchni terenu powstało zapadlisko w kształcie leja o powierzchni ok. 30 m² (rys.5.30).



Rys.5.29. Widok Sztolni Fryderyk w miejscu zawalu stropu



Rys.5.30. Widok zapadliska powstałego w wyniku zawалу stropu Sztolni Fryderyk

- 24) odcinek wyrobiska na wybiegu $1230 \div 1233$ m bezpośrednio za rejonem powstałego zapadliska zabezpieczono dodatkowo elementami drewnianymi w postaci podciągu zabudowanego w stropie wyrobiska i opartego na stojakach rozpartych dodatkowo o mury ociosowe (rys.5.31). Elementy drewniane połączono klamrami ciesielskimi. Ocios północny na odcinku wzmocnionym, głównie w części przyspągowej, przemieszczony w kierunku światła Sztolni. Elementy konstrukcji drewnianej, mającej wzmocnić przedmiotowy odcinek wyrobiska, uległy poluzowaniu i nie są odpowiednio rozparte o istniejącą obudowę,
- 25) na wybiegu $1230 \div 1242$ m obserwuje się ubytki zaprawy w spoinach, ubytki obmurza oraz przemieszczenie ociosu północnego w kierunku światła Sztolni (rys.5.32). W miejscu wybrzuszenia ociosu północnego rozluźnianie materiału obudowy i ubytki zaprawy w spoinach na głębokość ok. 12 cm (rys.5.33). Bezpośrednio przed rejonem poszerzenia wyrobiska obserwuje się znaczące ubytki obmurza ociosu północnego (rys.5.34). Obudowa w tym miejscu została dodatkowo rozparta balem drewnianym. W miejscu poszerzenia Sztolni brak powiązania obudowy odcinka zawężonego z odcinkiem poszerzonym (rys.5.35).
- 26) na wybiegu od ok. 1242 m do wylotu wyrobisko poszerza się do szerokości ok. 1,7 m. Na tym odcinku obserwuje się liczne ubytki zaprawy w spoinach, ubytki obmurza, rozluźnianie materiału obudowy oraz przemieszczenie ociosu północnego w kierunku światła Sztolni (rys.5.36). Na obmurzu obserwuje się pozostałości po warstwie tynku,

którym prawdopodobnie pokryta była obudowa na tym odcinku Sztolni (rys.5.37). W murach ociosowych lokalnie widoczne otwory technologiczne będące prawdopodobnie pozostałością po elementach infrastruktury zabudowanych w wyrobisku. Lokalnie w stropie jak i ociosach wyrobiska obserwuje się korzenie roślin przerastające przez obudowę. W bezpośrednim sąsiedztwie wylotu (Brama Gwarków) obmurze jest pokryte zielonkawym nalotem związanym z wegetacją mchów i porostów na elementach obudowy (rys.5.38).



Rys.5.31. Widok odcinka wyrobiska za obwałem zabezpieczonego drewnianą konstrukcją wzmacniającą



Rys.5.32. Przemieszczenie ociosu północnego Sztolni w kierunku światła wyrobiska



Rys.5.33. Widok rozluźnianego materiału obudowy



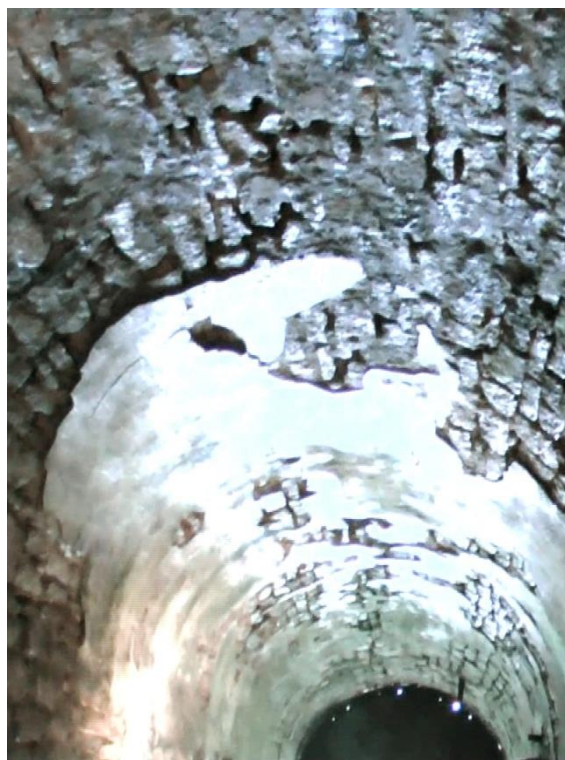
Rys.5.34. Ubytek obmurza ociosu północnego Sztolni



Rys.5.35. Brak powiązania obudowy odcinka zawężonego z odcinkiem poszerzonym w miejscu poszerzenia Sztolni



Rys.5.36. Widok rozluźnianego ociosu sztolni z licznymi ubytkami zaprawy w spoinach



Rys.5.37. Widok stropu wyrobiska z odpadającą warstwą tynku



Rys.5.38. Widok odcinka wyrobiska w rejonie wylotu Sztolni



Rys.5.39. Widok Bramy Gwarków (wylot Sztolni)

5.2. Badania wytrzymałości obudowy kamiennej wyrobiska.

5.2.1. Charakterystyka metody pomiarowej

Badanie wytrzymałości skał, z których wykonano obudowę sztolni Fryderyk przeprowadzono zgodnie z normą PN-G-04303 dotyczącą oznaczania wytrzymałości na ściskanie z użyciem próbek foremnych.



Rys.5.40. Maszyna wytrzymałościowa MMC 6431

W celu wyznaczenia wytrzymałości materiału obudowy na ściskanie przeprowadzono badanie niszczące w prasie hydraulicznej marki Multiserw. W skład urządzenia wchodzi:

- rama nośna w skład której wchodzi :
 - rama obciążeniowa na ściskanie/zginanie
 - płyty dociskowe dolne
 - płyta górna z przegubem kulowym
 - wyłączniki krańcowe
 - cylindry tłoka
- agregat hydrauliczny
- jednostka sterownika
- dwustopniowa pompa

- silnik
- zbiornik oleju
- zawory

Automatyczna prasa do pomiaru wytrzymałości pozwala na przeprowadzenie testów na ściskanie w zakresie siły do 250 kN oraz 15 kN dla zginania przy szybkości obciążania 50 N/s dla zginania i 2400 N/s dla ściskania.

5.2.2. Przebieg badań i ich wyniki

W czasie wizji lokalnej, w dniu 18.08.2016 r., w sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”) pobrano trzy fragmenty skały pochodzące z obudowy sztolni, które oznaczono: Próbką I, Próbką II i Próbką III. Pobrane próbki były pierwotnie poddane wstępnej obróbce, która nadała im kształt zbliżony do prostopadłościanu. Na zewnętrznej powierzchni kamieni zachowały się ślady zaprawy wapiennej, którą pierwotnie były spojęne w murze obudowy sztolni. Miejsce pobrania próbek skalnych znajdowało się bezpośrednio w rejonie zawалу obudowy sztolni z roku 2008.



Rys.5.41. Ślady zaprawy wapiennej na próbce.

Badania petrograficzne wykazały, że skała z której wykonano próbkę jest pochodzenia węglanowego, wapień z wyraźnymi płaszczyznami uwarstwieniem (na niemieckich przekrojach geologicznych z roku 1911 skały z rejonu pobrania próbek zostały określone jako ... *junger Kalke und Dolomitmargiel* Na przekrojach wykonanych podczas wycinania próbek do badań wytrzymałościowych zaobserwowano poziome szczeliny o rozwarości około 0,1mm wypełnione wtórną asocjacją mineralną o wyraźnie ciemnożółto – rdzawym kolorze.

Zdjęcia próbek pobranych ze sztolni wykonano przy świetle dziennym, natomiast zdjęcia szlifów próbek wykonano przy sztucznym świetle.

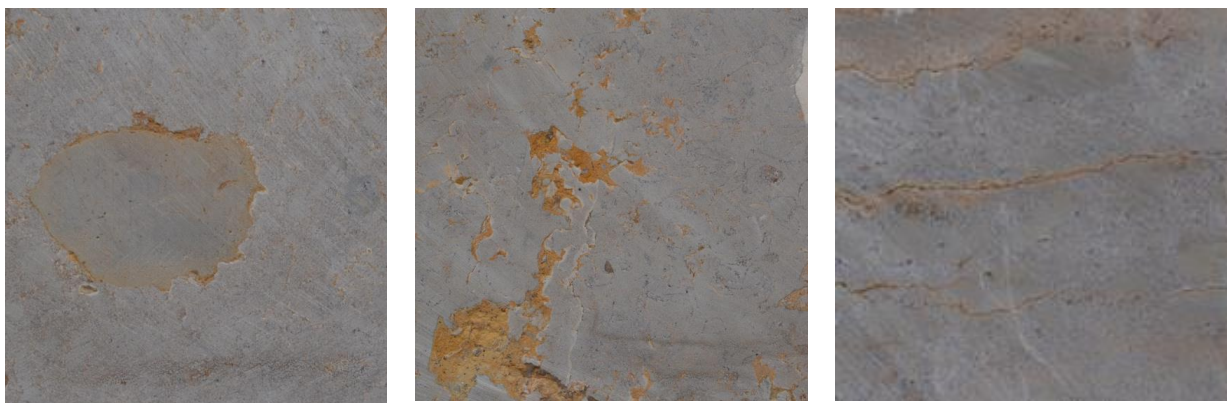


Rys. 5.42. Widok próbki po pobraniu z sztolni.



Rys. 5.43. Powierzchnie szlifów próbki

Na przecięciach próbek widoczne są pojedyncze bardzo cienkie rysy (pęknięcia) różnokierunkowe. Widoczne są również pojedyncze skupienia o średnicy około 2 – 5 mm ziaren kwarcu. W rysach o większej rozwartości $> 0,2$ mm stwierdzono występowanie substancji koloru żółto-rdzawego. W przekroju próbki stwierdzono występowanie owalnych wtrąceń obrzeżonych żółtawo-rdzawą otoczką. Spękania są nieliczne i słabo widoczne na przekrojach. W środkowej części przekroju jest widoczna warstwa równolegle ułożonych owalnych skupień masy sparytowej, struktura organodetrytyczna.



Rys. 5.44. Powierzchnie szlifów próbek widoczne szczeliny wypełnione substancją koloru żółto-rdzawego.

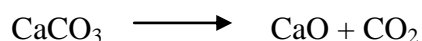
Charakterystyka makroskopowa

Pobrana próbka wykazuje barwę szarą, miejscami żółtawą. Struktura próbki jest sparytowa, tekstura bezładna, zwięzła. Na zimno w próbce kawałkowej wykazuje silną reakcję z kwasem solnym HCl. Pod względem petrograficznym próbka jest niejednorodna, gdyż podczas ucierania, stwierdzono w niej obecność twardszych okruchów, prawdopodobnie kwarcu.

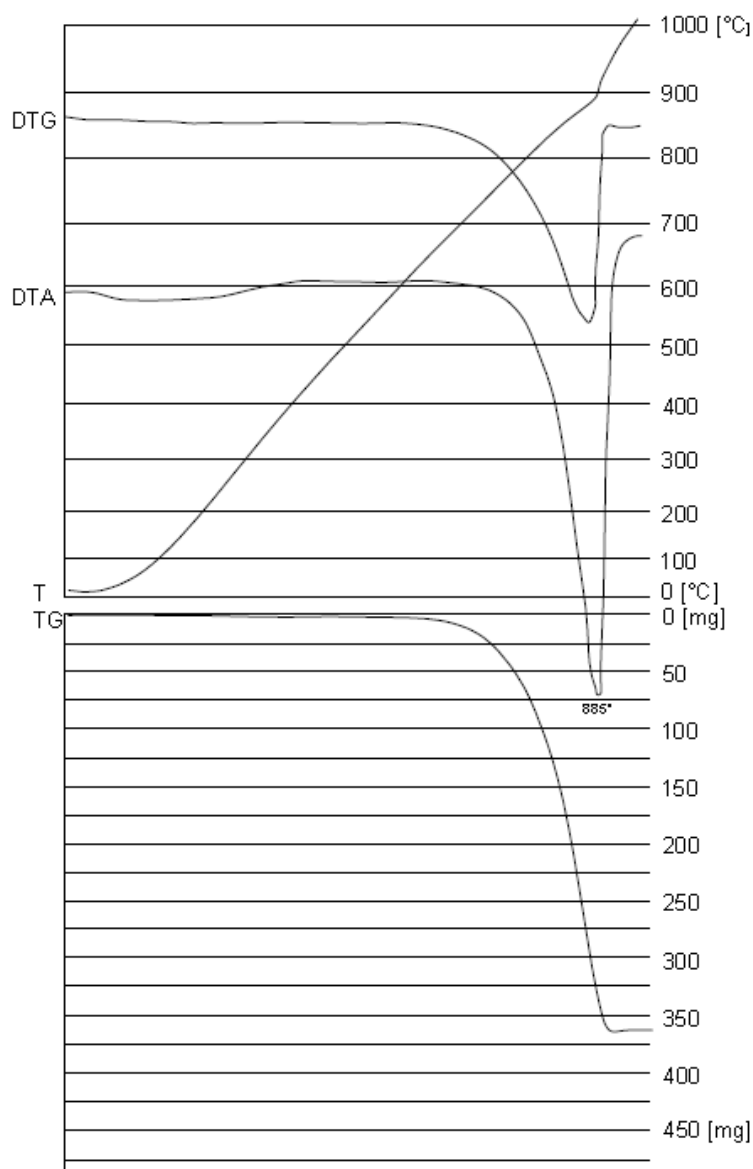
Wynik analizy derywatograficznej

Badania termograficzne przeprowadzono na derywatografie typu Paulik, Paulik i Erdey produkcji węgierskiej, w atmosferze powietrza, stosując standardowy okres nagrzewania 100 minut. Próbkę nagrzewano do 1000°C przyjmując następujące parametry: naważka próbki 900mg, czułość DTA – 1/10, DTG- 1/5, TG -500mg. Zastosowano tygle korundowe bez pokrywek oraz Al₂O₃ jako substancję odniesienia.

Na podstawie analizy derywatograficznej zidentyfikowano w badanej próbce kalcyt, główny składnik wapieni. Świadczy o tym asymetryczny efekt ubytku masy na krzywej DTG i taka sama endoterma o maksimum w temperaturze 885° C związana z dysocjacją CaCO₃ zgodnie ze wzorem:



Charakterystyczne dla węglanów jest także załamanie krzywej TG pod kątem bliskim prostemu. Strata wagowa będąca wynikiem dysocjacji termicznej kalcytu wynosi 365mg, co stanowi 40,6% masy próbki wyjściowej.



Rys. 5.45. Wykres analizy derywatograficznej próbki I.

Badania wytrzymałościowe

Do badań wytrzymałościowych wykorzystano próbki wapienia stanowiącego obudowę murową sztolni. Badania przeprowadzono zgodnie z normą PN-G-04303. Próbkę do badań przygotowano o kształcie prostopadłościennym o boku kwadratowej podstawy 42 mm o smukłości równej 1 oraz 2 z zachowaniem dopuszczalnych tolerancji. Prędkość obciążania próbek przyjęto jak dla skał mocnych – równą 1,0 MPa/s. Wyniki przeprowadzonych badań wytrzymałościowych w stanie powietrzno-suchym przedstawiono w tabeli 5.2.

Wytrzymałość na ściskanie próbek obliczono z zależności:

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (5.1)$$

gdzie: P - wartość siły przy której nastąpiło zniszczenie próbki,

A - powierzchnia przekroju poprzecznego próbki.

Dla próbek o smukłości 1 zgodnie z normą PN-G-04303 wyniki R_c pomnożono przez ułamek 8/9.

Tabela 5.2

Zestawienie wyników badań parametrów geomechanicznych wapienia obudowy sztolni

Nazwa skały	Nr próbki	Masa [g]	Gęstość [Mg/m ³]	R _c [MPa]
Wapień (I)	1.1	208,5	2,629	58,43
	1.2	207,4	2,643	86,93
	1.3	212,6	2,624	68,12
	1.4	206,2	2,660	113,13
	1.5	203,3	2,624	83,97
Wapień (II)	2.1	218,1	2,685	111,18
	2.2	217,5	2,669	98,76
Wapień (III)	3.1	427,6	2,699	94,23
	3.2	412,7	2,656	85,73
	3.3	401,4	2,650	59,84
	3.5	209,6	2,641	98,67
	3.6	216,4	2,538	101,98
	3.7	207,0	2,682	93,01
	3.8	205,0	2,679	105,34
	3.9	206,3	2,673	81,22
średnia		-	2,650	89,37
odch. std.		-	0,037	17,03

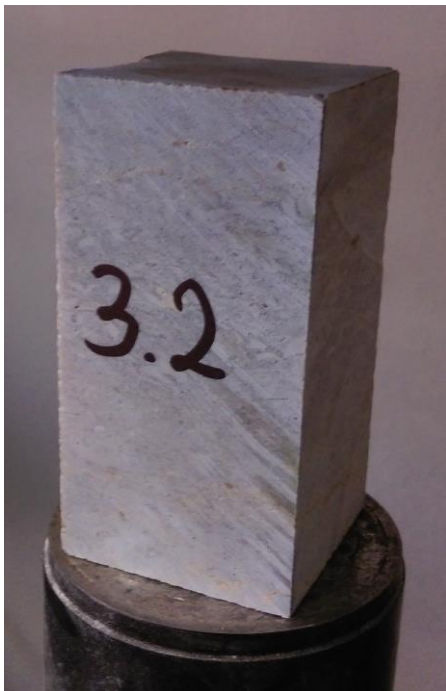
Na rysunkach 5.46 – 5.49 przedstawiono wybrane próbki przed badaniem wytrzymałości oraz po zniszczeniu.



Rys. 5.46. Próbką 1.4 przed badaniem wytrzymałościowym.



Rys. 5.47. Próbką 1.4 zniszczona po badaniu wytrzymałościowym.



Rys. 5.48. Próbką 3.2 przed badaniem wytrzymałościowym.



Rys. 5.49. Próbką 3.2 zniszczona po badaniu wytrzymałościowym.

Wartość obliczeniową wytrzymałości na ściskanie oraz współczynnik zmienności dla badanego materiału określono wg normy PN-81/B-03020: 1981. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie:

$$R_c^{obl} = R_c - s \quad (5.2)$$

Wartość obliczeniowa badanego materiału wyniosła: $R_c^{obl} = 72,34$ MPa, a współczynnik zmienności $v = 19,06$ %.

5.2.3. Określenie wytrzymałości obudowy kamiennej wyrobiska.

Parametry muru, z którego wykonano obudowę Sztolni Fryderyk wyznaczono zgodnie z wynikami badań własnych oraz wymogami normy PN-B-03002:1999. Z uwagi na brak możliwości jednoznacznego określenia rodzaju zaprawy przyjęto, że mur wykonano na zaprawie zwykłej. Wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie obliczono z wzoru (PN-B-03002:1999):

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}, \text{ MPa}, \quad (5.3)$$

gdzie:

K - współczynnik do potęgi 0,10 wyrażony w megapaskalach, którego wartość dla murów z bloczków z kamienia naturalnego o $6 \text{ MPa} \leq f_b \leq 120 \text{ MPa}$ można przyjmować na poziomie 0,6,

f_b - znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego, którą wyznacza się ze wzoru:

$$f_b = \eta_w \cdot \delta \cdot f_B, \text{ MPa}, \quad (5.4)$$

gdzie:

- η_w - współczynnik uwzględniający stan wilgotności badanych elementów, w przypadku gdy element badany jest w stanie innym niż powietrzno-suchy,
- δ - współczynnik przeliczeniowy (zgodnie z PN-B-03002: 1999),
- f_B - wytrzymałość średnia elementu murowego na ściskanie, MPa.
- f_m - wytrzymałość na ściskanie zaprawy, MPa.

Z uwagi na brak technicznych możliwości określenia parametrów zaprawy do obliczeń przyjęto zaprawę klasy M1, natomiast średnią wytrzymałość elementu murowego na ściskanie określono w oparciu o wyniki przeprowadzonych badań niszczących materiału skalnego pobranego z rejonu zapadliska.

Wytrzymałość obliczeniową muru na ściskanie obliczono z wzoru (PN-B-03002: 1999):

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}, \text{ MPa}, \quad (5.5)$$

gdzie:

- f_k - jak we wzorze (5.12),
- γ_m - częściowy współczynnik bezpieczeństwa muru uzależniony od kategorii wykonania robót oraz kategorii produkcji elementów murowych.

W przypadku konstrukcji murowych wielkość odkształceń przy ściskaniu zależy od odkształcalności elementów murowych i zaprawy, stosunku grubości elementu murowego i spoiny, jakości wykonania muru, szybkości przyrostu obciążenia oraz wieku muru. Normy przedmiotowe (PN-B-03002:1999, Eurokod 6) zalecają przyjmowanie modułu sprężystości muru dla naprężeń w zakresie od 0 do 0,33 maksymalnych naprężeń ściskających.

Doraźny moduł sprężystości muru E (wartość średnia) zgodnie z PN-B-03002:1999 zaleca się przyjmować jako:

$$E = \alpha_c \cdot f_k, \text{ MPa}, \quad (5.6)$$

gdzie:

- f_k – jak we wzorze (5.1),
- α_c – cecha sprężystości muru.

Jeżeli wytrzymałość na ściskanie zaprawy $f_m < 5$ MPa cecha sprężystości muru $\alpha_c = 600$.

Długotrwały moduł sprężystości muru E_∞ (wartość średnia) wyznacza się jako:

$$E_\infty = \frac{\alpha_c \cdot f_k}{1 + \eta_E \cdot \phi_\infty} = \alpha_{c_\infty} \cdot f_k, \text{ MPa} \quad (5.7)$$

$\eta_E < 1$ – współczynnik uwzględniający zmniejszenie pełzania muru na skutek redystrybucji sił wewnętrznych w konstrukcji oraz stosunek obciążenia działającego długotrwale do obciążenia całkowitego elementu konstrukcji murowej, jeżeli duża dokładność obliczeń nie jest wymagana można przyjąć $\eta_E = 0,3$,

ϕ_∞ – końcowa wartość współczynnika pełzania, jeżeli duża dokładność obliczeń nie jest wymagana można przyjąć $\phi_\infty = 1,5$,

$\alpha_{c\infty}$ - cecha sprężystości muru pod obciążeniem długotrwałym.

Moduł odkształcenia postaciowego G dla muru wg wytycznych zawartych w Eurokod 6 (PN-EN 1996-1:2010) zaleca się przyjmować jako:

$$G = 0,4 \cdot E, \text{ MPa} \quad (5.8)$$

E - moduł sprężystości wyznaczony dla obciążenia działającego w kierunku prostym do spoin wspornych, MPa,

G - moduł odkształcenia postaciowego, MPa.

Materiał obudowy charakteryzują następujące wielkości:

$$\rho = 2,65 \text{ Mg/m}^3,$$

$$f_k = 8,05 \text{ MPa},$$

$$f_d = 3,22 \text{ MPa},$$

$$E = 4,83 \text{ GPa},$$

$$E_\infty = 3,33 \text{ GPa},$$

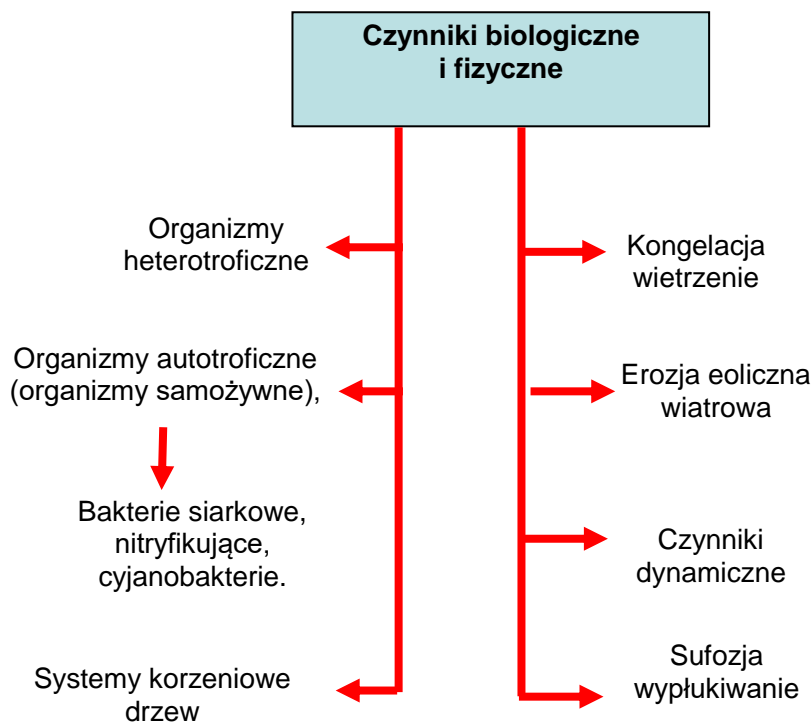
$$G = 1,93 \text{ GPa},$$

5.3. Badania stopnia korozji obudowy kamiennej wyrobisk

5.3.1. Wpływ czynników środowiskowych na obudowy kamienne

Wszystkie materiały pod wpływem czynników zewnętrznych ulegają korozji (korozja: z łac. *corrosio* – zżeranie) rozumianej jako proces stopniowego niszczenia materiałów, zachodzący między ich powierzchnią i otaczającym środowiskiem (Doehne & Price, 2010; Verges-Belmin, 2008). Zależnie od rodzaju materiału dominujące procesy mają charakter reakcji chemicznych, procesów elektrochemicznych, mikrobiologicznych lub fizycznych (np. topnienie i inne przemiany fazowe, uszkodzenia przez promieniowanie). Należy zaznaczyć, że nie tylko korozja może negatywnie wpływać na obudowę wyrobiska podziemnego. Działalność gospodarcza człowieka prowadzona w bezpośrednim otoczeniu wyrobiska może również negatywnie wpływać na jego stan techniczny i możliwości bezawaryjnego

użytkowania. Tego typu czynniki zostały zaliczone do czynników antropogenicznych (rys. 5.50).



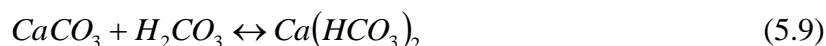
Rys. 5.50. Podział czynników biologicznych i fizycznych mających wpływ na wyrobiska podziemne

5.3.1.1. Czynniki chemiczne

Woda jest najbardziej uniwersalnym rozpuszczalnikiem w przyrodzie. Aktywność wody wzrasta w miarę jak woda zostanie nasycona związkami chemicznymi np.: gazem, wodorotlenkami lub solami itp. (Domasławski, 2011; Duży i inni 2006; Sieniawska-Kuras & Potocki, 2012; Tyrowicz, 1967; Verges-Belmin, 2008). Wodne roztwory substancji chemicznej często powodują przyspieszenie procesów dezintegracyjnych w materiale obudowy. Woda może występować w skale (wody juvenile) ale również może być dostarczana do skały jako woda pochodząca z deszczu, śniegu, lodu, lub mgły (wody meteoryczne). Woda osadzając się na materiale obudowy infiltruje w głąb materiału przez pory lub jest podciągana kapilarnie. Wewnątrz materiału, woda może zarówno wmywać jego składniki, jak też powodować ich pęcznienie.

W kontakcie z gazami zawartymi w atmosferze lub przesączając się przez skały otaczające wyrobisko, woda, tworzy roztwory słabych kwasów lub zasad, które znacznie przyspieszają korozję murów obudowy.

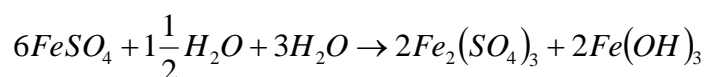
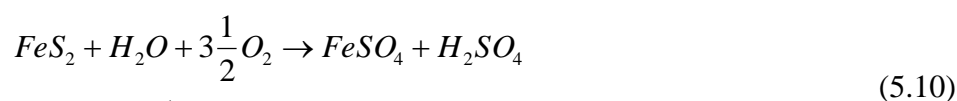
Najbardziej typowym przykładem może być działanie tzw. „kwaśnej” wody, tj. wody w której został rozpuszczony tlenek węgla, na wapień i kamienie zawierające ten związek w swoim składzie:



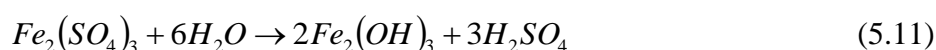
Powstały w wyniku tej reakcji kwaśny węglan wapnia jest stukrotnie bardziej rozpuszczalny niż czysty wapień. Powyższa reakcja może zachodzić również w drugą stronę, gdyż kwaśny węglan wapnia po wyschnięciu, na skutek karbonizacji przechodzi w węglan wapnia, a więc związek który jest stosunkowo odporny na działanie wody. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia przede wszystkim w jaskiniach.

Oprócz dwutlenku węgla zmiany w minerałach skałotwórczych wywołują również inne składniki powietrza takie jak tlen, azot oraz związki, które stanowią zanieczyszczenia powietrza powstałe najczęściej w procesie spalania. Możemy do nich zaliczyć: tlenki siarki, związki azotu, siarkowodór, chlorowodór i inne. Pod ich wpływem przebiegają reakcje utleniania, redukcji, hydratacji, dehydratacji, hydrolizy i karbonatyzacji, które w efekcie powodują rozkład kamienia tworzącego mur obudowy.

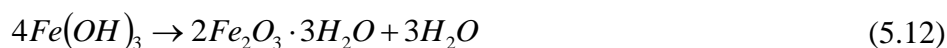
Tlen, również może negatywnie wpływać na materiał obudowy. Jako przykład można podać przebieg procesu utleniania pirytu lub markasytu, związków siarki często spotykanych w skałach. Piryt (FeS_2) na skutek utleniania przechodzi w siarczan żelaza, co pokazuje reakcja:



W dalszej kolejności siarczan żelaza ulega hydrolizie, w wyniku czego powstaje wodorotlenek żelaza:



Następnie wodorotlenek żelaza ulega częściowej dehydratacji i przechodzi w limonit widoczny na obudowie w postaci rdzawych nacieków (np. rys.5.11, 5.12):



Powstały w wyniku reakcji utleniania pirytu kwas siarkowy może się łączyć z wapniem tworząc gips który osadza się na murze obudowy.

5.3.1.2. Czynniki biologiczne

Czynniki biologiczne mają duży udział w procesie niszczenia skał budujących górotwór w otoczeniu wyrobiska podziemnego oraz kamienia, z którego wykonano obudowy. W skałach magmowych i metamorficznych najczęściej ulegają niszczeniu warstwy przypowierzchniowe natomiast w skałach osadowych procesy niszczenia obejmują również

warstwy głębsze, co związane jest z dużą ich porowatością (rys. 5.51). W skałach porowatych zniszczenia wywołane czynnikami biologicznymi mogą sięgać od kilku centymetrów do kilkunastu m w głąb struktury skalnej (Guzow, 1977; Ważny & Karyś, 2001).



Rys.5.51. Korzenie wyrastające spod posadowienia muru obudowy.

Wszystkie organizmy żywe, ze względu na sposób odżywiania się, generalnie, można podzielić na dwie grupy (Ważny & Karyś, 2001):

- organizmy heterotroficzne (cudzożywne) odżywiają się związkami organicznymi których same nie potrafią wytworzyć. Do grupy tej zaliczamy większość bakterii, grzybów, śluzowców, niektóre rośliny oraz zwierzęta; w wyrobiskach podziemnych i na ich obudowach spotykane są raczej rzadko; najczęściej występują w otoczeniu organizmów autotroficznych i żerują np. na ich resztkach;
- organizmy autotroficzne (samożywne), które swoje ciało budują przetwarzając związki organiczne wytwarzane przez siebie na drodze redukcji atmosferycznego tlenku węgla lub na drodze fotosyntezy; organizmy z grupy autotrofów można podzielić na dwie grupy – do pierwszej zaliczamy bakterie siarkowe i nitryfikujące, a do drugiej cyjanobakterie.

W wyrobiskach podziemnych rola zarówno organizmów autotroficznych jak i heterotroficznych jest dość ograniczona. Wynika to z specyficznych warunków jakie w tych wyrobiskach występują. Jednak tam gdzie dociera światło lub występują szczątki organiczne można spotkać skupiska glonów i grzybów zasiedlających skały wyłomu jak i obudowę kamienną. Ich wpływ na korozję materiału obudowy jest stosunkowo niewielki ale mogą powodować powstanie drobnych wżerów i kanalików w strukturze muru. Kanaliki i wżery mogą być powiększane poprzez oddziaływanie innych czynników takich jak np. zmiany temperatury czy też krystalizacja soli wewnątrz struktury muru obudowy.

Bardziej destrukcyjne oddziaływanie na mury w wyrobiskach podziemnych, zlokalizowanych płytko pod powierzchnią ziemi, mają systemy korzeniowe drzew. Głębokie systemy korzeniowe (8–10 m) wykształcają takie drzewa jak dąb, modrzew, lipa, topola, jodła, robinia akacjowa, kasztanowiec biały. Korzenie roślin oddziałują na kamień:

- bezpośrednio – korzenie wydzielając kwasy organiczne (chelatory), które reagując z kamieniem ułatwiają jego penetrację początkowo włosowatym korzeniom, które w miarę wzrostu rozsadzają go;
- pośrednio – substancje wydzielane przez system korzeniowy pobudzają wzrost drobnoustrojów przyczyniających się do chemicznego niszczenia kamienia.

Badania wykazały, że wydzieliny korzeniowe roślin wyższych mogą zawierać cukry (około 10 rodzajów), aminokwasy, kwasy organiczne (około 10 rodzajów), a także nukleotydy i enzymy. Na powierzchniach kamienia gromadzi się specyficzna mikroflora, zwana mikroflorą ryzosfery, która toruje korzeniom dostęp do coraz głębszych warstw kamienia. Tam też zachodzą wszystkie już opisane zjawiska biochemiczne (Ważny & Karyś, 2001).

5.3.1.3. Czynniki fizyczne

Z czynników fizycznych, mających negatywny wpływ na stan zachowania elementów kamiennych obudowy wyrobisk podziemnych, można wymienić między innymi wiatr, zmiany temperatury, wilgotność, wzrosty obciążenia konstrukcji i wstrząsy skał otaczających wyrobisko. Najczęściej na efekt końcowy uszkodzenia muru składa się oddziaływanie kilku lub jednocześnie wszystkich z wymienionych czynników (Ashurst & Ashurst, 1988; Ashurst & Dimes, 1998; Domasławski, 1971, 1993; Lehmann, 1974; Tokarski & Wolfkes, 1969).

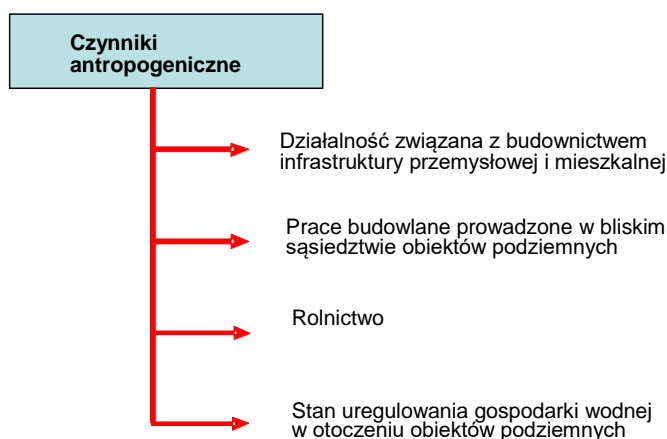
Przepływ powietrza w wyrobisku powoduje nanoszenie na mur drobnych osadów mechanicznych, drobin pyłu, które w warunkach dużej wilgotności mogą wchodzić w reakcje chemiczne z materiałem obudowy, w efekcie których powstają związki chemiczne powodujące jej destrukcję. Intensywne przepływy powietrza i unoszone przez nie drobiny np. kwarcu mogą mechanicznie uszkadzać obudowę, powodując zjawisko erozji eolicznej. Przepływ powietrza również przyczynia się do zmiany wilgotności obudowy, jej osuszenie. W tym przypadku może wystąpić zjawisko krystalizacji soli powstałych w murze. Ciśnienie powstałe podczas krystalizacji jest tak duże że może powodować rozsadzanie wewnętrznej struktury elementów kamiennych muru obudowy jak i samych skał w otoczeniu wyrobiska. Z wilgotnością ściśle wiąże się zjawisko przemarzania muru. Z tym zjawiskiem mamy do czynienia zwłaszcza w rejonach wlotów do wyrobisk podziemnych. W temperaturze poniżej

0°C woda zawarta w porach kamienia zamarza, krystalizujący lód rozsadza strukturę materiału obudowy.

Typowym czynnikiem mechanicznym niszczącym mury są wstrząsy i drgania jakim może być poddana obudowa wyrobiska podziemnego. Obciążenia zmienne w czasie, dynamiczne, mogą wywoływać naprężenia znacznie większe od naprężeń wywołanych obciążeniem statycznym obudowy, a tym samym mogą powodować uszkodzenia konstrukcji obudowy.

5.3.1.4. Czynniki antropogeniczne

Działalność związaną z budownictwem infrastruktury przemysłowej i mieszkalnej oraz rolnictwem, możemy zaliczyć do czynników antropogenicznych, mających negatywny wpływ na zachowanie i użytkowanie wyrobisk podziemnych (rys. 5.52). Z tego typu zjawiskami mamy do czynienia zazwyczaj w przypadku wyrobisk płytko zlokalizowanych. Prace budowlane, prowadzone w bliskim sąsiedztwie i powodujące zmiany naprężeń w skałach otaczających wyrobisko, negatywnie wpływają na stateczność jego obudowy, przyczyniając się do powstawania uszkodzeń mechanicznych (Duży i inni 2012, 2014; Penkala, 1966; Przedpełski, 1957; Sieniawska-Kuras & Potocki, 2012).



Rys. 5.52. Podział czynników antropogenicznych mających wpływ na wyrobiska podziemne

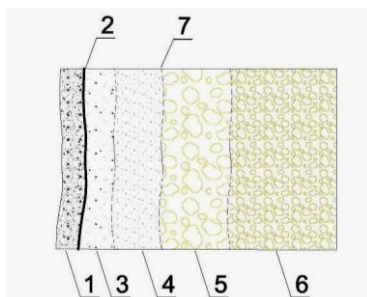
Intensywnie prowadzone rolnictwo, wpływa pośrednio na stan obudowy wyrobisk, powodując wprowadzenie do środowiska substancji chemicznych, które w połączeniu z wodą gruntową lub atmosferą tworzą związki chemiczne aktywne względem materiału obudowy wyrobiska. Również nieuregulowana gospodarka wodno-ściekowe może w konsekwencji doprowadzić do uszkodzenia obudowy kamiennej wyrobiska. Należy zwrócić uwagę, że wody gospodarcze dostające się w głąb struktur gruntu, powodują takie negatywne zjawiska jak sufozja, wypłukiwanie składników z materiału obudowy i zaprawy oraz zwiększona

migracja wodnych roztworów związków chemicznych (Duży i inni , 2014; Skalmowski, 1971; Tyrowicz, 1967). W gruntach gliniastych i ilastych przenikająca w głąb struktur gruntu woda powoduje ich pęcznienie, a tym samym wzrost obciążenia obudowy wyrobiska.

5.3.2. Destrukcja obudów kamiennych

Czynniki środowiskowe przyczyniają się w dużym stopniu do intensyfikacji procesu niszczenia materiału obudowy. Mechanizm destrukcji można przedstawić na przykładzie obudów kamiennych wykonanych kamienia naturalnego lub sztucznego o strukturze porowatej zawierającego w swoim składzie wapń. (Domasławski 2011; Lehmann, 1974; Niemcewicz, 2005; Verges-Belmin, 2008).

W przypadku obudowy kamiennej tego rodzaju wykształca się zewnętrzna warstwa (nr 1 na rys. 5.53), składająca się z naskorupień powstałych przede wszystkim na skutek osadzania się zanieczyszczeń stałych np. z powietrza (sadza, substancje smoliste, substancje mineralne itp.). Wskutek migracji wody zawierającej węglan wapnia w strukturze kamienia, pod warstwą naskorupień, tworzy się np. gips. Na powierzchni kamienia jest ona widoczna jako „narastające” zgrubienie koloru szarego. Grubość tej warstwy może wynosić od kilku do kilkunastu milimetrów. Pod jej powierzchnią następuje niszczenie struktury pierwotnej kamienia. Dochodzi do powstania stref wewnętrznych, utworzonych głównie przez węglan wapnia ale również mogą to być produkty rozkładu krzemianów i glinokrzemianów.



Rys. 5.53. Strefowy obraz zniszczeń w porowatym kamieniu o lepiszczu wapiennym; 1 – nawarstwienia zewnętrzne, 2 – pierwotna powierzchnia kamienia, 3 – nawarstwienia wewnętrzne, 4 – warstwa kamienia ulegającego dezintegracji, 5 – warstwa częściowo pozbawiona lepiszcza, 6 – kamień niezmieniony, 7 – granica pomiędzy strefą kamienia ulegającego dezintegracji a strefą gdzie kamień został częściowo pozbawiony lepiszcza

Związki chemiczne powstałe w warstwie nr 3 powodują dezintegrację struktury kamienia (warstwa nr 4). Na skutek nawarstwień zewnętrznych zniszczenia w rejonie warstwy nr 4 nie są widoczne z zewnątrz. Jednak kiedy grubość nawarstwień osiągnie wielkość krytyczną (specyficzną dla każdego rodzaju skały), odpadają one odsłaniając ukryte zniszczenia

kamienia. Cykl ten się powtarza doprowadzając po dostatecznie długim czasie do całkowitej destrukcji elementów obudowy kamiennej.

W przypadku skał nieporowatych możemy wyróżnić tylko trzy strefy rozkładu. Pierwszą stanowią nawarstwienia z osiadających substancji pelitowych oraz tworzącego się gipsu, druga to warstwa ulegająca dezintegracji, a trzecia to strefa niezmienionego kamienia. W przypadku gdy jedną z głównych warstwowotwórczych substancji jest gips, zniszczenia wywołane są przede wszystkim przez to, że objętość powstającego gipsu jest znacznie większa niż objętość por w których krystalizuje.. (Domasławski, 2011; Frazik, 1968; Tyrowicz, 1967).

Również w piaskowcach o lepiszczu ilastym i krzemionkowym, pozbawionych lepiszcza wapiennego, można wyróżnić trzy strefy zmian. Przy powierzchni znajdują się nawarstwienia, w skład których wchodzi zanieczyszczenia z powietrza oraz wyługowane lepiszcze. Drugą strefę, którą można traktować jako nawarstwienia wewnętrzne, tworzy migrujące lepiszcze. Trzecią strefę stanowi warstwa, z której następuje ługowanie lepiszcza, wykazująca mniejszą wytrzymałość mechaniczną i większą porowatość. Strefa ta ulega dezintegracji, wskutek czego zachodzą zniszczenia podobne jak w przypadku porowatych wapieni i piaskowców o lepiszczu wapnistym (ryc. 5.54). W piaskowcach o lepiszczu krzemionkowym procesy te następują w znacznie wolniejszym tempie.



Rys. 5.54 . Przykład zespolonego oddziaływania fizycznych, chemicznych i antropogenicznych czynników destrukcyjnych w wyrobisku podziemnym.

6. OKREŚLENIE ODDZIAŁYWANIA GÓROTWORU NA OBUDOWĘ WYROBISKA.

6.1. Podstawy teoretyczne

Wielkość naprężeń w górotworze w rejonie projektowanego wyrobiska określa się z zależności:

$$\sigma_z = p_z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_d \quad (6.1)$$

gdzie:

p_z - naprężenie pierwotne w górotworze określane wzorem (6.2),

k_1 - współczynnik koncentracji naprężeń wynikający z oddziaływania zaburzeń tektonicznych,

k_2 - współczynnik koncentracji naprężeń wynikający z oddziaływania innych wyrobisk korytarzowych,

k_3 - współczynnik koncentracji naprężeń wynikający z oddziaływania krawędzi eksploatacyjnych i resztek pokładów,

k_4 - współczynnik koncentracji naprężeń wynikający z nachylenia warstw masywu,

k_d - współczynnik uwzględniający oddziaływanie wstrząsu.

Naprężenia pierwotne w górotworze w rejonie wyrobiska określa się z zależności:

$$p_z = -\gamma \cdot H \quad (6.2)$$

gdzie:

γ - ciężar objętościowy skał nadległych w masywie, MN/m³,

H - głębokość zalegania wyrobiska, m.

Wpływ naprężeń tektonicznych na stan naprężenia w rejonie wyrobiska uwzględnia się poprzez współczynnik koncentracji naprężeń k_1 . Współczynnik koncentracji naprężeń określany jest dla strefy oddziaływania uskoku określanej wg A. Zorychty z zależności:

$$L_u = \frac{2,5 \cdot \sqrt{h_u}}{\sin \alpha_u} \quad (6.3)$$

gdzie:

h_u - wysokość zrzutu uskoku, m.

α_u - kąt nachylenia płaszczyzny uskoku, stopnie

Jeżeli minimalna odległość pomiędzy uskokiem a wyrobiskiem jest mniejsza od wielkości określonej wzorem (6.3), wówczas należy przyjąć wartość współczynnika $k_1 = 1,2$, w przeciwnym przypadku $k_1 = 1,0$.

W przypadku, gdy wyrobisko przecina strefę uskokową, na jego wybiegu wydzielić należy strefę oddziaływania uskołu L_{su} o szerokości będącej sumą podwójnego zasięgu oddziaływania uskołu L_u (przed i za uskokiem) oraz szerokości szczeliny uskokowej L_s :

$$L_{su} = 2 \cdot L_u + L_s \quad (6.4)$$

Na odcinku tej strefy współczynnik koncentracji naprężeń $k_1 = 1,2$, na pozostałym odcinku wyrobiska $k_1 = 1,0$.

Wpływ istniejących wyrobisk korytarzowych na stan naprężenia w masywie skalnym w rejonie wyrobiska uwzględnia się poprzez współczynnik koncentracji naprężeń k_2 określany z zależności:

$$k_2 = k_2^1 \cdot k_2^2 \cdot \dots \cdot k_2^m \quad (6.5)$$

gdzie:

m. - ilość wyrobisk korytarzowych oddziałujących na górotwór w rejonie wyrobiska,

k_2^j - współczynnik koncentracji naprężeń od j-tego wyrobiska korytarzowego obliczany z zależności:

$$\begin{aligned} \text{dla } x \geq 2,5 \cdot S_w^0 &\Rightarrow k_2^j = 1,0 \\ \text{dla } x < 2,5 \cdot S_w^0 &\Rightarrow k_2^j = 1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{x}{S_w^0}\right)^2} \end{aligned} \quad (6.6)$$

S_w^0 - szerokość wyrobiska oddziałującego, m.

x - odległość wyrobiska oddziałującego od wyrobiska, m

W przypadku rozpatrywanej sztolni współczynnik koncentracji naprężeń od j-tego wyrobiska korytarzowego, z uwagi na brak wyrobisk oddziałujących, należy przyjąć $= 1$.

Wpływ oddziaływania krawędzi eksploatacyjnych i resztek pokładów na wielkość naprężenia pionowego w górotworze w rejonie wyrobiska uwzględnia się poprzez współczynnik koncentracji naprężeń k_3 . Z uwagi na brak zaszłości eksploatacyjnych w rejonie sztolni współczynnik koncentracji naprężeń k_3 należy przyjąć jako $= 1$.

Wpływ nachylenia warstw na wielkość i rozkład naprężeń w górotworze w otoczeniu projektowanego wyrobiska uwzględnia się poprzez współczynnik koncentracji naprężeń wynikający z nachylenia warstw przyjmuje się:

- dla nachylenia warstw masywu skalnego poniżej 15° - $k_4 = 1,00$
- dla nachylenia warstw masywu skalnego od 15° do 30° - $k_4 = 1,15$
- dla nachylenia warstw masywu skalnego od 30° do 45° - $k_4 = 1,25$
- dla warstw skalnych o nachyleniu powyżej 45° projekt wyrobiska wykonuje się w oparciu o decyzję kierownika ruchu zakładu górniczego, po zasięgnięciu opinii kopalnianego Zespołu ds. Obudowy.

Współczynnik uwzględniający oddziaływanie wstrząsu górotworu oblicza się z zależności:

$$k_d = 1 + \frac{p_d}{p_z} \quad (6.8)$$

gdzie:

$$p_d = 30.6 \frac{(\ln A_s)^{0.78}}{r^{1.55}} [MPa] \quad (6.9)$$

A_s - prognozowana energia sejsmiczna wstrząsu [J],

r - odległość prawdopodobnego ogniska (warstwy wstrząsogennej) od wyrobiska.

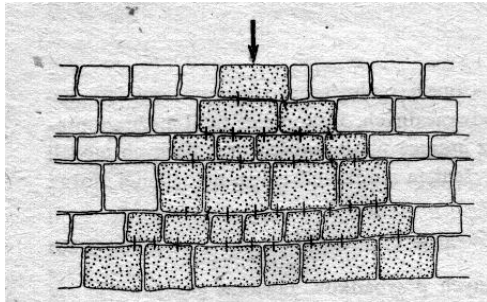
W przypadku sztolni współczynnik uwzględniający oddziaływanie wstrząsu górotworu należy przyjąć jako $= 1$.

Wyrobisko korytarzowe zlokalizowane w gruntach nieskalistych znajduje się w specyficznym układzie, którego nie można opisać równaniami stosowanymi dla opisu górotworu zbudowanego ze skał zwięzłych. Grunty nieskaliste często nie podlegają procesowi konsolidacji i pozostają w stanie, który można opisać jako stan sypki.

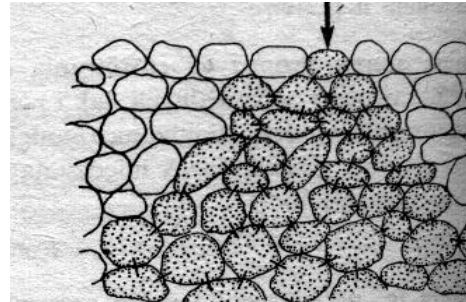
Uwzględnienie dyskretnej struktury skały sypkiej możliwe jest albo przez badanie ośrodka zastępczego, albo przez zastosowanie metod probabilistycznych. W podanych powyżej rozwiązaniach ośrodek traktowany jest jako statystyczny układ elementów o dowolnym kształcie, nie powiązanych ze sobą, lecz wspartych na sobie w taki sposób, że pomiędzy nimi występują siły na stykach. Obciążenie zewnętrzne przekazuje się poprzez styki elementów w głąb ośrodka. W zależności od tego, czy ośrodek utworzony jest ze wspartych o siebie mniej lub bardziej regularnych bloków (rys. 6.1), czy też składa się ze zbioru ziaren o zwartym i regularnym kształcie Kandaurov rozróżnia ośrodek bezrozporowy, w którym nie powstaje rozpór pomiędzy poszczególnymi blokami oraz ośrodek rozporowy, w którym wskutek nieregularnego kształtu ziaren i dowolnego położenia styków powstają w ośrodku także siły poziome - tzw. rozpór (rys. 6.2). Obciążenie działające na ziarno I przekazywane jest na dwa ziarna podpierające na ogół pod dowolnymi kątami zależnymi od kształtu ziaren, sposobu podparcia i położenia styków. Na ziarna II i III działają siły P_B i P_C

na ogół o różnych wartościach i różnie skierowane (rys. 6.3). Jako współczynnik nierównomierności rozkładu obciążenia określa się wielkość wyrażoną wzorem:

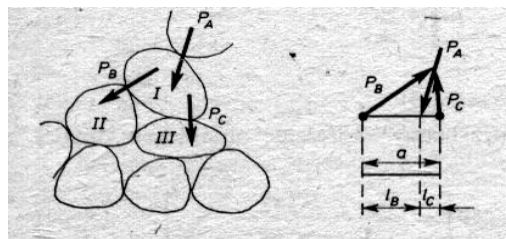
$$k = \frac{P_C}{P_B} = \frac{l_B}{l_C} \quad (6.10)$$



Rys. 6.1. Model ośrodka bezrozporowego



Rys. 6.2. Model ośrodka rozporowego



Rys. 6.3. Wzajemne oddziaływanie ziaren ośrodka rozporowego

Przyjmując, że wymiary ziaren są stałe dla całej warstwy górotworu ($a_i = a = \text{const.}$) współczynnik k zmienia się wraz z głębokością według wzoru:

$$k = \sqrt{K \cdot \left(\frac{a}{z}\right)^c} \quad (6.11)$$

k - współczynnik nierównomierności rozkładu obciążenia,

z - grubość warstwy skały sypkiej,

a - średni rozmiar ziarna,

K, c - parametry równania (dla ośrodka rozporowego $c = 1$).

Dla dowolnego obciążenia $q(x)$ rozłożonego na odcinku $-b \leq \xi \leq b$ obciążenie wyraża się zależnością:

$$\sigma_z = \frac{2}{z} \cdot \sqrt{\frac{K}{\pi}} \cdot \int_{-b}^b q(x) \cdot \exp \left[-\frac{4 \cdot K}{z^2} \cdot (x - \xi)^2 \right] \cdot d\xi \quad (6.12)$$

Przyjmując z kolei założenia Mulera parametr K związany jest z współczynnikiem rozpięcia bocznego w ośrodku sypkim. Parametr K można zatem wyznaczyć z zależności:

$$K = \frac{1}{8 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)} \quad (6.13)$$

φ - kąt tarcia wewnętrznego ośrodka.

Górotwór otaczający wyrobisko oddziałuje na obudowę poprzez obciążenia statyczne i dynamiczne. Wielkość i rozkład oddziaływania górotworu na obudowę wyrobiska zależy od głębokości zalegania wyrobiska, wartości parametrów geotechnicznych górotworu, wymiarów przekroju poprzecznego wyrobiska oraz od rodzaju obudowy i technologii jej wznoszenia.

Uwzględniając charakter procesów naprężeniowo - deformacyjnych można wyróżnić głębokość małą oraz dużą głębokość lokalizacji wyrobiska. W przypadku lokalizacji wyrobiska na małej głębokości w procesie deformacji górotworu, a zatem i obciążania obudowy, bierze udział cały maszyn skalny od poziomu wyrobiska do powierzchni terenu, natomiast w przypadku lokalizacji wyrobiska na dużej głębokości oddziaływanie wyrobiska obejmuje pewną część masywu skalnego, poza którą naprężenia w górotworze odpowiadają naprężeniom pierwotnym.

W przypadku wyrobisk zlokalizowanych na dużej głębokości w górotworze, w otoczeniu wyrobiska występuje zmiana stanu naprężenia i mogą tworzyć się strefy odkształceń niesprężystych. W przypadku, gdy w otoczeniu wyrobiska powstają strefy odkształceń niesprężystych na obudowę oddziaływać będą obciążenie statyczne i obciążenie dynamiczne.

Obciążenie statyczne wynika z wielkości strefy odprężonej lub strefy odkształceń niesprężystych powstałych w otoczeniu wyrobiska i wyrażane jest jako ciężar skał zalegających w obrębie tej strefy. Obciążenie dynamiczne wynika z przemieszczania się skał w stronę wybranej przestrzeni, a jego wielkość wyrażana jest za pomocą tzw. przemieszczeń wymuszonych.

Wyrobisko zlokalizowane w ośrodku sprężystym

Górotwór otaczający wyrobisko traktować można jako ośrodek sprężysty, gdy skały budujące górotwór odpowiadają kategorii I - Via wg BN-79/0434-04, a głębokość zalegania wyrobiska jest mniejsza od głębokości krytycznej określonej wzorem:

$$H_{kr} = \frac{0.5 \cdot R_{cg}}{\gamma_0} \quad (6.14)$$

gdzie:

R_{cg} - wytrzymałość obliczeniowa górotworu na ściskanie,

γ_0 - średnia wartość obliczeniowa ciężaru objętościowego górotworu.

Ciśnienie statyczne górotworu na obudowę wyrobiska oblicza się z wzoru:

$$q_z = \max \begin{cases} \gamma_0 \cdot h_s \\ \gamma_0 \cdot h_0 \end{cases} \quad (6.15)$$

gdzie: h_s - zasięg spękań powstałych w wyniku prowadzenia robót strzałowych. Zaleca się przyjmować $h_s = 1.0 - 2.0$ m, zależnie od wielkości przekroju poprzecznego wyrobiska,

h_0 - strzałka sklepienia ciśnień opisana wzorem:

$$h_0 = \frac{0.5 \cdot s_w + w_w \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi_0}{2} \right)}{\operatorname{tg} \varphi_s} \quad (6.16)$$

ϕ_w - obliczeniowa wartość pozornego kąta tarcia wewnętrznego skał w spągu wyrobiska,

γ_{0i} - obliczeniowa wartość gęstości przestrzennej skał i-tej warstwy,

Ponieważ w przypadku lokalizacji wyrobiska w ośrodku sprężystym nie tworzą się strefy odkształceń niesprężystych i występują tylko obciążenia statyczne, wymuszone przemieszczenie obudowy dla wyrobiska zalegającego na dużej głębokości w ośrodku sprężystym przyjmuje się $u_w = 0$.

Wyrobisko zlokalizowane w ośrodku sprężysto - plastycznym

Ośrodek otaczający wyrobisko uznaje się za sprężysto - plastyczny, gdy skały budujące górotwór odpowiadają kategorii I - VII wg BN-79/0434-04 i równocześnie spełniony jest warunek:

$$p_0 \leq p_a \leq p_g \quad (6.17)$$

p_0 - naprężenie radialne występujące na granicy strefy plastycznej i spękanej określane z wzoru:

$$p_0 = \frac{p_g \cdot \beta_g + R_{cg}}{\beta_g} \cdot \left[\frac{(1 + \nu) \cdot (p_z - p_g)}{\varepsilon_{ng} \cdot E_g} \right]^{\frac{\beta_g}{2}} - \frac{R_{cg}}{\beta_g} \quad (6.18)$$

p_g - naprężenie radialne występujące na granicy strefy sprężystej i plastycznej określane ze wzoru:

$$p_g = \frac{2 \cdot p_z - R_{cg}}{2 + \beta_g} \quad (6.19)$$

p_a - podporność obudowy wyrobiska

p_z - ciśnienie pierwotne panujące w górotworze nienaruszonym na danej głębokości,

β_g - parametr określany z wzoru:

$$\beta_g = \frac{2 \cdot \sin \varphi_g}{1 - \sin \varphi_g} \quad (6.20)$$

ϕ_g - obliczeniowa wartość kąta tarcia wewnętrznego skał budujących górotwór,

E_g - obliczeniowa wartość modułu sprężystości skał budujących górotwór,

ν_g - obliczeniowa wartość współczynnika Poissona skał budujących górotwór,

ε_g - obliczeniowa wartość granicznego odkształcenia sprężystego skał budujących górotwór,

R_{cg} - obliczeniowa wartość wytrzymałości na ściskanie skał budujących górotwór,

R_{cg}' - wytrzymałość obliczeniowa górotworu na ściskanie w obrębie strefy plastycznej (zaleca się przyjmować $R_{cg}' = 0.5 \times R_{cg}$)

Ciśnienie statyczne górotworu na obudowę wyrobiska określa się z zależności:

$$q_z = \gamma_0 \cdot (r_L - r_w) \quad (6.21)$$

gdzie: r_L - promień strefy plastycznej,

r_w - promień zastępczy wyrobiska,

γ_0 - ciężar objętościowy skał nadległych

Przyjmowana do dalszych obliczeń wartość obciążenia statycznego obudowy jest wartością maksymalną spośród wartości określonych z wzorów (6.15) i (6.21).

Promień strefy plastycznej wyznacza się z równania:

$$\left(\frac{r_L}{r_w} \right)^{\beta_g + 1} + \left(\frac{0.5 \cdot R_{cg}}{\beta_g \cdot \gamma_0 \cdot r_w} - 1 \right) \cdot \left(\frac{r_L}{r_w} \right)^{\beta_g} = \frac{p_g + \frac{0.5 \cdot R_{cg}}{\beta_g}}{\gamma_0 \cdot r_w} \quad (6.22)$$

Wymuszone przemieszczenia obudowy wyrobiska oblicza się z wzoru:

$$u_w = \frac{1 + \nu_g}{E_g} \cdot (p_z - p_g) \cdot \frac{r_L^2}{r_w} \quad (6.23)$$

Wyrobisko zlokalizowane w ośrodku sprężysto - plastyczno - spękanym

Ośrodek, w którym wykonywane będzie wyrobisko uznać można za ośrodek sprężysto - plastyczno - spękany, jeżeli skały budujące górotwór odpowiadają kategorii I - VII wg normy BN-79/0434-04 i równocześnie spełniony jest warunek:

$$p_a < p_0 < p_g \quad (6.24)$$

Ciśnienie statyczne górotworu na obudowę wyrobiska oblicza się z wzoru:

$$q_z = \gamma_0 \cdot (r_a - r_w) \quad (6.25)$$

Wymuszone przemieszczenia obudowy wyrobiska oblicza się z wzoru (6.23), natomiast zasięg stref spękań i plastycznej oblicza się z równań:

$$\left(\frac{r_a}{r_w}\right)^{\beta_g + 1} - \left(\frac{r_a}{r_w}\right)^{\beta_g} = \frac{p_0}{\gamma_0 \cdot r_w} \quad (6.26)$$

$$r_L = r_a \cdot \left[\frac{p_g \cdot \beta_g + R'_{cg}}{p_0 \cdot \beta_g + R'_{cg}} \right]^{\frac{1}{\beta_g}} \quad (6.27)$$

Obciążenie obliczeniowe obudowy należy określić z wzoru:

$$q_0 = q_z \cdot n \quad (6.28)$$

gdzie:

q_z - normowa wartość obciążenia obudowy wyrobisk wyliczona z w/w wzorów,
 n - współczynnik obciążenia.

W przypadku lokalizacji wyrobiska w strefach zaburzeń tektonicznych oraz innych czynników wpływających na zmianę stanu naprężenia, zaleca się określić współczynnik koncentracji naprężeń i wprowadzić go do odpowiednich wzorów.

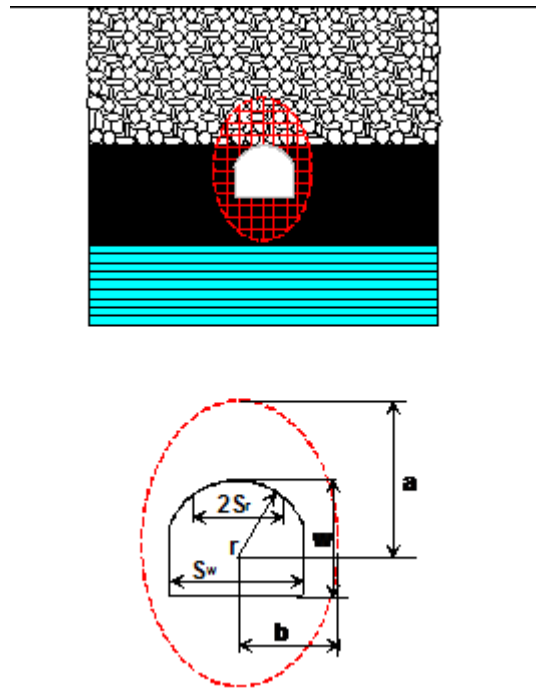
Określenie obciążenia obudowy wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych w gruntach nieskalistych

W wyniku wykonania wyrobiska w jego otoczeniu powstanie strefa rozluźniania skał w kształcie elipsy. (rys. 6.4). W gruncie nieskalistym utworzy się sklepienie w przypadku spełnienia następującego warunku:

$$\frac{2 \cdot S_r}{w} \geq \sqrt{\frac{K^2 \cdot (f^2 + K)}{K \cdot f^2 + 1}} \quad (6.29)$$

K - parametr obliczany z zależności:

$$K = \frac{p_x}{p_z} \quad (6.30)$$



Rys. 6.4. Schemat obliczeniowy obciążenia obudowy w rejonie strefy naruszonego górotworu

S_r - rozpiętość wyrobiska - dla obudowy łukowej obliczana z zależności:

$$S_r = \frac{r}{\sqrt{2}} \quad (6.31)$$

r - promień sklepienia obudowy wyrobiska,

p_x - naprężenie poziome w górotworze,

p_z - naprężenie pionowe w górotworze,

h - wysokość wyrobiska,

f - współczynnik tarcia górotworu określany z zależności:

$$f = \operatorname{tg} \left(\varphi + k \cdot \log \frac{R_c}{\sigma_z} \right) \quad (6.32)$$

φ - kąt tarcia wewnętrznego gruzowiska zawałowego,

k - współczynnik szorstkości (dla powierzchni bardzo szorstkich $k = 20$),

R_c - wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie skał stropowych przed przejściem w stan zawału,

σ_z - naprężenie pionowe w górotworze.

Zakładając, że sklepienie nie jest w stanie przenieść naprężeń rozciągających wynika, że moment w dowolnym punkcie sklepienia musi być równy zero, czyli:

$$\sum M_A = T(a_1 - z) - \frac{p_z \cdot x^2}{2} - \frac{p_x}{2} \cdot (a_1 - z)^2 = 0 \quad (6.33)$$

- a_1 - rzędna klucza sklepienia ciśnień,
- z, x - współrzędne dowolnego punktu A,
- p_z - pierwotne ciśnienie pionowe górotworu,
- p_x - pierwotne ciśnienie poziome górotworu,
- T - rozpór w kluczu stropowego sklepienia ciśnień.

W przypadku wytworzenia się w strefie zawału sklepienia, obciążenie obudowy pochodzić będzie od ciężaru skał zawartych w obrębie strefy odprężonej w kształcie półelipsy. Wielkości półosi elipsy opisującą strefę odprężoną oblicza się z zależności:

$$\begin{aligned} a &= \frac{S_r}{K \cdot f} \cdot \sqrt{1 + f^2 \cdot K} \\ b &= \frac{S_r}{\sqrt{K} \cdot f} \cdot \sqrt{1 + f^2 \cdot K} \end{aligned} \quad (6.34)$$

W przypadku niespełnienia warunku (6.34) wymiary strefy odprężonej określa się z warunku równowagi ociosów. Aby ociosy były w stanie równowagi, pionowa reakcja sklepienia ciśnień powinna być taka, aby wywołane przez nią tarcie zrównoważyło poziome siły ścinające na tej wysokości:

$$V_2' \cdot f = \frac{w}{2} \cdot p_x = \frac{w}{2} \cdot K \cdot p_z \quad (6.35)$$

Rozmiary strefy odprężonej określa się z zależności:

$$\begin{aligned} a &= \frac{w}{2 \cdot f} \cdot \sqrt{f^2 + K} \\ b &= \frac{w \cdot \sqrt{K}}{2 \cdot f} \cdot \sqrt{f^2 + K} \end{aligned} \quad (6.36)$$

Obciążenie obudowy na 1 mb wyrobiska oblicza się z zależności:

$$Q_0 = \frac{2}{3} \cdot S \cdot (a - r) \cdot \gamma \quad (6.37)$$

Dla potrzeb projektowania obudowy często potrzebna jest wartość obliczeniowa jednostkowego obciążenia obudowy. Wielkość tą można obliczyć z wzoru:

$$q_0 = 1,2 \cdot \frac{Q_0}{S} \quad (6.38)$$

6.2. Określenie obciążenia obudowy

Dla projektowanego wyrobiska korytarzowego wielkość naprężeń w górotworze otaczającym wyrobisko określa się przy założeniu zmienności gabarytów jego przekroju poprzecznego oraz zmiany właściwości wytrzymałościowych i odkształceniowych górotworu

oraz naprężeń wynikających z głębokości zalegania wyrobiska z uwzględnieniem czynników naturalnych i górniczych.

Wielkość oddziaływania górotworu na obudowę analizowanego wyrobiska przeprowadzono przyjmując następujące założenia:

- ze względu na lokalizację przyjęto, że wyrobisko zlokalizowane jest na głębokości ok. 24 m,
- analizowane wyrobisko wykonane będzie w obudowie o zmiennych gabarytach zgodnie z pkt. 5 opracowania,
- w obliczeniach uwzględnia się zmienność stanu naprężenia wynikającą ze zmienności gabarytów powierzchni odsłoniętego stropu oraz warunków uwzględniających strefy koncentracji naprężeń,
- wartości obciążenia obudowy oraz wartości przemieszczeń wymuszonych konturu wyrobiska określono dla przypadku bez uwzględnienia oddziaływania warunków górniczych, np. eksploatacji górniczej i wstrząsów górotworu.

Przyjmując wymienione powyżej założenia rozróżniające modele naprężeniowo – deformacyjne górotworu w otoczeniu poszczególnych odcinków analizowanego wyrobiska przeprowadzono obliczenia obciążenia obudowy w punktach zlokalizowanych na jego wybiegu wg zasad podanych w [Chudek *et al.* 2000].

Przedstawione poniżej wartości obciążenia przyjęto do obliczeń statycznych obudowy przedmiotowego wyrobiska.

Z uwagi na wykonanie sztolni w górotworze o różnych właściwościach stratygraficznych i geomechanicznych do obliczenia obciążeń na obudowę sztolni przyjęto dwa różne modele. Wyniki przeprowadzonych obliczeń zestawiono w tablicach 6.1 i 6.2

Tablica 6.1

Obliczenia wykonane wg PN-G-05020:1997 – odcinki wyrobiska
wykonane w dolomicie (parametry skał wg rozdz. 4)

	Przekrój B	Przekrój D	Przekrój A
S [m]	1,2	1,2	1,7
W [m]	2,5	2,8	2,5
γ_o [MN/m³]	0,023	0,023	0,023
R_{cs} [MPa]	25,7	25,7	25,7
R_{co} [MPa]	25,7	25,7	25,7
γ_m [MN/m³]	0,9	0,9	0,9
ϕ_{gch} [°]	55	55	55
q_{Nz} [kPa]	20,5	21,6	25,3

Tablica 6.2.

Obliczenia dla skał czwartorzędowych wykonano wg modelu dla wyrobiska w gruntach nieskalistych. Obliczenia obciążenia ociosowego wykonano wg PN-G-05020:1997.

	g_o [MN/m ³]	n	f	f [°]
Żwir gliniasty	0,022	0,29	0,29	18,3
Gлина pylasta	0,02	0,29	0,26	15,8
Piasek średni	0,018	0,25	0,49	31,1
Średnio	0,020	0,277	0,347	21,7

		Przekrój B	Przekrój E
Rc	MPa	-	
n	-	0,277	0,277
ϕ	°	21,7	21,7
γ	MN/m ³	0,02	0,02
γ_s	MN/m ³	0,02	0,02
k_z	-	1	1
H	m	25	5
w	m	2,5	2,65
S_w	m	1,2	1,7
r	m	0,67	0,91
k	-	20	20
k_1	-	1,0	1,0
f	-	0,35	0,35
q_o	kPa	47,6	64,6
q_{Nx1}	kPa	27,4	37,2
q_{Nx2}	kPa	60,5	72,3

7. OKREŚLENIE NOŚNOŚCI KONSTRUKCJI OBUDOWY SZTOLNI Z UWZGLĘDNIENIEM AKTUALNEGO STANU TECHNICZNEGO.

7.1. Analiza parametrów obudowy kamiennej wyrobiska

Wyrobisko na całej długości wykonano w obudowie murowej sklepionej z kamienia naturalnego. Sklepienie o strzałce $f = 0,5$ m oparto na prostych murach ociosowych o wysokości od ok. 1,9 m do ok. 2,3 m. Grubość obudowy mierzona w ociosach, w miejscach ubytków obmurza wynosi ok. 0,3 m. Generalnie szerokość wyrobiska w świetle obudowy mierzona na wysokości lustra wody wynosi ok. 1,2 m, a na wysokości wezglówi murów ociosowych ok. 1,3 m. Wysokość wyrobiska rośnie od ok. 2,4 m w rejonie wlotu do ok. 2,8 m na wybiegu ok. 1000 m. Na krótkich odcinkach wyrobisko nieznacznie zmienia swoje gabaryty ulegając poszerzeniu do ok. 1,75 m w świetle obudowy lub obniżeniu do ok. 1,9 m i zawężeniu do ok. 1,0 m.

Kształtując modele konstrukcji obudowy dla poszczególnych odcinków wyrobiska przyjęto, że (rys.7.1):

- parametry wytrzymałościowe materiałów, z których wykonano konstrukcję obudowy odpowiadają wynikom obliczeń poddanych w pkt. 5.2.2,
- z uwagi na wiek wyrobiska przyjęto, że do łączenia elementów obudowy murowej zastosowano zaprawę cementowo-wapienną klasy M1,
- obliczenia przeprowadzono przyjmując założenie, że średnia grubość muru obudowy Sztolni wynosi 0,3 m.
- parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe muru w konstrukcji obudowy odpowiadają wynikom obliczeń poddanych w pkt. 5.2.3,
- obliczenia wykonano przy przyjęciu najmniej korzystnych warunków obciążenia obudowy.

Do określenia parametrów górotworu w otoczeniu analizowanego wyrobiska posłużono się danymi zawartymi w rozdz. 4 niniejszego opracowania.

Odpór sprężysty górotworu dla elementów powierzchniowych przyjęto w oparciu o warunek podatności podłoża zaproponowany przez Winklera w postaci:

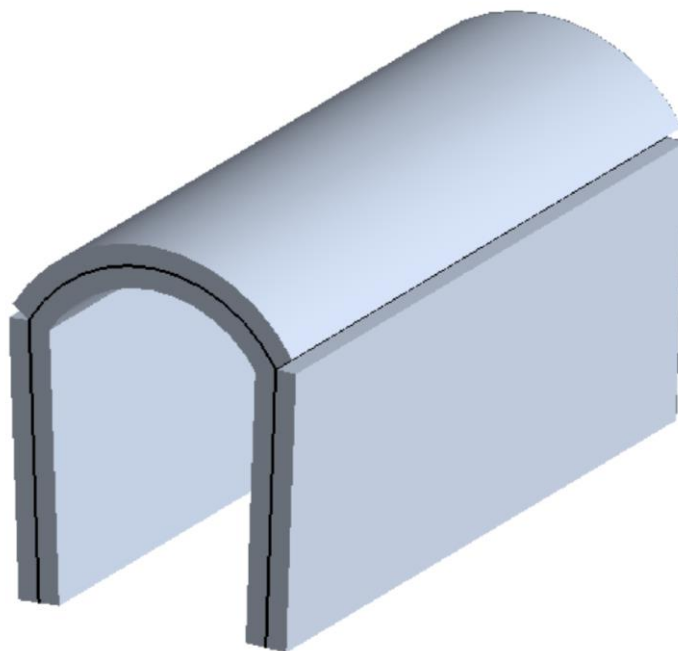
$$C = \frac{E}{(1+\nu) \cdot r_w} \quad (7.1)$$

gdzie:

E – współczynnik sprężystości wzdłużnej górotworu,

ν - liczba Poissona górotworu,

r_w – promień wyrobiska w wyłomie.

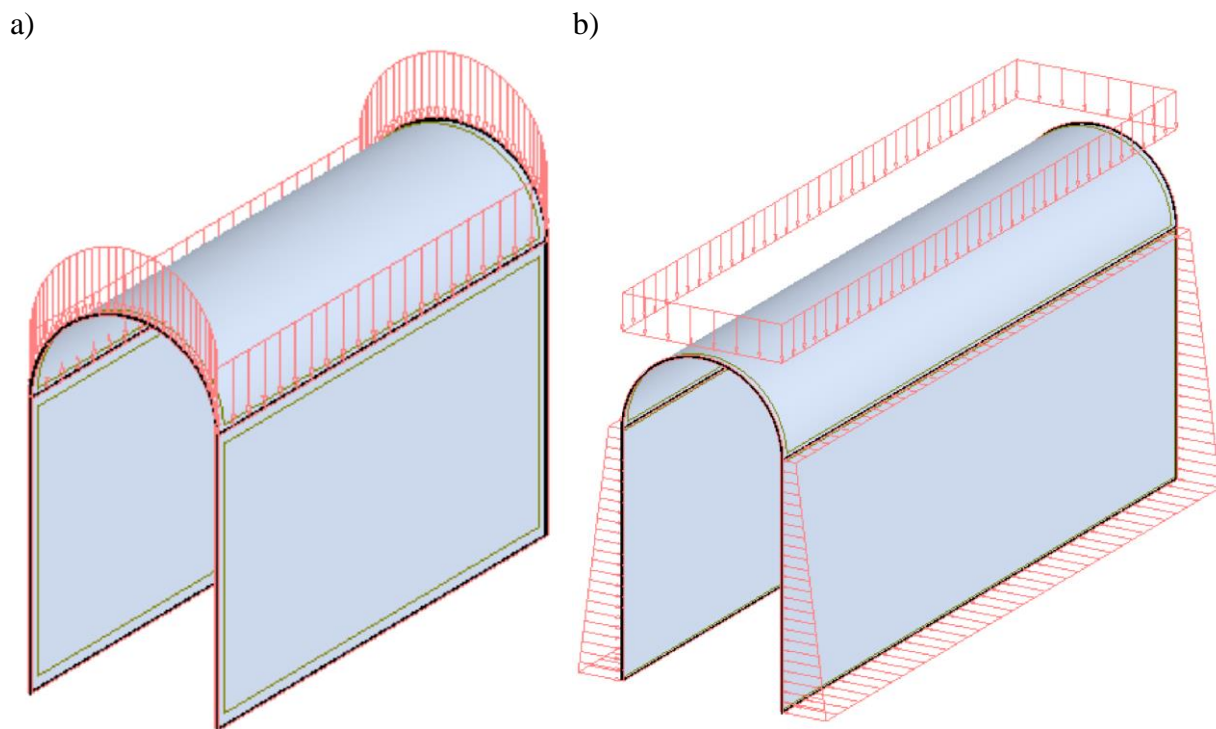


Rys. 7.1. Numeryczne odwzorowanie fragmentu istniejącej obudowy kamiennej wyrobiska

Sposób i wielkość obciążenia obudowy analizowanych odcinków wyrobisk przyjęto zgodnie z punktem 6.1 niniejszego opracowania. Uproszczony model wyrobiska z zaznaczonym schematem obciążenia przedstawiono na rys.7.2.

Dla tak opracowanych modeli numerycznych obliczono wartości sił wewnętrznych oraz naprężeń zredukowanych w elementach obudowy przy użyciu programu Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016.

Program Autodesk Robot Structural Analysis jest zintegrowanym programem graficznym, opartym na metodzie elementów skończonych, służącym do modelowania, analizowania i wymiarowania różnych rodzajów konstrukcji. Pozwala na tworzenie i prowadzenie obliczeń konstrukcji, weryfikację otrzymanych wyników, wymiarowanie elementów oraz tworzenie dokumentacji wykonawczej. System Autodesk Robot Structural Analysis składa się z kilku części (modułów), które są odpowiedzialne za poszczególne etapy projektowania konstrukcji (tworzenie modelu, obliczenia, wymiarowanie). Wszystkie moduły pracują w tym samym środowisku.



Rys.7.2. Schemat obciążenia analizowanej obudowy kamiennej wyrobiska na odcinkach wykonanych: a) w skałach zwięzłych, b) w osadach czwartorzędowych

7.2. Określenie stopnia wyczerpania nośności przekroju w poszczególnych elementach obudowy

W oparciu o wyniki modelowania numerycznego określono stopień bezpieczeństwa obudowy poszczególnych odcinków analizowanego wyrobiska. W tym celu wykorzystano wskaźnik wyczerpania nośności przekroju elementu konstrukcyjnego obudowy wyrażony współczynnikiem:

$$k = \frac{\sigma_{red \max}}{\sigma_{\max}} \quad (7.2)$$

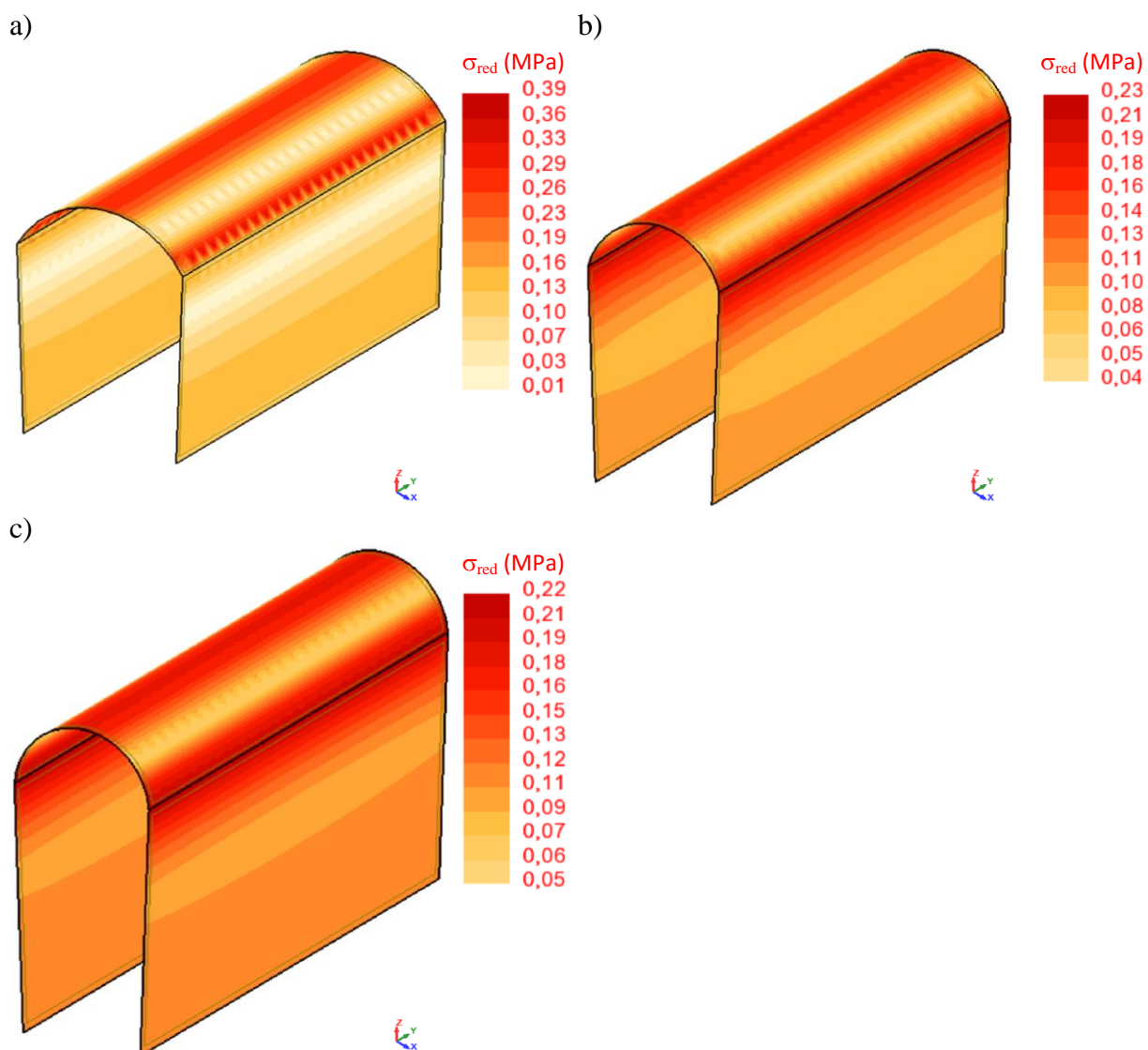
gdzie:

$\sigma_{red \max}$ – wartości obliczonych maksymalnych naprężeń zredukowanych wynikających z obciążenia konstrukcji (rys. 7.3 i 7.4),

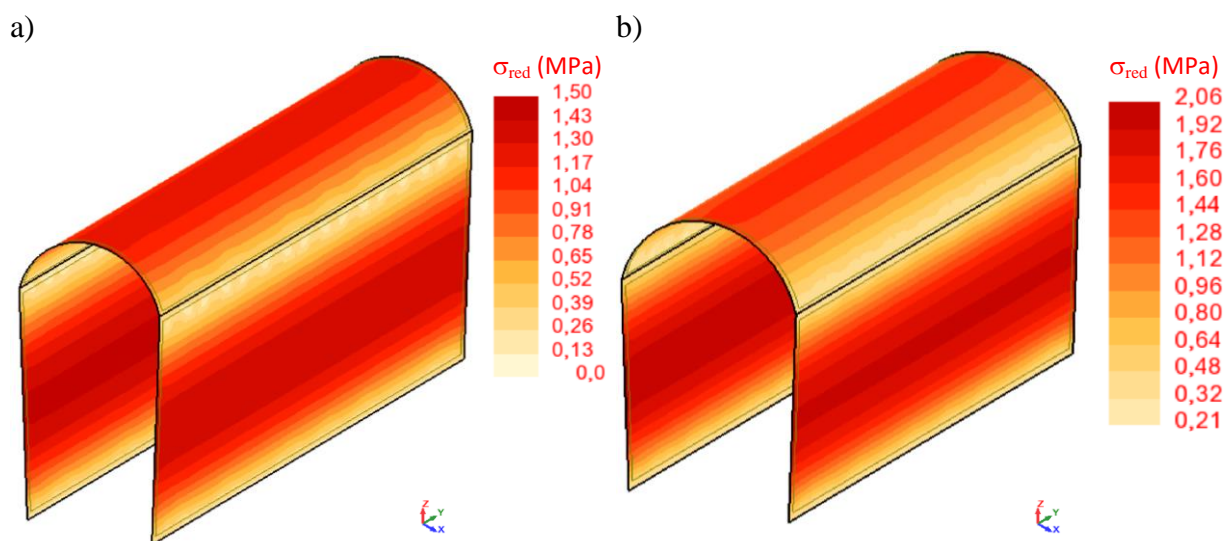
σ_{\max} – naprężenie graniczne dla przekroju elementu konstrukcyjnego.

Konstrukcję uznaje się za bezpieczną, jeśli współczynnik k osiąga wartość mniejszą od 1.

Przyjęte do obliczeń sposób obciążenia obudowy wyrobiska oraz uproszczony schemat statyczny wskazują, że w elementach konstrukcji będą występowały głównie naprężenia ściskające.



Rys. 7.3. Kształtowanie się wielkości naprężeń zredukowanych w elementach obudowy na odcinkach wyrobiska wykonanych w skałach zwięzłych: a) wg przekroju A, b) wg przekroju B, c) wg przekroju D



Rys. 7.4. Kształtowanie się wielkości naprężeń zredukowanych w elementach obudowy na odcinkach wyrobiska wykonanych w osadach czwartorzędowych: a) wg przekroju B, b) wg przekroju E

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń numerycznych i analizy stanu technicznego konstrukcji elementów istniejącej obudowy wyrobiska można stwierdzić, że stopień wyczerpania najbardziej wytężonego przekroju wynosi:

- dla odcinków wyrobiska wykonanych w skałach zwięzłych:
 - wg przekroju A $k = 0,12$
 - wg przekroju B $k = 0,07$
 - wg przekroju D $k = 0,07$
- dla odcinków wyrobiska wykonanych w osadach czwartorzędowych:
 - wg przekroju B $k = 0,47$
 - wg przekroju E $k = 0,64$

Podsumowując przeprowadzone obliczenia można stwierdzić, że dla danych założeń obudowa spełnia kryterium bezpieczeństwa z uwagi na nośność konstrukcji. Wartości współczynników wyliczonych dla odcinków wyrobiska wykonanych w skałach zwięzłych pozostawiają dużo wyższy zapas bezpieczeństwa niż te wyliczone dla odcinków drążonych w osadach czwartorzędowych. Wykonane obliczenia nie uwzględniają stwierdzonej podczas inwentaryzacji korozji obudowy kamiennej i ubytków zaprawy.

8. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA PRZEBIEG DEGRADACJI NATURALNEJ KOŃCOWEGO ODCINKA SZTOLNI „FRYDERYK” („KOŚCIUSZKO”).

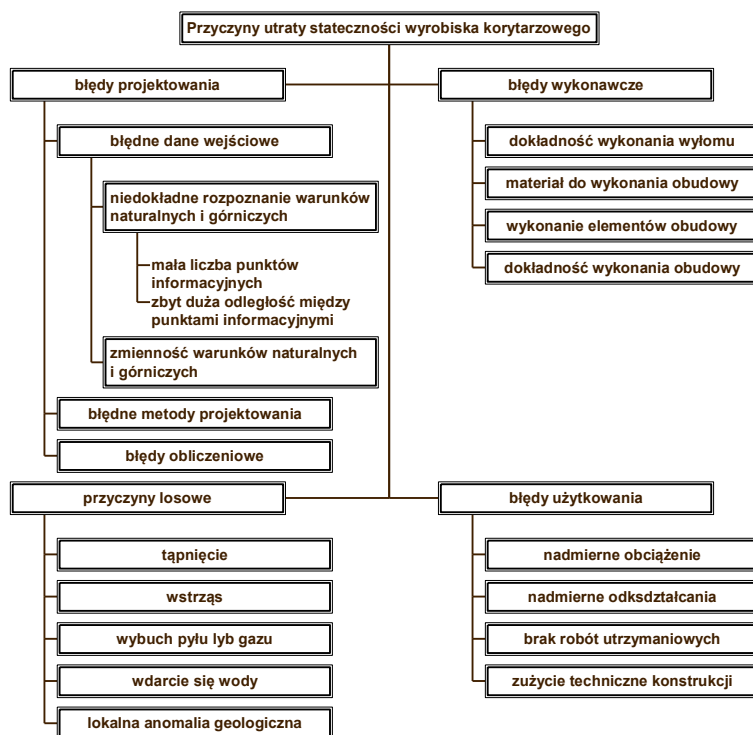
Stateczność konstrukcji obudowy jest to zdolność do zachowania niezmiennego położenia i kształtu pod działaniem obciążenia. Obudowa jest stateczna, jeśli nie ulega dowolnym przesunięciom w całości lub w częściach pod wpływem wywieranego nań nacisku górotworu, który by groził jej całkowitym zniszczeniem. Stateczność konstrukcji obudowy oceniana jest na podstawie metody stanów granicznych nośności [Duży 2007].

Obliczenia wg metody stanu granicznego nośności mają na celu zapewnienie odpowiedniego stopnia niezawodności konstrukcji. Aby to osiągnąć, obliczenia należy wykonać zgodnie z obraną metodą projektowania [Duży 2007]. W odniesieniu do obudowy wyrobisk górniczych obliczenia najczęściej polegają na sprawdzeniu, czy analizowana konstrukcja zbudowana jest z elementów o wystarczającej wytrzymałości oraz jest zdolna przenieść prognozowane przemieszczenia wymuszone konturu wyrobiska i obudowy.

Aby skutecznie przeciwdziałać zagrożeniu utraty stateczności wyrobiska, istotna jest znajomość przyczyn występowania tego zjawiska.

Na rys. 8.1 przedstawiono, opracowany przy wykorzystaniu m.in. prac, podział przyczyn występowania utraty stateczności wyrobiska. Ogólnie, przyczyny te podzielono na trzy grupy, a mianowicie wynikające z błędów projektowania, wykonania wyrobiska i jego obudowy oraz z trudnych do przewidzenia zdarzeń losowych.

Błędy popełnione w procesie projektowania wynikają z trzech podstawowych przyczyn, a mianowicie mogą być spowodowane przez przyjęcie błędnych danych wejściowych, wykorzystanie w procesie projektowania niewłaściwie dobranych metod projektowania lub prostymi błędami projektanta. W odniesieniu do budownictwa podziemnego jednym z podstawowych zadań jest przyjęcie danych do obliczeń. Niedokładność danych wynikać może z niedokładności rozpoznania warunków naturalnych, wynikających ze zbyt małej liczby lub zbyt dużej odległości pomiędzy punktami informacyjnymi, ale równie często może być spowodowana zmiennością warunków wzdłuż wyrobiska. Obiekty podziemne wykonywane są w masywie skalnym, który nie jest ośrodkiem jednorodnym i zmienność jego budowy oraz właściwości jest rzeczą naturalną.



Rys. 8.1. Przyczyny utraty stateczności wyrobisk korytarzowych

Błędy wykonawcze konstrukcji wyrobiska są zwykle sumą zmienności warunków, w jakich wykonywane są wyrobiska oraz niedokładności wykonania elementów obudowy. Zmienność warunków drążenia wyrobiska powoduje, że gabaryty wyłomu wyrobiska wzdłuż jego wybiegu są zróżnicowane, co rzutuje na jakość wykonania i warunki współpracy obudowy z górotworem.

Jakość zabezpieczenia wyrobiska nie zależy jednak tylko od jakości robót prowadzonych w przodku drążonego wyrobiska. Istotna jest również jakość elementów obudowy stosowanych do zabezpieczenia wyrobiska, na którą składają się właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe materiału, dokładność wykonania kształtownika oraz dokładność wykonania elementów obudowy.

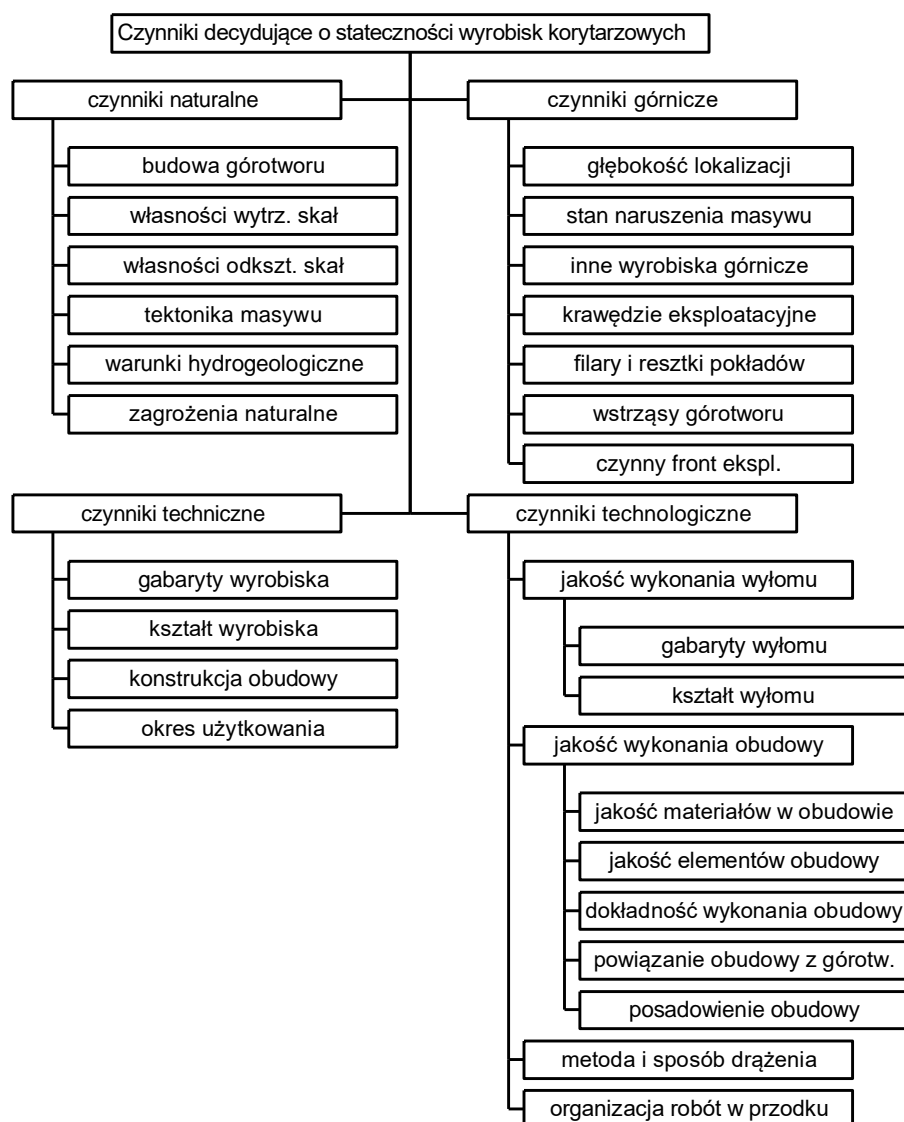
Przyczyną utraty stateczności przez wyrobisko mogą być również błędy popełnione w trakcie użytkowania wyrobiska. Do najczęściej obserwowanych błędów tej grupy zalicza się nadmierne obciążenie konstrukcji lub jej deformację, ale również zużycie techniczne, które może być spowodowane czasem istnienia wyrobiska, korozyjnym oddziaływaniem środowiska, ale również brakiem robót utrzymaniowych.

Analizując przypadki utraty stateczności wyrobisk korytarzowych w kopalniach podziemnych, jedną z najczęściej wymienianych przyczyn są sytuacje losowe, wynikające z wystąpienia trudnego do przewidzenia zjawiska naturalnego, takiego jak: tąpnięcie, wstrząs górotworu, lokalne zniszczenie struktury skalnej obniżające w znaczącym stopniu

spodziewane wartości własności wytrzymałościowych i odkształceniowych masywu, zawodnienie skał itp.

Na charakter zjawisk zachodzących w górotworze pod wpływem wykonania wyrobisk korytarzowych wpływ mają czynniki naturalne, górnicze, techniczne oraz technologiczne (rys. 8.2).

Podstawowymi danymi do projektowania obudowy podporowej (powłokowej, sklepieniowej, odrzwiowej) wyrobisk podziemnych są właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe górotworu. Do podstawowych właściwości wytrzymałościowych i odkształceniowych górotworu zbudowanego z gruntów nieskalistych zalicza się: kąt tarcia wewnętrznego skał φ , spójność skał c , moduł odkształcenia pierwotnego skał E_0 , moduł odkształcenia wtórnego skał E , współczynnik Poissona skał ν , gęstość objętościowa ρ .



Rys. 8.2. Czynniki wpływające na warunki utrzymania stateczności wyrobisk korytarzowych

8.1. Ocena zmienności warunków utrzymania stateczności Sztolni z uwagi na właściwości gruntu i ich zmienność.

Problem rozpoznania geologicznego i dokładnego opisu górotworu w rejonie lokalizacji projektowanych i utrzymywanych wyrobisk górniczych jest złożony, dlatego w odniesieniu do różnych wyrobisk górniczych wykorzystywane są różne dane oraz stosowane są różne uregulowania prawne. Niepewność informacji towarzysząca każdemu etapowi działalności górniczej wynika nie tylko z niepełnego rozpoznania geologicznego, ale również ze zmienności budowy geologicznej górotworu wzdłuż wybiegu wyrobiska oraz zmienności właściwości skał i stopnia zagrożeń naturalnych.

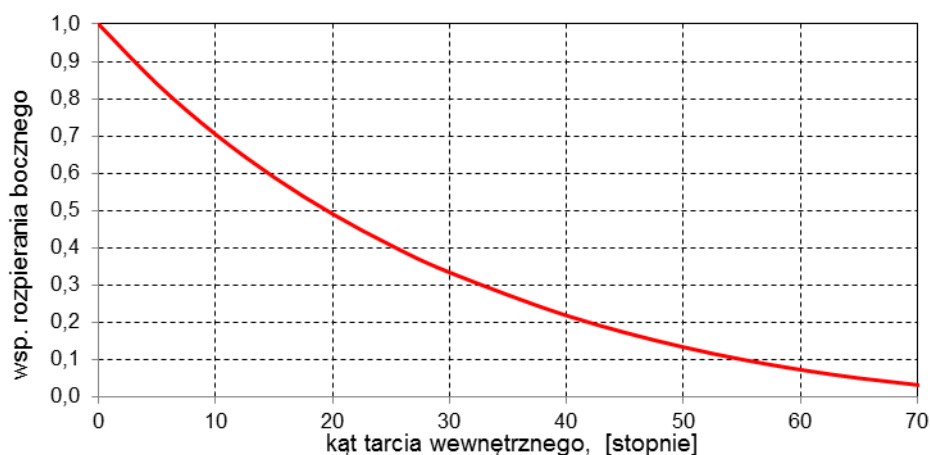
W odniesieniu do analizowanego odcinka Sztolni „Fryderyk” (Kościszko) zmienność warunków utrzymania stateczności wyrobiska związana jest ze zmianą właściwości ośrodka wzdłuż jej wybiegu. W początkowym odcinku o długości około 100 m sztolnia wykonana jest w sypkich skałach nadkładowych, po czym występuje odcinek, na którym sztolnia wykonana jest w dolomicie. W środkowej części sztolni znowu w jej bezpośrednim otoczeniu występują sypkie skały nadkładu, by w końcowej części jej wybiegu znowu występowały dolomity.

Z takim układem wykształcenia litologicznego związane są również stosunki wodne, które w połączeniu z ukształtowaniem powierzchni stanowią układ sprzyjający zmianom warunków utrzymania wyrobiska.

Przebieg sztolni odcinkowo jest równoległy do nachylenia terenu, które determinuje ruch wód gruntowych sprzyjających procesom np. sufozji mechanicznej wpływającej na rozrzedzenie gruntu w wyniku wynoszenia drobnych frakcji gruntu. Takie zmiany zachodzące co prawda powoli, w długim okresie czasu mogą spowodować zmniejszenie kąta tarcia wewnętrznego gruntu i w efekcie wzrost obciążenia obudowy.

Na analizowanym odcinku w części swego wybiegu Sztolnia wykonana jest na małej głębokości w gruntach nieskalistych. W momencie wykonania wyrobiska naturalnym środowiskiem skalnym były utwory czwartorzędowe wykształcone głównie w postaci piasków, iłow i gliny. Utwory te odpowiednio skonsolidowane stanowiły ośrodek kreujący odpowiednie warunki współdziałania obudowy Sztolni z górotworem. Budowa geologiczna górotworu w początkowym okresie istnienia Sztolni po obu stronach była taka sama, jednak w wyniku procesu spływu wody i wynoszenia drobnych frakcji gruntu mogła spowodować jego rozrzedzenie powodując nie tylko wzrost obciążenia obudowy, ale i nierównomierny jego rozkład. Temu ostatniemu sprzyja nachylenie terenu i warstw nadkładowych, przez które migruje woda.

Zmienność właściwości gruntu w rejonie lokalizacji analizowanego odcinka Sztolni zależy również od zawodnienia. Grunt zawodniony wykazuje z reguły mniejsze wartości kąta tarcia wewnętrznego niż grunt w stanie suchym, a jego wartość bezpośrednio wpływa na wartość współczynnika rozpierania bocznego (rys. 8.3). Grunt zawodniony może wywierać znacząco większe ciśnienie na obudowę niż grunt w stanie suchym.



Rys. 8.3. Zależność współczynnika rozpierania bocznego od wartości kąta tarcia wewnętrznego

Na zmienność zawodnienia warstw gruntu, a przede wszystkim przepływ wody w gruncie wpływ mogło mieć również wykonanie w bezpośrednim sąsiedztwie sztolni studni, z której czerpano wodę powodując bardziej intensywny jej przepływ, co również mogło spowodować zmianę stosunków wodnych w gruncie i w konsekwencji zmianę warunków współpracy obudowy Sztolni z górotworem oraz przemieszczenia górotworu.

Zmienność właściwości gruntu w czasie i wzdłuż wybiegu wyrobiska powoduje, że obciążenie obudowy również będzie zmienne.

8.2. Ocena wpływu oddziaływań zewnętrznych i ich zmienności na stateczność obudowy Sztolni.

Na stateczność wyrobiska górniczego istotny wpływ wywierają oddziaływania zewnętrzne. Jako podstawowe oddziaływanie na obudowę wyrobiska zlokalizowanego na małej wysokości uznaje się obciążenie statyczne obudowy ze strony skał nadległych (ciężar skał w obrębie strefy obciążającej obudowę wyrobiska) oraz ciśnienie hydrostatyczne wody znajdującej się w górotworze.

Warunki utrzymania wyrobiska mogą ulec zmianie wskutek dodatkowych oddziaływań zewnętrznych. W przypadku Sztolni „Fryderyk” (Kościszko) na analizowanym odcinku w rejonie Bramy Gwarków do głównych czynników zewnętrznych można zaliczyć:

- roboty budowlane w rejonie sztolni,
- zmiany roślinności na powierzchni terenu,
- zmienny przepływ wody w sztolni i jej otoczeniu,
- wpływ warunków atmosferycznych.

Przyjmując płytkie zaleganie wyrobiska należy się jednak liczyć z możliwością dodatkowego oddziaływania nie związanego bezpośrednio z górotworem. Do takich oddziaływań zaliczyć można:

- wzrost naprężeń geostatycznych powodowanych stosunkami wodnymi w warstwie gruntu,
- wzrost naprężeń geostatycznych od obciążenia innymi elementami obciążającymi powierzchnię bezpośrednio w otoczeniu wyrobiska,
- występowanie oddziaływań dynamicznych od drgań gruntu powodowanych wstrząsami sejsmicznymi, górniczymi lub komunikacyjnymi.

Wzdłuż analizowanego odcinka Sztolni nie występuje zabudowa, teren porośnięty jest trawą, krzewami i drzewami. W długim okresie czasu powierzchnia nad sztolnią użytkowana była jako łąka porośnięta trawą. W ostatnich latach łąki zamieniają się w las, co powoduje, że rośliny rosnące na przedmiotowym terenie posiadają większe struktury korzeni, które mogą wnikać w obudowę (szczególnie w spoiny muru wykonane z materiału łatwego do wyruszenia) powodując jej degradację. Dopuszczenie do nadmiernego wzrostu gęstej nasady drzew może również spowodować dodatkowe obciążenie obudowy.

Analizowany odcinek Sztolni zlokalizowany jest w sąsiedztwie drogi, w ciągu której odbywa się ruch samochodowy. Ruch samochodowy może powodować drgania przenoszone na konstrukcje zlokalizowane w ich zasięgu. W świetle przeprowadzonych analiz można jednak stwierdzić, że drgania generowane transportem kołowym tłumione są przez warstwę gruntu znajdującą się pomiędzy jezdnią a sztolnią i ich wpływ jest mały i można go pominąć.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na warunki utrzymania stateczności Sztolni mogą być roboty budowlane – budowa studni praktycznie przylegającej do sztolni. Roboty te spowodowały wyraźną ingerencję w środowisko sztolni poprzez wykonanie w górotworze nowego wyrobiska pionowego oddziałującego na sztolnię – jednostronne odsłonięcie obudowy naruszające wytworzoną wcześniej w gruncie równowagę. Roboty te spowodowały

zmianę warunków współpracy obudowy z górotworem również poprzez wpływ studni na warunki wodne w przypowierzchniowej warstwie gruntu.

Na stateczność obudowy Sztolni mogą mieć również wpływ warunki atmosferyczne, a w szczególności opady atmosferyczne i ich wpływ na zmianę właściwości gruntu oraz warunki obciążeniowe obudowy. Zwiększenie zawodnienia gruntu w wyniku opadów atmosferycznych i spływ wody w wyniku prowadzonego przez sztolnię drenażu terenu może również sprzyjać procesowi sufozji, który powodować może rozluźnienie gruntu. Ze względu na małą głębokość lokalizacji oraz bezpośrednie połączenie sztolni z powierzchnią terenu nie można również pominąć procesu cyklicznego zamarzania i rozmrażania gruntu i obudowy.

8.3. Ocena wpływu robót górniczych wykonanych w wyrobisku lub jego otoczeniu na stateczność sztolni w analizowanym odcinku.

Sztolnia na analizowanym odcinku znajduje się poza wpływami eksploatacji górniczej oraz oddziaływaniem wstrząsów górotworu.

Jedynymi robotami, które mogą być zaliczone jako roboty górnicze w prowadzone w bezpośrednim sąsiedztwie analizowanego odcinka sztolni było wykonanie studni zlokalizowanej w bezpośrednim sąsiedztwie sztolni i miejscu powstałego zapadliska. Wpływ wykonania studni na warunki utrzymania stateczności sztolni został przedstawiony w rozdz. 8.2 opracowania.

8.4. Ocena stopnia zużycia obudowy Sztolni w analizowanym odcinku.

Zużycie techniczne to zużycie wynikające z wieku konstrukcji podziemnej, trwałości zastosowanych materiałów, jakości wykonawstwa budowlanego, sposobu użytkowania i warunków eksploatacyjnych, wad projektowych, wykonywanych przebudów i wzmocnień, itp. Bardziej precyzyjny obraz zużycia technicznego obiektu można uzyskać stosując metodę stanów granicznych. Zużycie techniczne konstrukcji można w tym przypadku ocenić na podstawie analizy utraty nośności poszczególnych elementów konstrukcyjnych w trakcie jej eksploatacji w odniesieniu do ich nośności początkowej.

Obudowa murowa analizowanego odcinka wyrobiska narażona była na niekorzystne oddziaływanie środowiska. Wyszczególnić można główne czynniki wpływające na niszczenie materiału obudowy jako konstrukcji (tabela 8.1).

Tablica 8.1. Czynniki niszczące materiał i konstrukcję obudowy murowej wyrobisk górniczych

Korozja	Obciążenie obudowy	Technologiczne	Użytkowe
<ul style="list-style-type: none"> – ługująca – kwasowa – węglanowa – magnezowa – siarczanowa – amonowa – karbonatyzacja – zamarzanie 	<ul style="list-style-type: none"> – złuszczenia – pęknięcia 	<ul style="list-style-type: none"> – rysy skurczowe – brak ciągłości obudowy w połączeniach technologicznych elementów, 	<ul style="list-style-type: none"> – zmienne obciążenia, – obciążenia dynamiczne, – profilowanie dla zachowania gabarytów,

Obudowa sztolni jest konstrukcją starą, poddaną wieloletniemu agresywnemu oddziaływaniu środowiska, co powoduje, że jej stan techniczny jest mocno zróżnicowany. Wizja w wyrobisku wykazała, że:

- obudowa posiada zmienną grubość,
- układ elementu układanego w murze jest nieregularny,
- spoiny posiadają zmienną grubość,
- materiał spoin wykazuje małą, a miejscami śladową wytrzymałość,
- widoczne są wyraźne ubytki zaprawy w spoinach.

Przeprowadzone badania wykazały, że mimo wysokiej wytrzymałości kamienia zastosowanego do wykonania obudowy (rozdz. 5), jej nośność jako konstrukcji murowej jest niewielka.

8.5. Ocena stopnia zagrożenia powierzchni i jej infrastruktury w aspekcie zagrożenia utratą stateczności obudowy Sztolni.

Deformacje nieciągłe o charakterze powierzchniowym to najczęściej zapadliska, powstające w wyniku samopodsadzenia się płytkich pustek zlokalizowanych w górotworze. Doświadczenie praktyczne uczy, że zapadliska generują pustki położone na głębokości wynoszącej 80 m – 100 m. Pustki te często związane są z wyrobiskami korytarzowymi, które zostały niewłaściwie zlikwidowane, lub pozostawione w swym naturalnym stanie [Strzałkowski 2000].

Dla celu oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia zapadliska w wyniku utraty stateczności obudowy na odcinku wlotu sztolni posłużono się metodą Chudka – Olszowskiego [Chudek et al. 1988].

Metoda ta powstała na podstawie obszernego materiału doświadczalnego, pochodzącego z inwentaryzacji około 1800 deformacji nieciągłych, które wystąpiły na terenie Górnego Śląska i Zagłębia Dąbrowskiego, na obszarach górniczych kilku kopalń węgla kamiennego z terenu miast: Bytom, Grodziec, Dąbrowa Górnicza, Czeladź, Chrzanów, Sosnowiec, Mysłowice, Jaworzno, Łaziska, Piekary Śląskie.

Założenia metody są następujące:

1. Górnotwór nad pustką dzieli się na dwie strefy:
 - górnotwór zwieszły,
 - nadkład złożony z utworów luźnych.
2. Górnotwór zwieszły zbudowany jest ze skał jednorodnych o małej wytrzymałości na rozrywanie.
3. Ciężar objętościowy jest stały dla danej skały i nie zależy od wielkości ciśnienia w górnotworze.
4. Współczynnik Poissona skał w przedziale głębokości do 150 m jest stały dla danego rodzaju skały.

W metodzie założono następnie, że po samopodsadzeniu się pustki powstają nad nią dwie strefy: zawału i spękań – rys. 8.5. Zgodnie z teorią sklepienia ciśnień, obydwie strefy są kształtu eliptycznego, jednak strefa spękań sięga znacznie poza obrys wyrobiska. Warunkiem powstania zapadliska na powierzchni terenu jest dotarcie strefy spękań co najmniej do stropu górnotworu zwieszłego. Następnie, wychodząc z warunku zatrzymania rozwoju zawałowego sklepienia (samopodsadzenia pustki w obszarze sklepienia), oblicza się maksymalną wysokość strefy zawału, dla uproszczenia przyjmując płaski model sklepienia ciśnień (przekrój przez pustkę i położony nad nią górnotwór). Warunek samopodsadzania się pustki jest następujący:

$$F_z k = F_z + F_w, \quad (8.1)$$

gdzie:

F_z – powierzchnia strefy zawału,

F_w – powierzchnia wyrobiska,

$$F_z = \frac{F_w}{k-1}, \quad (8.2)$$

k – współczynnik rozluźnienia skał.

Powierzchnia elipsy wyrażona jest wzorem:

$$F = \frac{g \cdot L \cdot (k+1)}{k-1}. \quad (8.3)$$

Powierzchnia wyrobiska wynosi:

$$F_w = L \cdot g. \quad (8.4)$$

Po dokonaniu odpowiednich obliczeń uzyskuje się wzór na maksymalną wysokość strefy zawału (rys. 8.4):

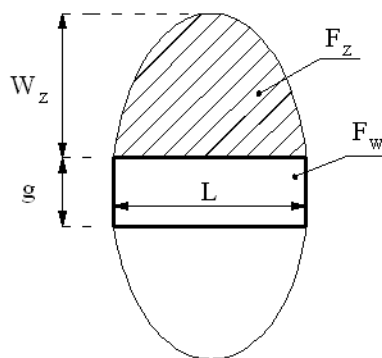
$$w_z = g \frac{4(k+1) - \pi(k-1)}{2\pi(k-1)}, \quad (8.5)$$

gdzie:

W_z – maksymalna wysokość strefy zawału,

g – wysokość pustki pierwotnej (wyrobiska).

Wielkość W_z jest stała dla danej partii górotworu, ponieważ zależy tylko od współczynnika k . Może ona wahać się w granicach od 2,25 g do 25,5 g, odpowiednio dla $k = 1,6$ i $k = 1,02$. Wynika z tego, że strefa zawału może być bardzo wysoka, co potwierdzają wyniki doświadczeń.



F_z - powierzchnia strefy zawału
 F_w - powierzchnia wyrobiska ($F_w = L \cdot g$)
 F - powierzchnia elipsy ($F = 2 F_z + F_w$)

Rys. 8.4. Obrys strefy zawału nad wyrobiskami górniczymi [Chudek et al. 1988]

Na powierzchni może wystąpić zapadlisko, jeżeli zachodzi warunek w postaci:

$$w_z \geq H - h, \quad (8.6)$$

gdzie:

H – głębokość eksploatacji (wyrobiska poeksploatacyjnego),

h – grubość nadkładu.

Maksymalną wysokość strefy spękań W_s (rys. 8.5) wyrażono równaniem wyprowadzonym na podstawie założenia, że proces spękań związany jest z występowaniem w ociosach wyrobiska płaszczyzn poślizgowych, w których skała podlega ścinaniu pod kątem α . Postać równania jest następująca:

$$w_s = \pm M \sqrt{\frac{(L + g \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 (M^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + 1)}{4(1 - M^2 \operatorname{tg}^2 \alpha)}} - \frac{g}{2}, \quad (8.7)$$

gdzie:

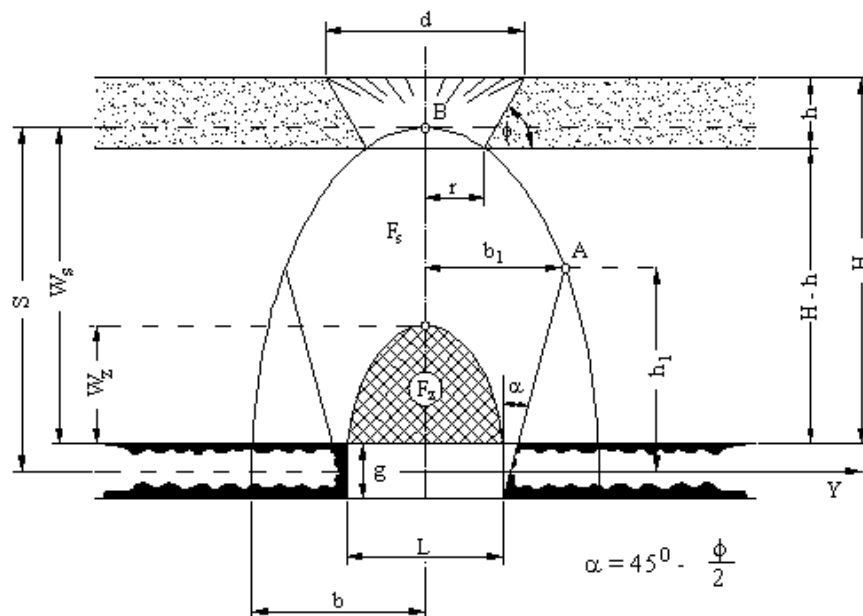
L – szerokość pustki (wyróbiska poeksploatacyjnego),

α – kąt tarcia wewnętrznego,

$$M = a/b, \quad (8.8)$$

a – oś pionowa elipsy ciśnień,

b – oś pozioma elipsy ciśnień.



Rys. 8.5. Obrys strefy zawału i spękań nad pustką w górotworze [Chudek et al. 1988]

Z powyższego wzoru wynika, że wysokość strefy spękań może być bardzo znaczna, może dochodzić do wielkości $W_s = 50$ g. Przeciętnie jednak waha się w granicach 10g - 50g.

Poniższa funkcja wyraża wartość prawdopodobieństwa (P) wystąpienia zapadliska:

$$P(h_3) = \frac{F_s - f(h_3)}{F_s}, \quad (8.8)$$

gdzie:

F_s – pole powierzchni strefy spękań, położonej nad strefą zawału,

$f(h_3)$ – pole obszaru spękań ograniczonego krzywą i prostą h_3 , określającą położenie stropu górotworu związanego względem wierzchołka strefy zawału.

Traktując wielkość h_3 jako zmienną losową, można przedstawić krzywą gęstości prawdopodobieństwa w postaci odpowiedniego wielomianu, z którego korzystanie jest jednak w praktyce trudne, z uwagi na brak stosownych danych. Dlatego posłużono się uproszczonym

sposobem, sprowadzającym się do obliczania wartości wskaźnika Z , a na tej podstawie określono prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska, korzystając z odpowiedniej tabeli. Wzór ten ma następującą postać:

$$Z = \frac{H - h}{g}. \quad (8.9)$$

Tak zdefiniowaną wielkość prawdopodobieństwa można zapisać w postaci:

$$P = f(\xi) = f(Z). \quad (8.10)$$

Dla praktycznych celów można skorzystać z tablicy 8.2 [Chudek et al. 1988], do obliczania prawdopodobieństwa występowania zapadlisk jako funkcji wskaźnika Z .

Tabela 8.2

Prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska jako funkcji wskaźnika Z

Z	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P	1,0	0,96	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69
Z	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P	0,66	0,63	0,60	0,58	0,55	0,52	0,50	0,47	0,44	0,42	
Z	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
P	0,39	0,37	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,19	
Z	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
P	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,03	0,03	0,00	

Na podstawie wartości wskaźnika Z dokonano klasyfikacji terenów, ze względu na zagrożenia zapadliskami, a tereny zapadliskowe podzielono na 4 kategorie:

Teren kategorii A - $Z > 50$

Wierzchołek strefy spękań jest położony poniżej spągu nadkładu. Prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska jest równe $P = 0$.

Teren kategorii B - $30 < Z \leq 50$

Bardzo wysoka strefa spękań osiągana przez spąg nadkładu.

Prawdopodobieństwo wystąpienia zapadlisk jest małe: $0 < P \leq 0,42$.

Teren kategorii C - $10 < Z \leq 30$

Strefa zawalu nie osiąga spągu nadkładu, ale strefa spękań przenika do nadkładu. Prawdopodobieństwo wystąpienia zapadlisk jest duże: $10 < Z \leq 20$ to $1 > P > 0,69$ i średnie, gdy: $20 < Z \leq 30$ to $0,69 > P \geq 0,42$.

Teren kategorii D - $0 < Z \leq 10$

Strefa zawału osiąga lub przekracza spąg nadkładu. W takim terenie prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska wynosi $P = 1$ (pewność).

Na analizowanym odcinku sztolni przebiega ona praktycznie poziomo, na głębokości $0 \div 25$ m licząc do stropu wyrobiska.

Budowę geologiczną górotworu wzdłuż wybiegu analizowanego odcinka sztolni przyjęto zgodnie z opisem zawartym w rozdz. 3 opracowania.

Jak wynika z przytoczonego opisu, wyrobisko wydrążone zostało w warstwach piasku, iłu lub gliny, a także w przystropowej części warstwy dolomitu zalegającego pod warstwą nadkładu. Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej informacje, a w tym również głębokość wyrobiska, należy jednoznacznie stwierdzić, że strefa zawału nad wyrobiskiem obejmować będzie warstwy luźnego nadkładu.

Zatem w świetle przytoczonej wcześniej metody Chudka – Olszowskiego, w przypadku utraty stateczności obudowy wyrobiska dojdzie ponad wszelką wątpliwość do powstania zapadliska na powierzchni ($P = 1$). Strefa zawału zawierać się będzie w obrębie luźnego nadkładu. Teren możemy zaliczyć do kategorii D.

W związku z budową geologiczną górotworu w rozpatrywanym rejonie należy również zwrócić uwagę na możliwość występowania zjawiska sufozji mechanicznej. Polega ono na wymywaniu (wynoszeniu) przez wody opadowe i inne przepływające przez górotwór warstw skał luźnych, głównie piasku i przenoszeniu ich do pustek występujących w górotworze. Zjawisko sufozji stanowi dodatkowe zagrożenie wystąpieniem deformacji nieciągłych, ponadto stanowi ono przyczynę obniżen terenu, których wartość można oszacować zgodnie ze wzorem:

$$w = c \cdot d \quad (8.11)$$

gdzie:

c – współczynnik o wartości od 0,01 do 1,0

d – miąższość warstwy luźnej.

W rozpatrywanym przypadku można przyjąć, że wartość współczynnika wynosi $c = 0,01$. Uwzględniając głębokość stropu wyrobiska można wyliczyć, że obniżenie powierzchni wyniesie około 2.5 cm.

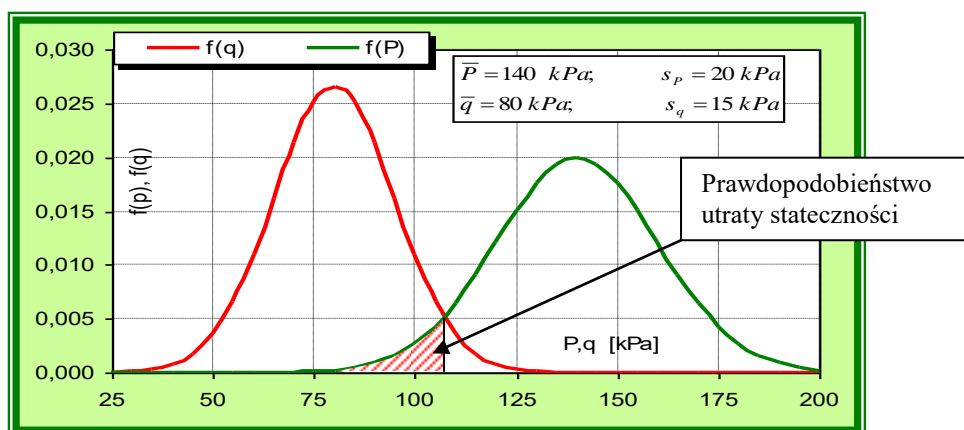
Należy jednak podkreślić, że w przypadku występowania w górotworze elementów, które mogą stanowić początek tworzenia się sklepienia, proces sufozji może doprowadzić do powstania pustki w górotworze, która po osiągnięciu odpowiednich rozmiarów ulec może zawałowi powodując powstanie na powierzchni zapadliska.

9. OCENA STOPNIA BEZPIECZEŃSTWA OBUDOWY ANALIZOWANEGO ODCINKA SZTOLNI.

Obudowy górnicze projektowane są w oparciu o metodę stanu granicznego nośności konstrukcji. Jako miernik bezpieczeństwa konstrukcji przyjmuje się tu najczęściej współczynnik wyczerpania nośności przekroju obudowy wyrażony wzorem (7.2).

Wyrobyiska podziemne użytkowane w długim okresie czasu, szczególnie gdy w pewnym okresie był odcięty do nich dostęp, stan techniczny obudowy charakteryzuje się dużym i często bardzo nierównomiernym stopniem zużycia technicznego. W tej sytuacji nośność obudowy traktowana może być jako zmienna losowa o określonym rozkładzie prawdopodobieństwa lub przedziale zmienności. Podobnie stan górotworu w otoczeniu wyrobiska o długim okresie istnienia ulega postępującej degradacji często znacznie różniącej się na poszczególnych odcinkach. W tym przypadku również parametry opisujące aktualny stan górotworu mogą być traktowane jako zmienne losowe o określonym rozkładzie prawdopodobieństwa lub przedziale zmienności. Zakładając, że parametry decydujące o stateczności zabytkowego wyrobiska podziemnego mają charakter zmiennych losowych, do analizy stateczności wyrobiska celem jest wykorzystanie metody probabilistycznej.

W teorii niezawodności i bezpieczeństwa konstrukcji opartej o probabilistyczną analizę konstrukcji miarą niezawodności może być prawdopodobieństwo utraty stateczności. Na wielkość prawdopodobieństwa wpływ posiada tzw. zapas bezpieczeństwa (różnica nośności konstrukcji i jej obciążenia) oraz wariancja podstawowych danych do ustalania stateczności wyrobiska (rys. 9.1).



Rys. 9.1. Przykład rozkładu obciążenia i nośności obudowy jako zmiennych losowych o normalnym rozkładzie prawdopodobieństwa

Ocena bezpieczeństwa konstrukcji w rozwiązaniu probabilistycznym poziomu II opiera się na założeniu, że warunek awarii można zapisać w postaci:

$$Z_0 = P_0 - q_0 \geq 0 \quad (9.1)$$

gdzie

Z_0 – zapas bezpieczeństwa,

P_0 – nośność obudowy,

q_0 – obciążenie obudowy.

Decydujące znaczenie posiadają tu dwa parametry rozkładów prawdopodobieństwa, a mianowicie wartość oczekiwana i odchylenie standardowe. Bezpieczeństwo konstrukcji, opierające się na idei „najsłabszego ogniwa”.

Jako miarę bezpieczeństwa przyjmuje się współczynnik niezawodności Cornella t :

$$t = \frac{\bar{P}_0 - \bar{q}_0}{\sqrt{s_{P_0}^2 + s_{q_0}^2}} \quad (9.2)$$

Wartość dystrybuanty współczynnika niezawodności $p(t)$ oznacza prawdopodobieństwo bezpieczeństwa konstrukcji obudowy, natomiast wartość $[1-p(t)]$ oznacza prawdopodobieństwo awarii konstrukcji (utruty stateczności przez obudowę).

W metodzie tej stosuje się warunki niezawodności i bezpieczeństwa typu:

$$p \leq p_a \quad (9.3)$$

gdzie

p – prawdopodobieństwo utraty stateczności,

p_a – akceptowany poziom prawdopodobieństwa utraty stateczności.

Na podstawie zależności zachowania się wyrobisk korytarzowych od prawdopodobieństwa utraty stateczności wyrobiska można klasyfikować do jednej z 3 klas warunków utrzymania stateczności, a mianowicie:

Klasa I – $p \leq 0,10$ – warunki bezpieczne,

Klasa II – $0,10 < p \leq 0,35$ – warunki dostateczne (dopuszczalne),

Klasa III – $p > 0,35$ – warunki niebezpieczne (niedopuszczalne).

Wyrobisko korytarzowe, aby mogło bezpiecznie spełniać swoje funkcje technologiczne, powinno zostać sklasyfikowane do I klasy. Warunkowo dopuszcza się kwalifikację do II klasy, jednak w takim przypadku należy się liczyć z koniecznością prowadzenia prac remontowych lub ograniczenia zakresu użytkowania.

Wykorzystując wyniki przeprowadzonych pomiarów rzeczywistych grubości obudowy, wytrzymałości obudowy murowej oraz ich statystycznej analizy przeprowadzono obliczenia aktualnej nośności obudowy.

Analogicznie uwzględniając wyniki badań i analiz warunków geologicznych i górniczych przeprowadzono obliczenia prognozowanej wielkości obciążenia obudowy.

Traktując obciążenie obudowy oraz jej nośność jako zmienną losową o normalnym rozkładzie prawdopodobieństwa Gaussa określono prawdopodobieństwo utraty stateczności przez obudowę sztolni. Obliczenia przeprowadzono z uwzględnieniem zmienności obciążenia i nośności obudowy wzdłuż wybiegu sztolni dzieląc ją na odcinki charakterystyczne pod względem nośności obudowy i wielkości prognozowanego obciążenia. Wyniki przeprowadzonych obliczeń przedstawiono w tablicy 9.1 i na rys. 9.2.

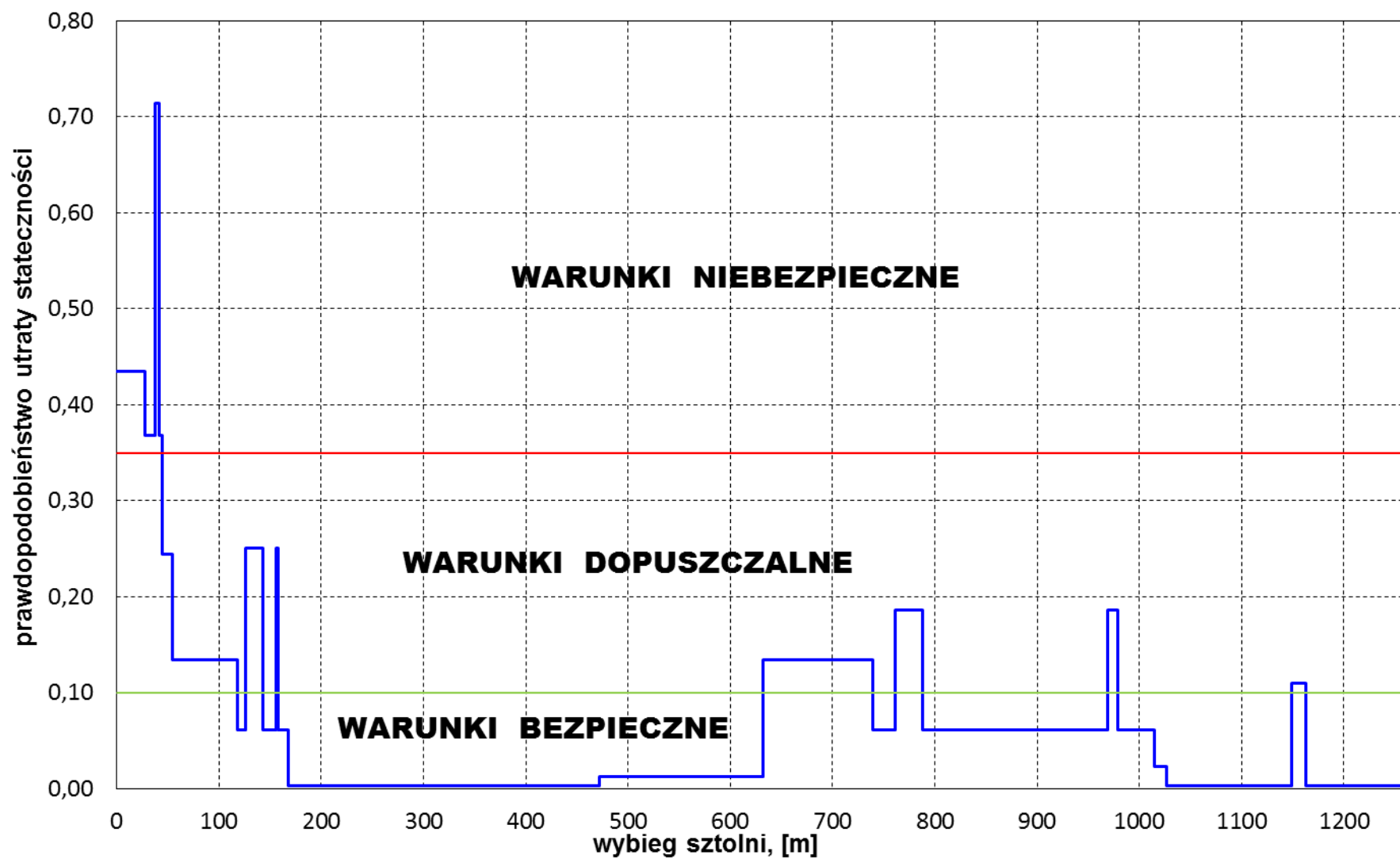
Tablica 9.1. Prawdopodobieństwo utraty stateczności obudowy sztolni na poszczególnych odcinkach wzdłuż jej wybiegu (orientacyjne odległości w tabeli podano licząc od wlotu sztolni – Bramy Gwarków)

Nr odc.	Odległość [m]	Prawdopodobieństwo	Klasa warunków utrzymania	Uwagi
1	0 ÷ 28	0,43	III	ubytki obmurza i zaprawy w spoinach, rozluźnianie elementów obudowy, deformacja obudowy.
2	28 ÷ 35	0,37	III	ubytki obmurza i zaprawy w spoinach, rozluźnianie elementów obudowy, deformacja obudowy.
3	35 ÷ 38	0,37	III	ubytki obmurza i zaprawy w spoinach, rozluźnianie elementów obudowy, deformacja obudowy, zabezpieczenie obudową drewnianą,
4	38 ÷ 42	0,72	III	strefa uszkodzenia obudowy i zawалу sztolni,
5	42 ÷ 45	0,37	III	ubytki obmurza i zaprawy w spoinach, rozluźnianie elementów obudowy, deformacja obudowy, zabezpieczenie obudową drewnianą,
6	45 ÷ 49,5	0,24	II	strefa naprawy obudowy poprzez jej częściową wymianę na obudowę murową z cegły,
7	49,5 ÷ 54,5	0,24	II	strefa naprawy obudowy poprzez jej częściową wymianę na obudowę betonową,
8	54,5 ÷ 108	0,13	II	spękania w stropie, złuszczenia obmurza na głębokość do 5 mm, nacieki solne,
9	108 ÷ 118	0,13	II	zanieczyszczenia biologiczne – korzenie roślin przebijające obudowę,
10	118 ÷ 125	0,06	I	

Nr odc.	Odległość [m]	Prawdopodobieństwo	Klasa warunków utrzymania	Uwagi
11	125 ÷ 126	0,06	I	
12	126 ÷ 143	0,25	II	wymycie zaprawy ze spoin przez dawny wyciek, rozluźowanie elementów obudowy,
13	143 ÷ 156	0,06	I	
14	156 ÷ 158	0,25	II	wymycie zaprawy ze spoin przez dawny wyciek, rozluźowanie elementów obudowy,
15	158 ÷ 168	0,06	I	
16	168 ÷ 471,5	0,00	I	
17	471,5 ÷ 632	0,01	I	
18	632 ÷ 737	0,13	II	ubytki zaprawy w spoinach, rozluźowanie elementów obudowy,
19	737 ÷ 739	0,13	II	odspojenie i ubytki powłoki pokrywającej mur,
20	739 ÷ 761	0,06	I	
21	761 ÷ 788	0,19	II	spękania obudowy w stropie, szczelina o zmiennym rozwarciu od 2 do 10 mm,
22	788 ÷ 969	0,06	I	
23	969 ÷ 979	0,19	II	spękania obudowy w stropie, szczeliny o rozwarciu ok. 2 mm,
24	979 ÷ 1007	0,06	I	
25	1007 ÷ 1015	0,06	I	
26	1015 ÷ 1027	0,02	I	
27	1027 ÷ 1057	0,00	I	
28	1057 ÷ 1093	0,00	I	
29	1093 ÷ 1098	0,00	I	
30	1098 ÷ 1149	0,00	I	
31	1149 ÷ 1163	0,11	II	podmycie murów ociosowych obudowy,
32	1163 ÷ 1268	0,00	I	

Odnosząc przeprowadzone obliczenia do przedstawionej powyżej klasyfikacji można stwierdzić, że wzdłuż wybiegu sztolni wyróżnić można odcinki kwalifikowane do:

- klasy III (warunki niebezpieczne – niedopuszczalne) – 0 – 45 m licząc od Bramy Gwarków,
- klasy II (warunki dostateczne – dopuszczalne) – 45 – 118 m, 126 – 143 m, 156 – 158 m, 632 – 739 m, 761 – 788 m, 969 – 979 m i 1149 – 1163 m licząc od Bramy Gwarków,
- klasy I (warunki bezpieczne) – 118 – 126 m, 143 – 156 m, 158 – 632 m, 739 – 761 m, 788 – 969 m, 979 – 1149 m i 1163 – 1268 m licząc od Bramy Gwarków.



Rys. 9.2. Wykres prawdopodobieństwa utraty stateczności sztolni wzdłuż jej wybiegu (początek układu współrzędnych w punkcie wlotu do sztolni – Brama Gwarków)

10. ZAKRES NIEZBĘDNYCH DZIAŁAŃ DLA ZAHAMOWANIA NATURALNEJ DEGRADACJI KOŃCOWEGO ODCINKA HISTORYCZNEJ SZTOLNI „FRYDERYK” („KOŚCIUSZKO”)

W technice proces projektowania inwestycji posiada strukturę pionową, umożliwiającą rozwiązywanie problemu „od ogółu do szczegółu”. Niniejsze opracowanie nakreśla zakres niezbędny do realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego obejmującego niezbędne działania dla zahamowania naturalnej degradacji końcowego odcinka historycznej sztolni „Fryderyk” („Kościuszko”). Na podstawie wspomnianego opracowania podjęta winna być decyzja o zakresie i kolejności podjęcia dalszych działań. W przypadku podjęcia pozytywnej decyzji o realizacji inwestycji konieczne jest wykonanie szeregu szczegółowych dokumentacji technicznych, ekspertyz i prac badawczych. Dalszy proces działań dla ograniczenia naturalnej degradacji końcowego odcinka sztolni „Fryderyk” (Kościuszko) winien obejmować:

- działania praktyczne niezbędne dla zabezpieczenia sztolni na odcinkach zagrożonych,
- prace badawcze i ekspertyzy techniczne,
- prace projektowe (projekty techniczne i technologiczne),
- działania organizacyjne.

10.1. Działania praktyczne niezbędne dla zabezpieczenia sztolni na odcinkach zagrożonych.

Przeprowadzone badania i analizy wykazały, że sztolnia „Fryderyk” na jej końcowym odcinku z wylotem na terenie gminy Zbrosławice znajduje się w zmiennych warunkach utrzymania stateczności, o czym świadczy przeprowadzona w rozdz. 9 klasyfikacja. Można stwierdzić, że wzdłuż wybiegu wyrobiska znajdują się odcinki zagrożone utratą stateczności, które wymagają natychmiastowego podjęcia kompleksowych działań naprawczych i zabezpieczających, odcinki o mniejszym zagrożeniu wymagające drobnych działań utrzymaniowych polegających przede wszystkim na obserwacji procesu degradacji sztolni i konserwacji jej obudowy na tych odcinkach oraz odcinki bezpieczne.

1. Kompleksowe działania naprawcze

Kompleksowe działania naprawcze konieczne są do przeprowadzenia na odcinkach zakwalifikowanych do III klasy warunków utrzymania stateczności sztolni, tj. na odcinku od wylotu sztolni (od Bramy Gwarków) do odległości około 45 m licząc od wylotu

sztolni na powierzchnię. Na tym odcinku obudowa sztolni uległa degradacji w największym stopniu w postaci znacznych ubytków zaprawy w spoinach muru, ubytków elementów muru w postaci złuszczeń oraz rozluźnienia materiału w konstrukcji obudowy. Na tym też odcinku wystąpił w sztolni zawał obudowy, w wyniku którego powstało zapadlisko w postaci leja. Z technicznego punktu widzenia na tym odcinku konieczne jest wykonanie:

- wymiany obudowy murowej w sztolni,
- likwidacji powstałego zapadliska.

Wymiana obudowy murowej na nową konstrukcję nośną podyktowana jest tym, że aktualnie istniejąca w sztolni obudowa posiada niewielką nośność i w przypadku wystąpienia jakiegokolwiek dodatkowego oddziaływania spowodowanego wpływami klimatycznymi, hydrogeologicznymi czy technicznymi może spowodować kolejny zawał i zapadlisko na powierzchni. Na odcinku powstałego zawału obudowa musi być odtworzona, gdyż dalsze utrzymywanie aktualnego stanu sprzyja degradacji sąsiednich odcinków obudowy. Obudowa sztolni na analizowanym odcinku powinna posiadać nośność nie mniejszą od projektowanej, wynikającej z prognozowanych oddziaływań zewnętrznych, które wynikać będą nie tylko z głębokości lokalizacji wyrobiska, ale również perspektywicznego zagospodarowania powierzchni terenu w pasie sztolni.

Likwidacja powstałego zapadliska jest konieczna, gdyż aktualne jego zabezpieczenie nie gwarantuje stateczności zboczy i może dojść do osunięcia się gruntu do sztolni powodując powstanie zatoru i spiętrzenie wody w całym systemie odwadniania obiektów podziemnych w kompleksie sztolni rejonu Tarnowskich Gór.

Wstępna analiza techniczna wykazała, że ze względu na ścisłe powiązania funkcjonalne i geomechaniczne wymiana obudowy w sztolni, odtworzenie obudowy w rejonie powstałego zawału oraz likwidacja zapadliska na powierzchni powinny być elementami jednego kompleksowego zadania inwestycyjnego.

2. Działania utrzymaniowe na odcinkach o mniejszym zagrożeniu

Do klasy II (warunki dostateczne – dopuszczalne) zaliczone zostały następujące odcinki sztolni licząc od Bramy Gwarków:

- 45÷ 49,5 m – strefa naprawy obudowy poprzez jej częściową wymianę na obudowę murową z cegły, przez co obudowa posiada zmienną nośność na obwodzie,

- 49,5 ÷ 54,5 m – strefa naprawy obudowy poprzez jej częściową wymianę na obudowę betonową, przez co obudowa posiada zmienną nośność na obwodzie,
- 54,5 ÷ 108 m – spękania w stropie, złuszczenia obmurza na głębokość do 5 mm, nacieki solne,
- 108 ÷ 118 m – zanieczyszczenia biologiczne – korzenie roślin przebijające obudowę,
- 126 ÷ 143 m – wymycie zaprawy ze spoin przez dawny wyciek, rozluźowanie elementów obudowy,
- 156 ÷ 158 m – wymycie zaprawy ze spoin przez dawny wyciek, rozluźowanie elementów obudowy,
- 632 ÷ 737 m – ubytki zaprawy w spoinach, rozluźowanie elementów obudowy,
- 737 ÷ 739 m – odspojenie i ubytki powłoki pokrywającej mur,
- 761 ÷ 788 m – spękania obudowy w stropie, szczelina o zmiennym rozwarciu od 2 do 10 mm,
- 969 ÷ 979 m – spękania obudowy w stropie, szczeliny o rozwarciu ok. 2 mm,
- 1149 ÷ 1163 m – podmycie murów ociosowych obudowy.

Na wymienionych powyżej odcinkach – w świetle przeprowadzonych badań i analiz – obudowa posiada wystarczający stopień bezpieczeństwa, jednak ze względu na jej uszkodzenie konieczne jest zaplanowanie jej naprawy. Naprawę obudowy sztolni na wymienionych odcinkach można rozłożyć w czasie, a ich harmonogram dostosować do aktualnego stanu technicznego. W tym celu należy:

- systematycznie uzupełniać ubytki obudowy i zaprawy w spoinach dla usunięcia rozluźowania obudowy i przywrócenia jej projektowanej nośności – 126 ÷ 143 m, 156 ÷ 158 m i 632 ÷ 739 m,
- poprawę posadowienia obudowy poprzez likwidację podmycia murów ociosowych – 1149 ÷ 1163 m,
- prowadzić obserwacje zachowania się obudowy poprzez zabudowę czujników rozwarcia szczelin na zarysowaniu lub pęknięciu obudowy (np. czujniki mechaniczne, elektrooporowe, indukcyjne, strunowe, plomby szklane, plomby cementowe itp.) – 54,5 ÷ 108 m, 761 ÷ 788 m i 969 ÷ 979 m – w przypadku stwierdzenia w miejscach prowadzonych obserwacji postępującego procesu degradacji obudowy należy podjąć prace naprawcze i wzmacniające obudowę,
- prowadzić obserwację zachowania się obudowy w miejscu złuszczeń lub zanieczyszczeń obudowy – 54,5 ÷ 118 m i 737 ÷ 739 m – w przypadku stwierdzenia

w miejscach prowadzonych obserwacji postępującego procesu degradacji obudowy należy podjąć prace naprawcze i wzmacniające obudowę.

3. Działania na odcinkach aktualnie bezpiecznych

Na całym wybiegu wyrobiska, w tym na odcinkach uznanych aktualnie za bezpieczne należy prowadzić kontrolę stanu obudowy zgodnie z programem określonym przez Kierownika Działu Górniczego. W przypadku stwierdzenia występowania nowych uszkodzeń obudowy należy na bieżąco oceniać stopień bezpieczeństwa obudowy oraz wyrobiska i w miarę potrzeby podejmować stosowne działania naprawcze.

Dodatkowym czynnikiem niekorzystnym dla Sztolni jest drzewostan rosnący bezpośrednio nad jej trasą. Ze względu na małą głębokość lokalizacji sztolni korzenie, szczególnie wysokich drzew dochodzą do sztolni, przebijają obudowę i powodując jej degradację oraz zagrożenie zawалem. Aby ograniczyć to zjawisko celowym jest przeprowadzenie szczegółowej inwentaryzacji drzew w pasie sztolni i ich ewentualne usunięcie. Korzystne jest aby nad sztolnią zachować pierwotny stan powierzchni – tj. łąki lub tereny rolne.

10.2. Prace badawcze i ekspertyzy techniczne.

Sztolnia „Fryderyk” (Kościszko) mimo długiego okresu istnienia nie była dotychczas objęta zbyt szerokim zakresem prac badawczych i ocen technicznych. Z tego powodu istniejąca dokumentacja nie daje odpowiedzi na wiele pytań. Z drugiej strony, aby można było racjonalnie użytkować obiekt konieczne wydaje się wykonanie podstawowych prac badawczych i dokumentacji technicznych, a mianowicie:

– Dokumentacja geodezyjna lokalizacji sztolni

Analiza dokumentacji oraz wstępne pomiary geodezyjne wskazują na różnice w lokalizacji i przebiegu sztolni w terenie. Biorąc powyższe pod uwagę konieczne jest wykonanie prac geodezyjnych nad lokalizacją i przebiegiem sztolni i naniesienie jej na aktualne mapy terenu. Wytyczony przebieg sztolni powinien zostać zweryfikowany wierceniami badawczymi.

– Podstawowa dokumentacja geologiczno – górnicza

Podstawowa dokumentacja geologiczno – górnicza powinna zawierać: lokalizację wyrobiska, szczegółowy opis budowy geologicznej górotworu wzdłuż jej wybiegu (przekrój geologiczny przez sztolnię), właściwości skał nadległych i otaczających wyrobisko, warunki hydrogeologiczne (dopływy wód, chemizm wód itp.), historię

drażenia i użytkowania wyrobiska, zasady i program kontroli stanu obudowy i wyrobiska, wyposażenie wyrobiska, zasady dokumentowania wyników kontroli stanu obudowy i wyrobiska, wielkość przepływu wody sztolnią itp.

– Badania struktury i właściwości górotworu

W związku z wieloletnią eksploatacją sztolni górotwór w jej otoczeniu mógł podlegać różnym procesom. Dlatego też celowym wydaje się przeprowadzenia wzdłuż sztolni badań geofizycznych (uzupełnionych wierceniami badawczymi) struktury górotworu (zaburzenia naturalne, rozluźnienie gruntu wskutek np. sufozji mechanicznej, pustek w górotworze itp.). Dodatkowo dla wszelkich prac projektowych celowym jest przeprowadzenie badań właściwości skał i gruntów metodami laboratoryjnymi, a w nadkładzie również metodą sondowania.

– Określenie oddziaływań i zagrożeń dla środowiska

Opracowanie powinno obejmować takie podstawowe zagadnienia jak: zdefiniowanie i określenie poziomu oddziaływań oraz zagrożeń dla środowiska, których przyczyną jest sztolnia; wpływ wyrobiska na warunki wodne i zawodnienie przypowierzchniowych warstw górotworu; wpływ wyrobiska na powierzchnię (wpływ wyrobiska na zagrożenie deformacjami nieciągłymi, wpływ wyrobiska na zmiany parametrów geotechnicznych gruntów położonych w strefie jego oddziaływania); określenie obecnego stopnia spełnienia warunków korzystania ze środowiska w aspekcie oddziaływań i emisji generowanych z wyrobiska sztolni; długofalowa prognoza dynamiki zmian wpływu wyrobiska na środowisko w przypadku niepodjęcia działań naprawczych.

10.3. Prace projektowe.

Wszelka działalność inwestycyjna powinna opierać się o odpowiednie dokumentacje projektowe. Na obecnym etapie do podstawowych dokumentacji projektowych dotyczących ograniczenia degradacji końcowego odcinka sztolni „Fryderyk” (Kościuszko) zaliczyć można:

– Projekt zagospodarowania sztolni „Fryderyk” (Kościuszko) w aspekcie jej dalszego wykorzystania.

Dokumentacja zawierająca dokładne określenie wykorzystania sztolni w bliższej i dalszej perspektywie czasowej. Dokumentacja określać powinna wyposażenie wyrobiska, procesy realizowane w wyrobisku, wymagania dla bezpiecznego użytkowania sztolni.

- Projekt techniczny wykonawczy kompleksowej rekonstrukcji końcowego odcinka sztolni „Fryderyk” (Kościszko) o długości około 50 m licząc od jej wlotu.

Dokumentacja projektowa kompleksowej naprawy sztolni na odcinku od wlotu do około 50 m w głąb sztolni. Projekt powinien również obejmować likwidację istniejącego zapadliska.

- Technologie napraw obudowy i zabezpieczenia sztolni.

Szczegółowe dokumentacje określające sposób i technologię wykonania napraw obudowy na odcinkach występowania uszkodzeń.

10.4. Działania organizacyjne.

Problem funkcjonowania obiektów podziemnych pod względem organizacyjno – prawnym w Polsce jest bardzo złożony. Wszystkie problemy z tym związane występują również w odniesieniu do przedmiotowej sztolni. Do najważniejszych problemów administracyjno – prawnych zaliczyć można:

- Ustalenie administratora sztolni

Sztolnia jako podziemny obiekt pogórnicy jest własnością Skarbu Państwa. Aby mogła bezpiecznie funkcjonować należy powołać administratora, którego obowiązkiem będzie utrzymanie wyrobiska i jego bezpieczne użytkowanie.

- Określenie zasad prawnych funkcjonowania sztolni

Określić należy, czy w sztolni funkcjonować będzie w oparciu o Prawo Geologiczne i Górnicze czy Prawo Budowlane. Jeśli w sztolni ma obowiązywać Prawo Geologiczne i Górnicze muszą być uruchomione procedury wpisania wyrobiska na odpowiednią listę. Niezbędnym jest również określenie wielkości i źródła środków finansowych będących do dyspozycji administratora na funkcjonowanie sztolni.

- Ustalenie obszaru i terenu górniczego

Jeżeli sztolnia ma funkcjonować jako ruch zakładu górniczego musi być ustalony teren górniczy obejmujący dokładny przebieg sztolni wraz z obszarem przyległym, w którym dochodzi do współdziałania sztolni ze środowiskiem.

- Rozwiązanie problemów własnościowych terenu

W ramach terenu górniczego muszą zostać rozwiązane problemy własnościowe na powierzchni umożliwiające funkcjonowanie sztolni np. wytyczenie i udostępnienie administratorowi sztolni drogi dojazdowej, możliwość nadzoru administratora sztolni nad stanem powierzchni dla ograniczenia zagrożeń itp.

11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Sztolnia „Fryderyk” (Kościeszko) od ponad 200 lat jest stałym elementem ekosystemu rejonu Tarnowskich Gór. Przez wiele lat związana była z eksploatacją rud cynku i ołowiu, a po jej zakończeniu stała się ważnym ogniwem gospodarki wodnej w regionie.

Aktualnie wyrobiskiem odprowadzana jest woda do rzeki Dramy. Biorąc pod uwagę wiek omawianego obiektu, a przede wszystkim znaczenie ekologiczne i historyczne dla regionu, sztolnia „Fryderyk” jest ośrodkiem chronionym prawem.

Aspekt ochrony dziedzictwa kulturowego powinien towarzyszyć działaniom władz państwowych, samorządowych oraz organizacji i towarzystw społeczno – kulturalnych. W przypadku likwidacji kopalń należy dążyć do zachowania dla przyszłych pokoleń wszystkiego, co świadczy o etapach rozwoju społeczności ludzkiej. Ratując zabytkowe obiekty górnictwa spełniamy ciężący na nas obowiązek przekazania przyszłym pokoleniom materialnych dokumentów działalności naszej i naszych poprzedników. W aspekcie tych stwierdzeń istniejąca sztolnia „Fryderyk” niewątpliwie powinna być zachowana jako unikatowy przykład myśli technicznej nierozzerwalnie związanej z historią Śląska, a rejonu Tarnowskich Gór w szczególności.

Na podstawie przeprowadzonych analiz materiałów archiwalnych, przeprowadzonych badań polowych oraz rozważań teoretycznych można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Sztolnia „Fryderyk” („Kościeszko”) jest ostatnią z wybudowanych sztolni w rejonie tarnogórskim i w swoim założeniu miała odwadniać rejony eksploatacji rud w obszarze kopalni „Fryderyk”. Historyczna nazwa tej sztolni to Tiefe Friedich Stollen (Głęboka Sztolnia Fryderyk). Po II Wojnie Światowej zmieniono nazwę sztolni na „Kościeszko”. Po zlikwidowaniu kopalni sztolnia spełnia ważną rolę w gospodarce wodnej rejonu. Spływa nią woda z okolicznych źródeł, która odprowadzana jest do rzeki Dramy. Długi okres istnienia sztolni, jak i procesy naturalne i geotechniczne zachodzące w jej otoczeniu spowodowały postępujący proces degradacji i widoczne zużycie techniczne jej obudowy.
2. Wyrobisko sztolni wykonane zostało na małej głębokości w obrębie Monokliny Śląsko – Krakowskiej. W okolicy Tarnowskich Gór przebiega granica dwóch struktur paleozoicznych: zapadliska górnośląskiego w części południowej, wypełnionego osadami gómkarbońskimi oraz sfałdowanych utworów karbonu, dewonu, syluru i starszych w części północno – wschodniej. Powoduje to, że przedmiotowe wyrobisko

zlokalizowane jest w skałach o znacząco różniących się parametrach wytrzymałościowych. Rejon wyrobiska narażony jest również na oddziaływanie wód opadowych infiltrujących przez przepuszczalne warstwy nadkładu. Na powierzchni terenu, bezpośrednio nad przedmiotowymi wyrobiskami górniczymi, znajdują się tereny leśne, które usytuowane są na stoku nachylonym w kierunku północno – zachodnim.

3. Podsumowując wyniki przeprowadzonych badań można stwierdzić, że obudowa sztolni „Fryderyk” (Kościeszko) na jej końcowym odcinku do wylotu w miejscowości Ptakowice wykazuje zmienny stopień zużycia technicznego. Na stan taki wpływ ma głównie:
 - długi okres istnienia wyrobiska,
 - niska jakość wykonania obudowy (jakość zaprawy, dokładność wykonanie itp.),
 - niekorzystne oddziaływanie czynników środowiskowych – oddziaływanie wody, roślinności i innych organizmów żywych itp.,
 - brak działań w zakresie konserwacji i napraw obudowy.
4. Makroskopowa ocena stanu obudowy wyrobiska wykazała, że:
 - na odcinku od 0 – 45 m licząc od Bramy Gwarków występują ubytki obmurza i zaprawy w spoinach, rozluźnianie elementów obudowy, deformacja obudowy, na tym odcinku występuje strefa uszkodzenia obudowy i zawału sztolni, w rejonie którego zabudowana jest obudowa drewniana,
 - na odcinkach 45 – 118 m, 126 – 143 m, 156 – 158 m, 632 – 739 m, 761 – 788 m, 969 – 979 m i 1149 – 1163 m licząc od Bramy Gwarków stwierdzono odcinki z wykonaną wcześniej naprawą obudowy poprzez jej częściową wymianę na obudowę murową z cegły lub monolityczną betonową, zanieczyszczenia biologiczne – korzenie roślin przebijające obudowę, wymycie zaprawy ze spoin przez dawny wyciek, rozluźnianie elementów obudowy, podmycie murów ociosowych obudowy,
 - na odcinkach sztolni od 118 – 126 m, 143 – 156 m, 158 – 632 m, 739 – 761 m, 788 – 969 m, 979 – 1149 m i 1163 – 1268 m licząc od Bramy Gwarków stwierdzono drobne ubytki materiału obudowy, nacieki solne, drobne wypływy wody itp., które aktualnie nie zagrażają stateczności wyrobiska.
5. Podstawowym parametrem wpływającym na nośność obudowy jest jej wytrzymałość na ściskanie. Wytrzymałość muru z kamienia naturalnego w konstrukcji obudowy określono za pomocą metody niszczącej. Wyniki przeprowadzonych badań wytrzymałości na

ściskanie obudowy wyrobiska szczegółowo omówiono w rozdz. 5.2 opracowania. Podsumowując przedstawione wyniki badań wytrzymałości obudowy wyrobiska stwierdza się, że:

- średnia wartość wytrzymałości obliczeniowej obudowy badanych wyrobiska wynosi 3,22 MPa
- badania wykazały występowanie lokalnie ognisk korozji związanych głównie z miejscami wycieków wody zza obudowy. Ubytki obmurza spowodowane korozją nie przekraczają zwykle 10 mm i nie stanowią zagrożenia dla konstrukcji obudowy,
- w wyrobisku obserwuje się liczne strefy niejednorodności struktury muru obudowy związane z ubytkami zaprawy w spoinach. Powoduje to obniżenie spójności konstrukcji, a co za tym idzie spadek jej właściwości mechanicznych. Obszary te są również miejscami potencjalnego zagrożenie korozyjnego.

6. Uwzględniając zróżnicowany stopień zużycia obudowy w poszczególnych wyrobiskach wyszczególniono odcinki wyrobiska charakteryzujące się stopniem bezpieczeństwa:

- I stopień – stan bezpieczny – obudowa wyrobisk nie wymaga aktualnie żadnych działań naprawczych lub profilaktycznych – 118 – 126 m, 143 – 156 m, 158 – 632 m, 739 – 761 m, 788 – 969 m, 979 – 1149 m i 1163 – 1268 m licząc od Bramy Gwarków,
- II stopień – stan dopuszczalny – obudowa wyrobisk nie jest zagrożona utratą stateczności, jednak wymagane są obserwacje zachowania się obudowy, od wyników których zależy podjęcie działań i ich zakres – 45 – 118 m, 126 – 143 m, 156 – 158 m, 632 – 739 m, 761 – 788 m, 969 – 979 m i 1149 – 1163 m licząc od Bramy Gwarków,
- III stopień – stan niedopuszczalny – obudowa wyrobisk zagrożona jest utratą stateczności i wymagane są natychmiastowe działania naprawcze lub zabezpieczające – 0 – 45 m licząc od Bramy Gwarków.

7. Na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń numerycznych stwierdza się, że do III stopnia zaliczono następujące odcinki wyrobiska, w których prawdopodobieństwo awarii jest większe od 0,35:

- obudowa wykazuje wyraźne ubytki obmurza i zaprawy w spoinach,
- rozluźnianie elementów obudowy,
- deformacja obudowy,
- strefa zaistniałego uszkodzenia obudowy i zawału sztolni, odcinki z zabudowaną dodatkowo obudową drewnianą.

8. Na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń numerycznych stwierdza się, że do II stopnia zaliczono odcinki wyrobiska, dla których prawdopodobieństwo awarii mieściło się w przedziale od 0,1 do 0,35:
 - odcinki z wykonaną wcześniej naprawą obudowy poprzez jej częściową wymianę na obudowę murową z cegły lub monolityczną betonową,
 - zanieczyszczenia biologiczne – korzenie roślin przebijające obudowę, wymycie zaprawy ze spoin przez dawny wyciek,
 - odcinki na których występuje lokalne rozluźowanie elementów obudowy,
 - odcinki z występującym podmyciem murów ociosowych obudowy,
 - odcinki wyrobiska w murowej w których występują poprzeczne spękania i rysy (za wyjątkiem tych, które zaliczono do stopnia I) nie zagrażające stateczności obudowy,
 - odcinki wyrobiska w obudowie murowej w których występują ubytki obudowy o powierzchni do $0,5 \text{ m}^2$ i nie obejmujące całej grubości obudowy,
 - odcinki ściany, na których występują złuszczenia powłoki (zaprawy) betonowej,
 - odcinki wyrobisk, na których występują wyraźne wypływy wody zza obudowy.
9. Na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń numerycznych stwierdza się, że do I stopnia zaliczono odcinki wyrobisk, których nie zaliczono do stopni II lub III.
10. W przypadku odcinków wyrobisk zaliczonych do III stopnia warunków utrzymania zgodnie z zapisami w rozdz. 10 pracy należy w trybie pilnym podjąć działania zabezpieczające wyrobiska, a mianowicie:
 - wykonanie kompleksowej rekonstrukcji odcinka sztolni – $0 \div 45 \text{ m}$,
 - likwidacji powstałego zapadliska.Wymienione powyżej działania powinny stanowić jedno zintegrowane zadanie inwestycyjne.
11. W przypadku odcinków wyrobisk zaliczonych do II stopnia zagrożenia należy:
 - systematycznie uzupełniać ubytki obudowy i zaprawy w spoinach dla usunięcia rozluźowania obudowy i przywrócenia jej projektowanej nośności – $126 \div 143 \text{ m}$, $156 \div 158 \text{ m}$ i $632 \div 739 \text{ m}$,
 - poprawę posadowienia obudowy poprzez likwidację podmycia murów ociosowych – $1149 \div 1163 \text{ m}$,
 - prowadzić obserwacje zachowania się obudowy poprzez zabudowę czujników rozwarcia szczelin na zarysowaniu lub pęknięciu obudowy (np. czujniki mechaniczne,

- elektrooporowe, indukcyjne, strunowe, plomby szklane, plomby cementowe itp.) – 54,5 ÷ 108 m, 761 ÷ 788 m i 969 ÷ 979 m – w przypadku stwierdzenia w miejscach prowadzonych obserwacji postępującego procesu degradacji obudowy należy podjąć prace naprawcze i wzmacniające obudowę,
- prowadzić obserwację zachowania się obudowy w miejscu złuszczeń lub zanieczyszczeń obudowy – 54,5 ÷ 118 m i 737 ÷ 739 m – w przypadku stwierdzenia w miejscach prowadzonych obserwacji postępującego procesu degradacji obudowy należy podjąć prace naprawcze i wzmacniające obudowę.
12. Uwzględniając stopień zużycia obudowy sztolni oraz dbałość o jej utrzymanie i dalsze bezpieczne użytkowanie konieczne jest podjęcie systemowych działań dla poprawy warunków utrzymania stateczności przedmiotowego wyrobiska. Do podstawowych działań należy zaliczyć:
- uszczelnienie obudowy wyrobiska ograniczając w ten sposób dopływ wody poprzez np. iniekcję za obudowę wyrobisk materiału uszczelniającego, tworzącego powłokę wodoszczelną,
 - na odcinku o głębokości lokalizacji mniejszej od głębokości przemarzania gruntu oraz odległości od wylotu sztolni, na której występuje obmarzanie obudowy wykonać zabiegi mające na celu poprawę odporności obudowy na warunki klimatyczne,
 - oznakowanie (zabezpieczenie) terenu na powierzchni bezpośrednio nad najpłycej zalegającymi odcinkami wyrobiska przed ustawianiem (wjeżdżaniem) tam sprzętu ciężkiego (grozi zawaleniem wyrobiska).
13. Z uwagi na stan techniczny obudowy oraz destrukcyjne oddziaływanie czynników środowiskowych na obudowę wyrobiska – zwłaszcza w strefie przywlotowej, początkowego odcinka sztolni i rejonu zaistniałego zawału – zaleca się podjęcie szybkich doraźnych działań prewencyjnych. Dalszy proces działań dla ograniczenia naturalnej degradacji końcowego odcinka sztolni „Fryderyk” (Kościeszko) winien obejmować działania opisane szczegółowo w rozdziale 10 pracy, a mianowicie:
- działania praktyczne niezbędne dla zabezpieczenia sztolni na odcinkach zagrożonych,
 - prace badawcze i ekspertyzy techniczne,
 - prace projektowe (projekty techniczne i technologiczne),
 - działania organizacyjne.

14. Istotnym czynnikiem środowiskowym mającym również, wg opinii autorów opracowania, wpływ na stan techniczny obudowy sztolni, zwłaszcza na odcinkach sztolni wykonanej w gruntach nieskalistych, jest przerastanie korzeni drzew przez warstwy nadkładowe i obudowę wyrobiska. System korzeniowy drzew przyczynia się zarówno do rozluzowania warstw nadkładu jak i do osłabiania obudowy – zwłaszcza murowej. W celu ograniczenia negatywnego oddziaływania systemu korzeniowego drzew na skały nadkładowe oraz obudowę wyrobiska zaleca się wykonanie oceny drzewostanu porastającego powierzchnię nad wyrobiskiem oraz podjęcie ewentualnych działań wycinkowych w najbardziej zagrożonych rejonach. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim takich gatunków drzew, których system korzeniowy charakteryzuje się dużym stopniem ekspansji i jak pokazują dotychczasowe doświadczenia często powoduje poważne uszkodzenia w obrębie sieci kanalizacyjnych jak i fundamentów obiektów budowlanych.

MAPA SZTOLNI „FRYDERYK” 1:10000

Objaśnienia:

- szyby
- rzeki, potoki
- - - granice parku w Reptach

Odległości między punktami:

- | | | |
|-------|-----------|-----------|
| ① - ② | - 1240 m. | |
| ② - ③ | - 600 m. | |
| ③ - ④ | - 980 m. | } 2680 m. |
| ④ - ⑤ | - 870 m. | |
| ⑤ - ⑥ | - 830 m. | |
| A - B | Σ 4520 m. | |

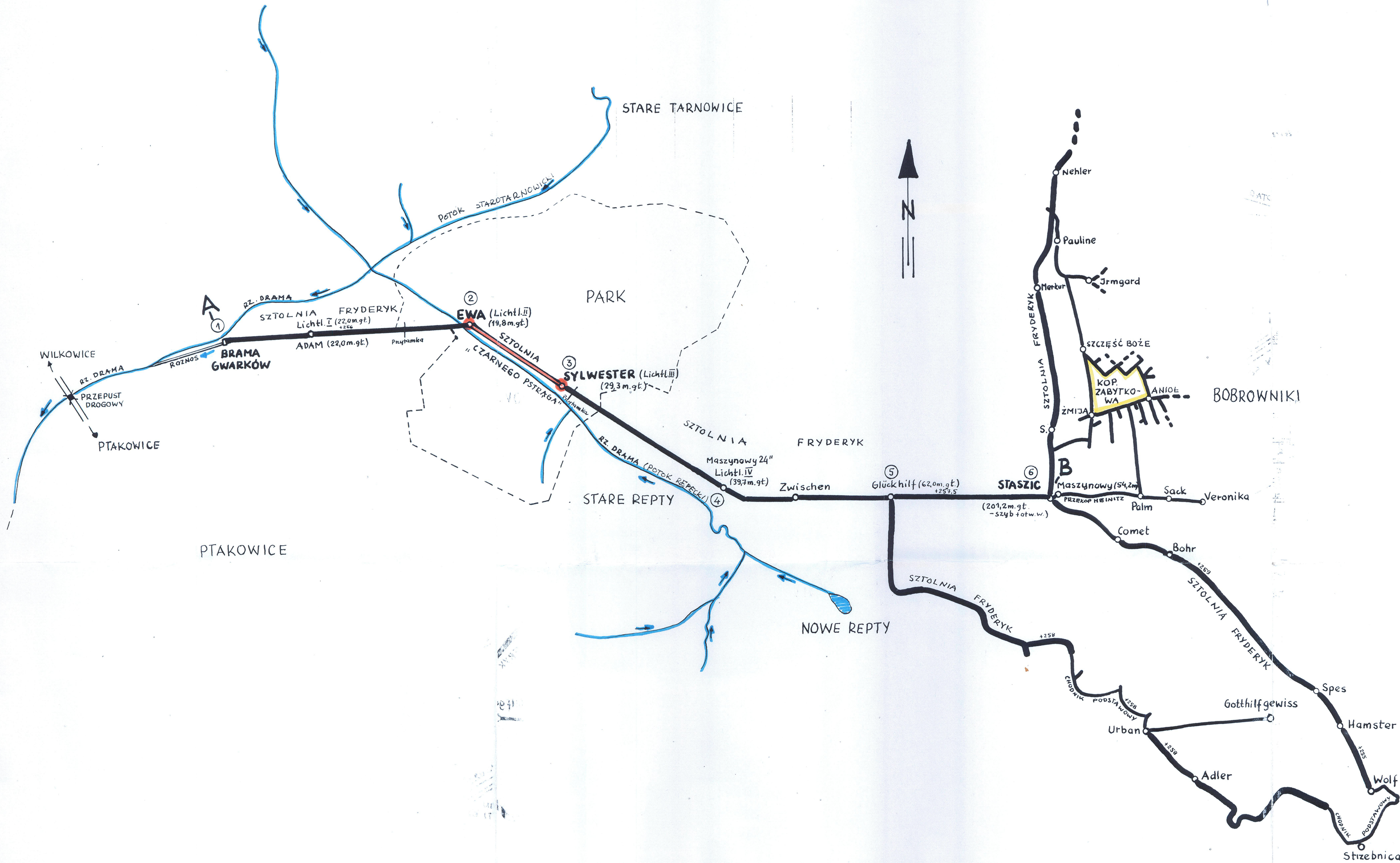
Wytł. mgr inż. J. Żeglicki
listopad 1997 r.

Odrys z mapy archiwalnej
z lat 1911-1912.

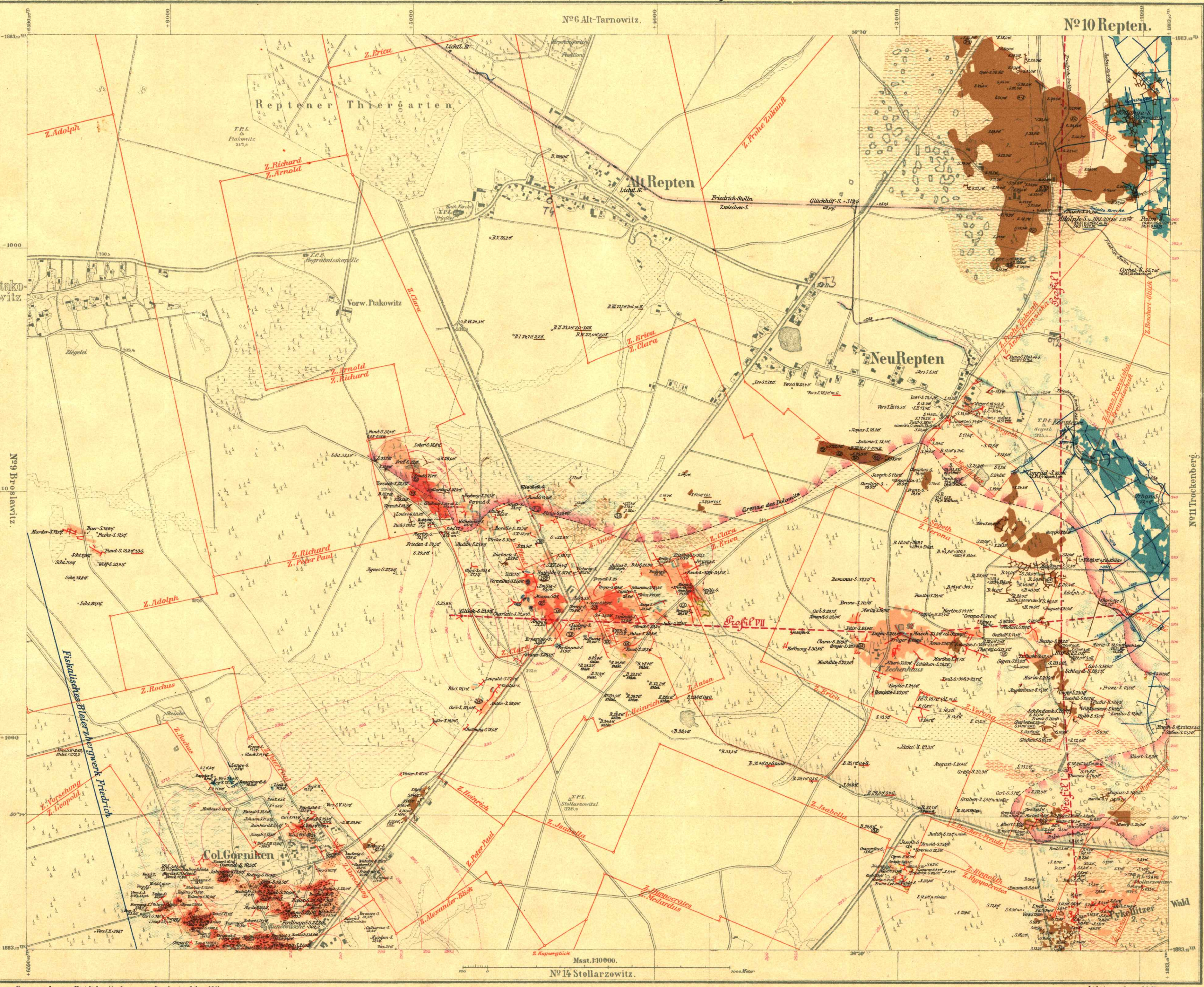
mgr inż. J. Żeglicki
Upewniony Geolog Górniczy

mgr inż. Jacek Majowski
Upewniony Mierniczy

Stowarzyszenie Miłośników Ziemi Tarnowskiej
KIEROWNIK RUCHU ZAKŁADU
Kopalni Zabytkowej Sztolni „Czarnego Pstrąga”
w Tarnowskich Górach
mgr inż. Józef Mossny



Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues.



Herausgegeben vom Königl. Oberbergamt zu Breslau im Jahre 1911.

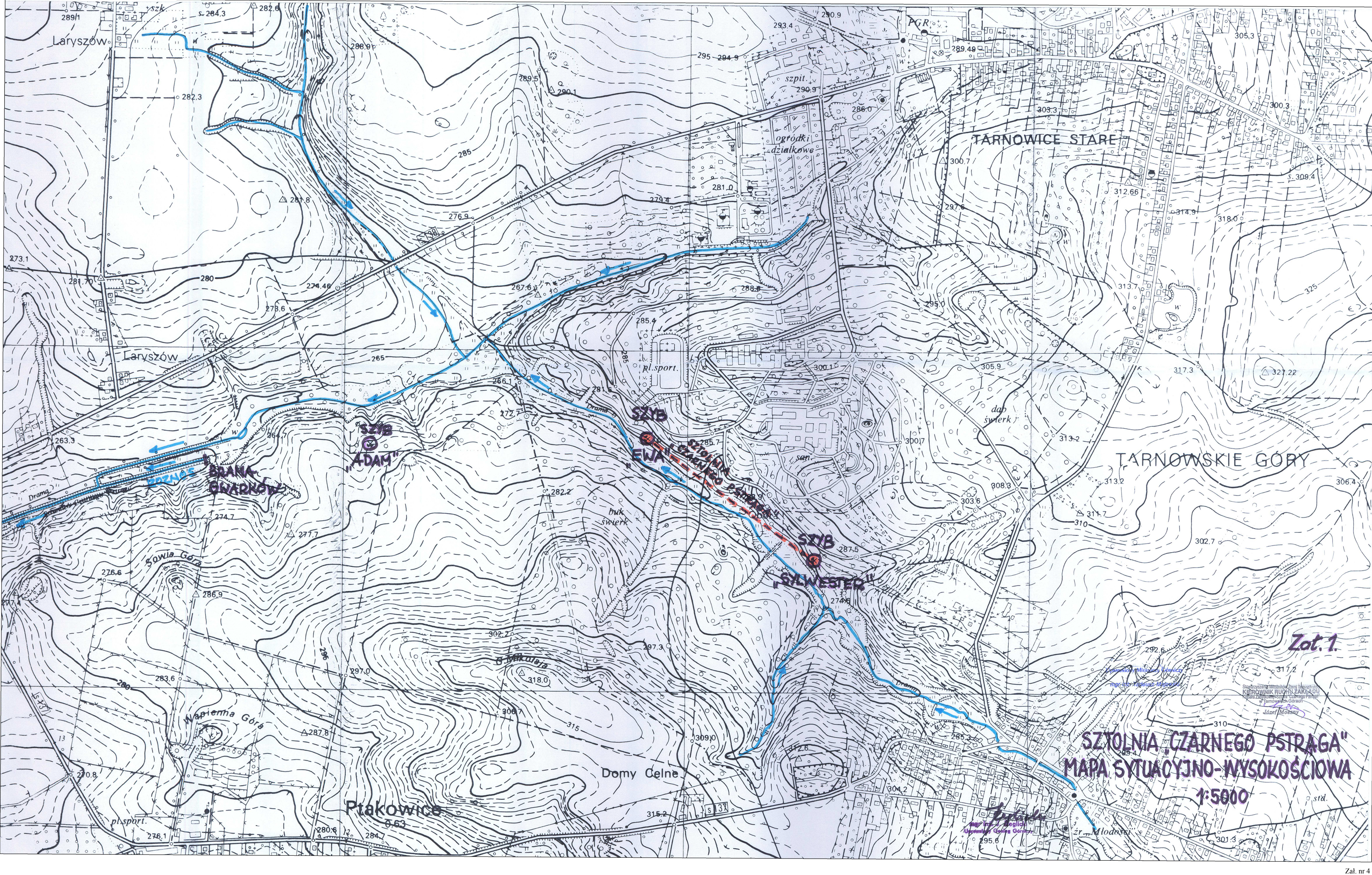
Maßstab für die Profile 1:5000.

Lith. Anst. v. Leopold Kraatz, Berlin

Z. Vorsehung
Abgebaute Flächen von:
Bleiglanz. Brauneisenerz.
Aufgeschwemmte (Sand, Lehm). Dolomit. Sohlenkalk. Brauneisenerz. Letzt. unter. Mehl.
Die beige gestrichelten und untergeordnet vorkommenden Erze sind in den Abbaufeldern durch Punkte in den betreffenden Farben angedeutet.
G. Galmey, Bld. Blende, Bl. Bleierz, Sch. Schwefelz, E. Brauneisenerz, U. - tief, L. - Erze, S. - Schacht, B. - Bohrloch.

Alle in ihrer Lage stehende Baue
Z. Zinkerbergwerk. Bl. Bleierzbergwerk.
Die nur auf Schwellen verlassenen Bergwerke sind in der Karte weggelassen worden.
B. 2. bei + 201.5 (N.N.) Sohlenstein Oberfläche.

Querschnitt
Höhenrichtlinien
auf der Oberfläche des Schichtes.
Höhe des Geländes über N.N.
(in Gramm.)



SZYB "CZARNEGO PSTRĄGA"
MAPA SYTUACYJNO-WYSOKOŚCIOWA
1:5000

Zot. 1

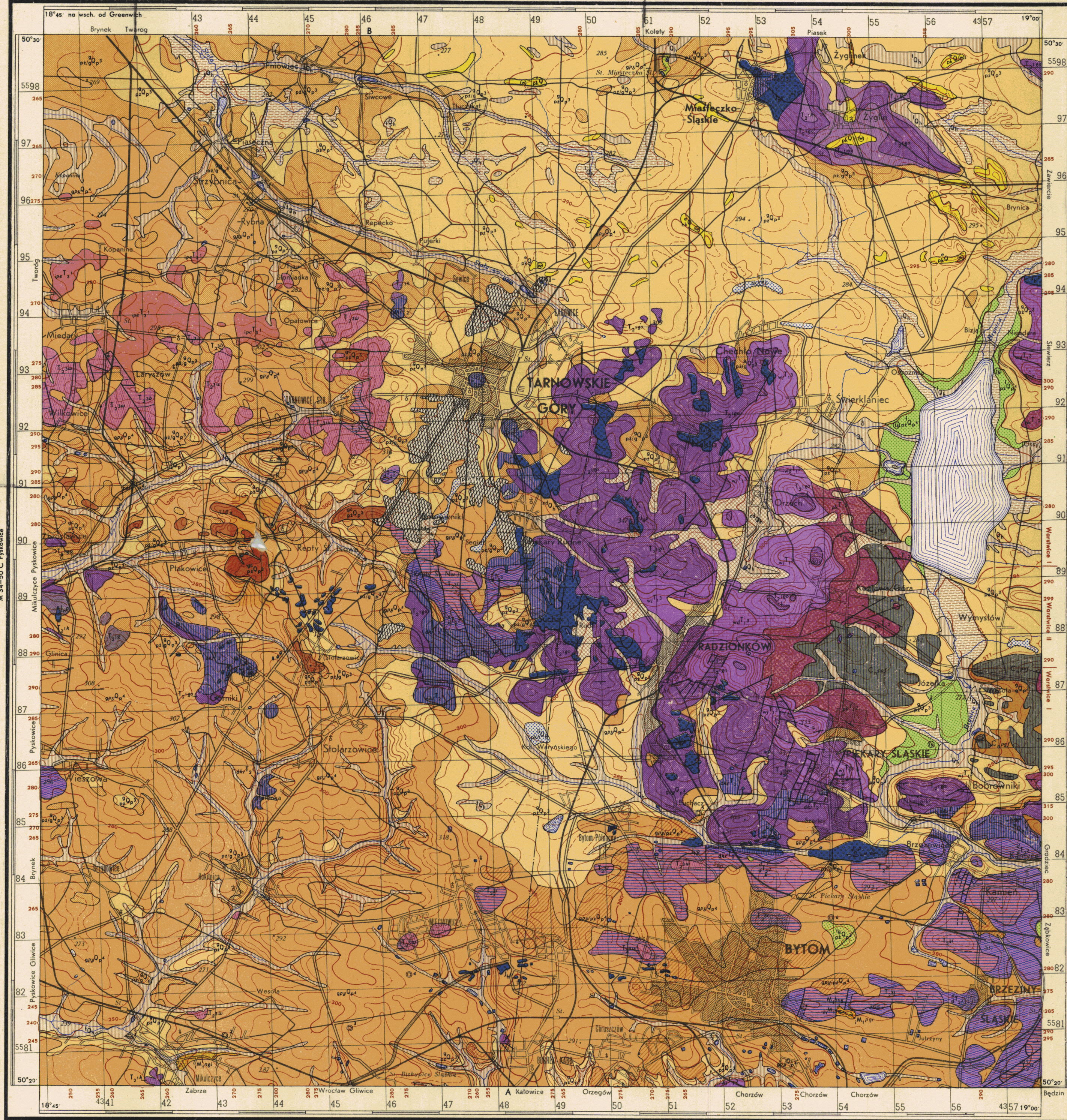
PROFIL STRATYGRAFICZNY

Skala miąższości 1:5 000

Zestawit: S. BIERNAT - r. 1954

M 34-50 B Kalety

M 34-50 D BYTOM

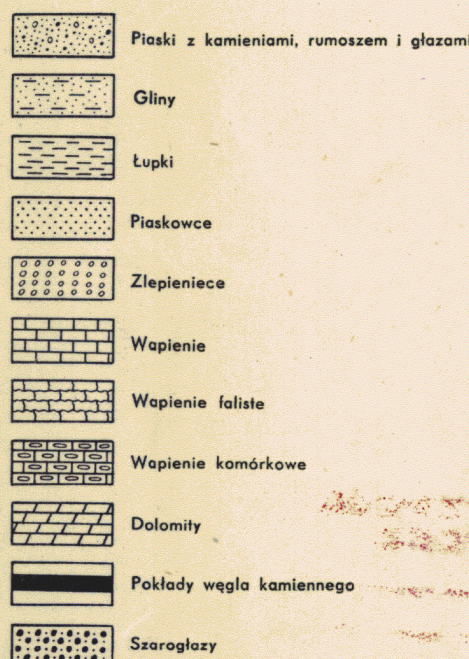


Redakcja: O. GUZIK

M 34-62 B Chorzów

Podkład topograficzny z mapy polskiej 1:100 000 z 1933 r.
Opracowanie graficzne i druk Wydawnictwa Geologicznego, al. 685/55, CW. 31242 Egi. 800-3

ZNANKI PETROGRAFICZNE



Reambulacja wykonana S. Biernat na podstawie:

1.	2.	3.	4.	5.	6.

1. Ark. Bralowitz - P. Asmann 1911-1912 r.
2. Ark. Tarnowski - R. Michael, F. Tarnow i P. Asmann 1914 r.
3. Ark. Zabrze - P. Cramer, P. Asmann, i W. Albrecht 1911-1912 r.
4. Ark. Bytom - P. Asmann, R. Michael, W. Goltzow i F. Tarnow 1907-1910 r.
5. Zdzjęcie terenowe wykonane przez J. Wyszczkowski 1954 r.
6. Mapa geol. P.L.G. 1:25 000 ark. Gródzisz - St. Dzierżewicz-Hrebicki 1936 r.

Wydanie koloru wg St. Dzierżewicz-Hrebickiego

Skala pionowa 1:25 000

1:50 000



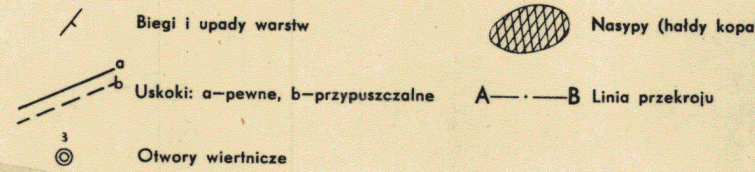
Położenie arkusza na mapie 1:200 000 M 34-XIII

Tarnów	Sieradz	Twaróg	Kalety
Opole	Ujazd	Pykowitz	
Katle	Ujazd	Pykowitz	
Radziszew	Radziszew	Gliniec	Chorzów
Radziszew	Radziszew	Radziszew	Radziszew

OBJAŚNIENIA BARW I SYMBOLI	
HOLOCEN	<ul style="list-style-type: none"> Torfy Piaszki i mułki jeziorne, w stropie zwykłe humusowe Osady rzeczne (fluwialne) w ogólności Osady deluwialne w ogólności
CZWARTORZĘD	<ul style="list-style-type: none"> Piaszki eoliczne w wydymach Piaszki i żwiry tarasów akumulacyjnych średnich Gliny pylaste Gliny pylaste na piaszkach i żwirach warstwowych Piaszki i żwiry wodnolodowcowe (fluwio-glacialne) Piaszki i żwiry lodowcowe (glacialne) na glinie zwalowej Gliny zwalowe Piaszki, żwiry i glazy moreny czołowej
PLEISTOCEN	
NEOGEN	<ul style="list-style-type: none"> Warstwy boguckie i grabowickie (ły niebieskoszare z kamieniolodami) Margle niebieskoszare wapniste z konglomeratami wapnistymi Ły łupkowe niebieskoszare serii nadgipsowej Ły szare wapniste z kamieniolodami serii nadgipsowej
TRZECIORZĘD	
JURA	<ul style="list-style-type: none"> Warstwy polskie (gliniaki ogniotwale, żwiry i ślepienie)
JURA DOLNA	
TRIAS GÓRNY	<ul style="list-style-type: none"> Ły patre i margle
TRIAS ŚRODKOWY	<ul style="list-style-type: none"> Warstwy borussowickie (ły niebieskoszare i łupki margliste) Warstwy z Wilkowic (wapnienie i konglomeraty) Warstwy z Tarnowic (dolomity jasnoszare margliste) Dolomity dyplaporowe Warstwy karchowickie (wapnienie krystaliczne białe i różowe) Dolomity kruszonolne Warstwy goradzickie (wapnienie jasnoszare krystaliczne z rogowcami) Warstwy gogolickie (wapnienie płytowe, łaliaste, ślepienowate i komarkowe)
TRIAS DOLNY	<ul style="list-style-type: none"> Wapnienie grubolawicowe, dolomityczne i wapnienie łaliaste Wapnienie i dolomity Piaszki i ły czerwone i patre
KARBON	<ul style="list-style-type: none"> Warstwy porębskie, grodzickie i florawskie nierozdzielone (łupki, piaszkowce i węgiel)
CZWARTO-RZĘD	<ul style="list-style-type: none"> HOLOCEN PLEISTOCEN TRIAS GÓRNY TRIAS ŚRODKOWY TRIAS DOLNY
PERM	<ul style="list-style-type: none"> Ły, piaszki i ślepienie
KARBON GÓRNY	<ul style="list-style-type: none"> Warstwy rudzkie (piaskowce, łupki i węgiel) Warstwy siadłowe (węgiel, piaszkowce, łupki) Warstwy porębskie-grodzickie (łupki, piaszkowce i węgiel) Warstwy jaskowickie (łupki, piaszkowce i węgiel) Warstwy florawskie (łupki, piaszkowce, węgiel) Warstwy sarnowskie (piaskowce i łupki) Warstwy malinowickie (łupki z wkładkami piaszkowców)
KARBON DOLNY	<ul style="list-style-type: none"> Kulm (szarogłazy, ślepienie i łupki)

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK O ZIEMI
SKŁADNICA MAP

ZNANKI KONWENCJONALNE



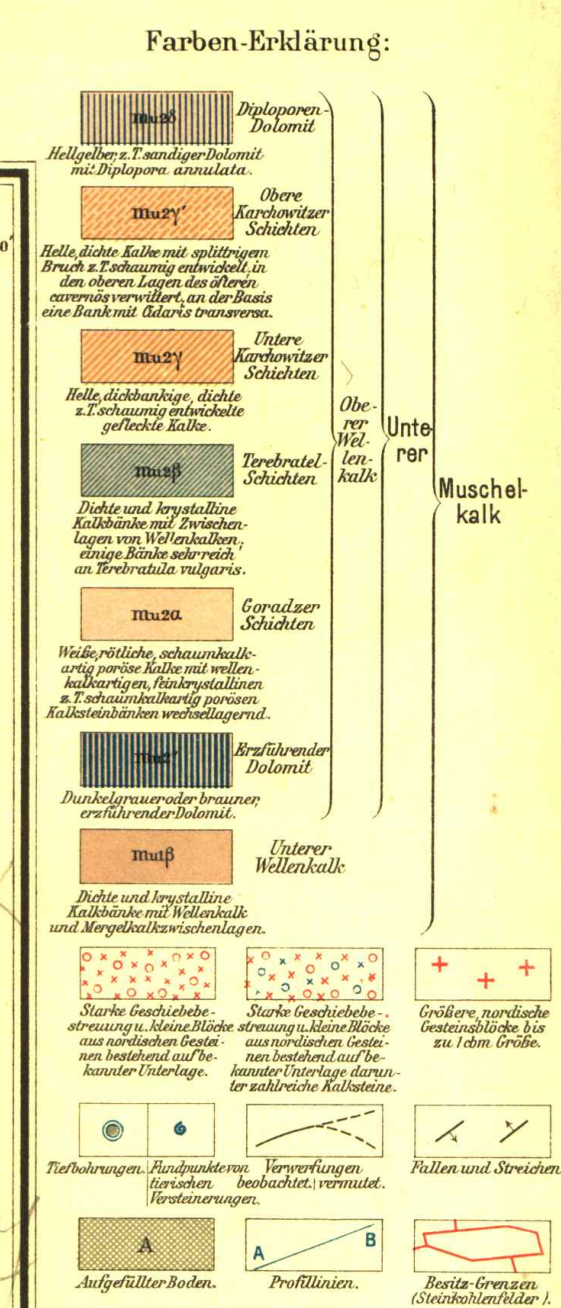
Nr inw. I/3/B/40

Leitung: Franz Beyschlag

Geologisch und agronomisch bearbeitet durch P. Aßmann 1911-12.

Gradabteilung 78. Blatt 33.

Breite $\frac{51^\circ}{50^\circ}$, Länge $36^\circ|37^\circ$.



Umgrenzung von Erdlagerstätten:

Sulfidische Erdlagerstätten	Unsere Erdlage		Blei
		nachbarlich verunreinigt	
Oxidische Erdlagerstätten	Unsere Erdlage		Galmei
		nachbarlich verunreinigt	

Erdklärung

der bei Bodenprofilen und agronomischen
Einschreibungen benutzten Abkürzungen:

- H Humus bzw. humos P Pflanzen bew. fruchtend
- K Kalk S Sand s sandig
- L Lehm t Ton k Kies h heutig
- M Mergel m mergelig w wechsell.
- T Ton l leimig LS Lössartige Sande u. d. v.

Die rote Zahl bedeutet die Mächtigkeit in Dezimetern.

Der rote Strich trennt die petrographisch verschiedenen Bildungen

Bodenprofile:
Lehmboden

Das Diagramm zeigt zwei Bodenprofile: Steinboden (oben) und Tonboden (unten). Jedes Profil ist in drei vertikale Zonen unterteilt, die durch chemische Analysen (g, dg, dm, s, ds, L) und Legende (T-KT, KL-K, SL-Schmeltein) gekennzeichnet sind. Die Steinbodenprofile zeigen eine deutliche Schichtung mit verschiedenen Mineralen und Tonen. Die Tonbodenprofile zeigen eine homogene Schichtung mit Ton und Schluff. Die chemischen Analysen sind in der Legende definiert: g = Gesamtsäure, dg = Gesamtsäure + Dünnsäure, dm = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan, s = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan + Eisen, ds = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan + Eisen + Stickstoff, L = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan + Eisen + Stickstoff + Kohlenstoff.

Steinboden

g-Lös
dg
s-ds
dm
L

Tonboden

T-KT
KL-K
T-KT
KL-K
T

SL-Schmeltein
T-KT
KL-K

Legende:

- g = Gesamtsäure
- dg = Gesamtsäure + Dünnsäure
- dm = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan
- s = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan + Eisen
- ds = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan + Eisen + Stickstoff
- L = Gesamtsäure + Dünnsäure + Mangan + Eisen + Stickstoff + Kohlenstoff

Mächtigkeitsprofil:
Schichtenprofil
nördlich von Friedrichshütte
im Maßstab 1:10000.

Oberer Sand	1-10 m
Oberer Sandsteinriegel	1-10 m
Unterer Sand	1-2 m
Unterer Sandsteinriegel	2-10 m
Unterer Keuper	ca. 60 m
Oberer Muschelkalk	ca. 20 m
Mittlerer "	ca. 10 m
Oberer Weidenkalk	ca. 40 m
Unterer "	ca. 80 m
Röt	ca. 25 m
Röt ?	ca. 30 m
Untersand	

Schichtenprofil
südlich von Kempczowitz
im Maßstab 1 : 10 000.

Obere Sand-
Oberer Gipsstein (Grotto)
Unterer Gipsstein (Grotto)
Obere Sand-
Mittlere " " " " " "
Obere Willenbank
Untere " " " " " "
Röt
Röt?
Grotto
(1.5 m. Schichten d. Sande)

1. 16 m.
2. 10 m.
3. 10 m.
4. 10 m.
5. 10 m.
6. 10 m.
7. 10 m.
8. 10 m.
9. 10 m.
10. 10 m.
11. 10 m.
12. 10 m.
13. 10 m.
14. 10 m.
15. 10 m.
16. 10 m.
17. 10 m.
18. 10 m.
19. 10 m.
20. 10 m.
21. 10 m.
22. 10 m.
23. 10 m.
24. 10 m.
25. 10 m.
26. 10 m.
27. 10 m.
28. 10 m.
29. 10 m.
30. 10 m.
31. 10 m.
32. 10 m.
33. 10 m.
34. 10 m.
35. 10 m.
36. 10 m.
37. 10 m.
38. 10 m.
39. 10 m.
40. 10 m.
41. 10 m.
42. 10 m.
43. 10 m.
44. 10 m.
45. 10 m.
46. 10 m.
47. 10 m.
48. 10 m.
49. 10 m.
50. 10 m.
51. 10 m.
52. 10 m.
53. 10 m.
54. 10 m.
55. 10 m.
56. 10 m.
57. 10 m.
58. 10 m.
59. 10 m.
60. 10 m.
61. 10 m.
62. 10 m.
63. 10 m.
64. 10 m.
65. 10 m.
66. 10 m.
67. 10 m.
68. 10 m.
69. 10 m.
70. 10 m.
71. 10 m.
72. 10 m.
73. 10 m.
74. 10 m.
75. 10 m.
76. 10 m.
77. 10 m.
78. 10 m.
79. 10 m.
80. 10 m.
81. 10 m.
82. 10 m.
83. 10 m.
84. 10 m.
85. 10 m.
86. 10 m.
87. 10 m.
88. 10 m.
89. 10 m.
90. 10 m.
91. 10 m.
92. 10 m.
93. 10 m.
94. 10 m.
95. 10 m.
96. 10 m.
97. 10 m.
98. 10 m.
99. 10 m.
100. 10 m.

B
(N0)

Diluvium

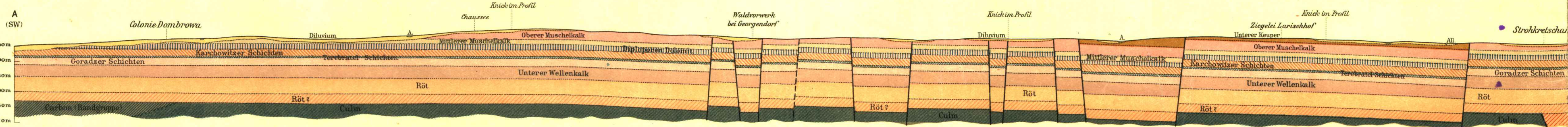
+250m

Załącznik nr 6

Załącznik nr 6

Profil A-B.
Maßstab für die Längen 1:25000, für die Höhen 1:

Berliner Lithographisches Institut, Berlin W. 35



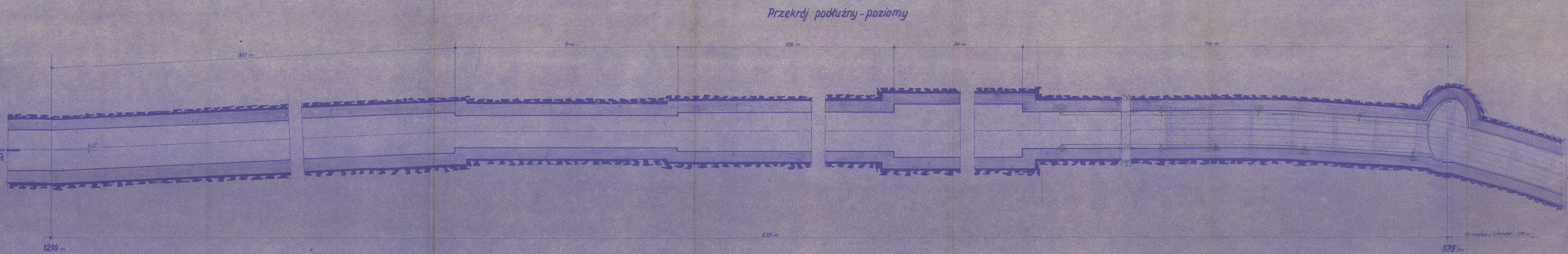
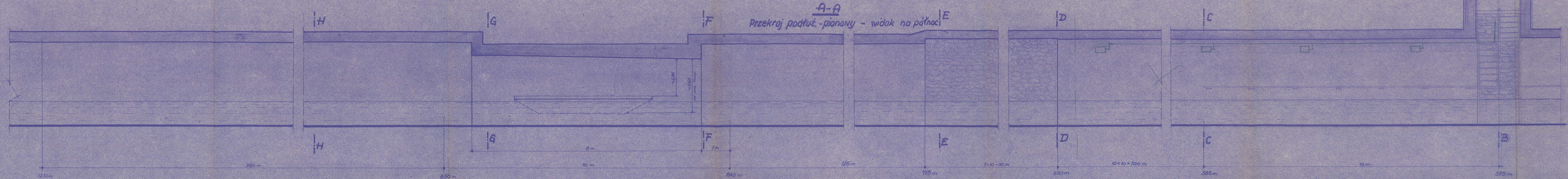
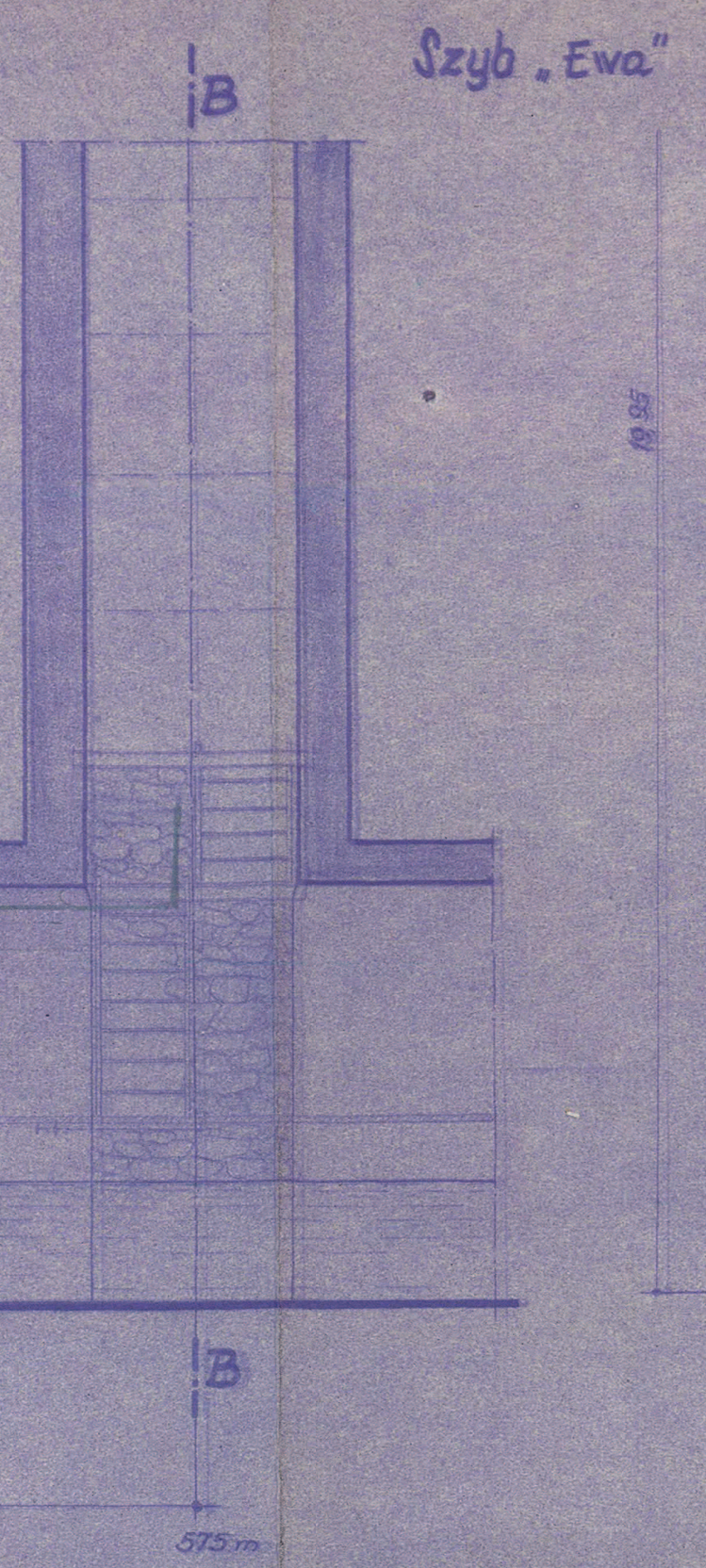
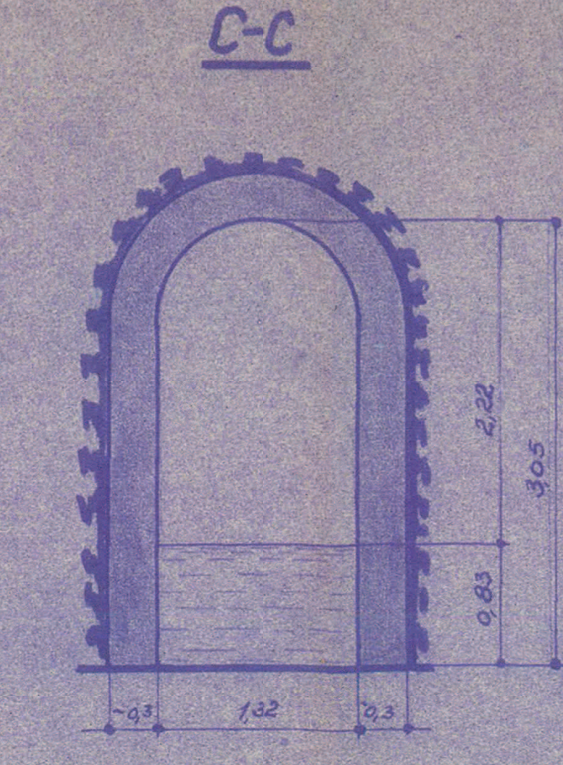
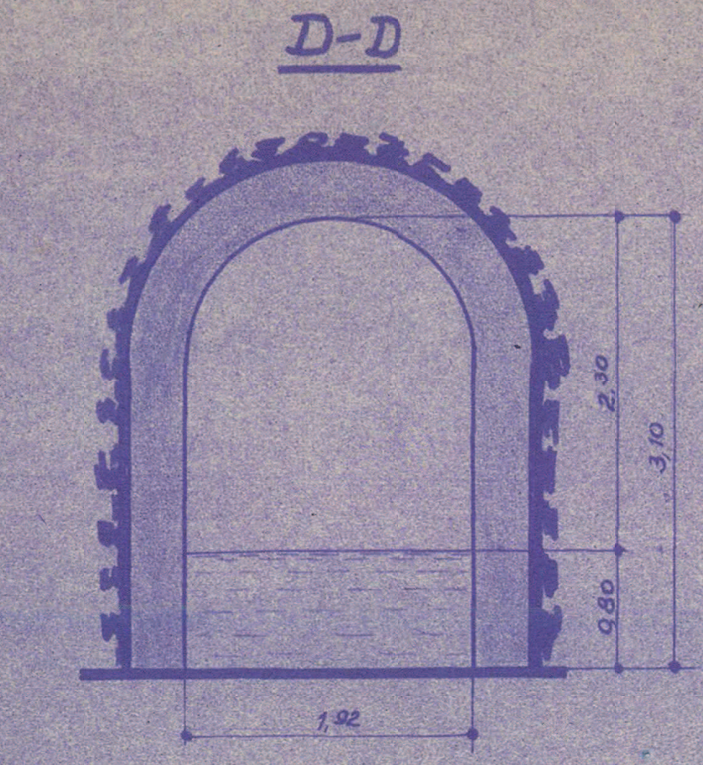
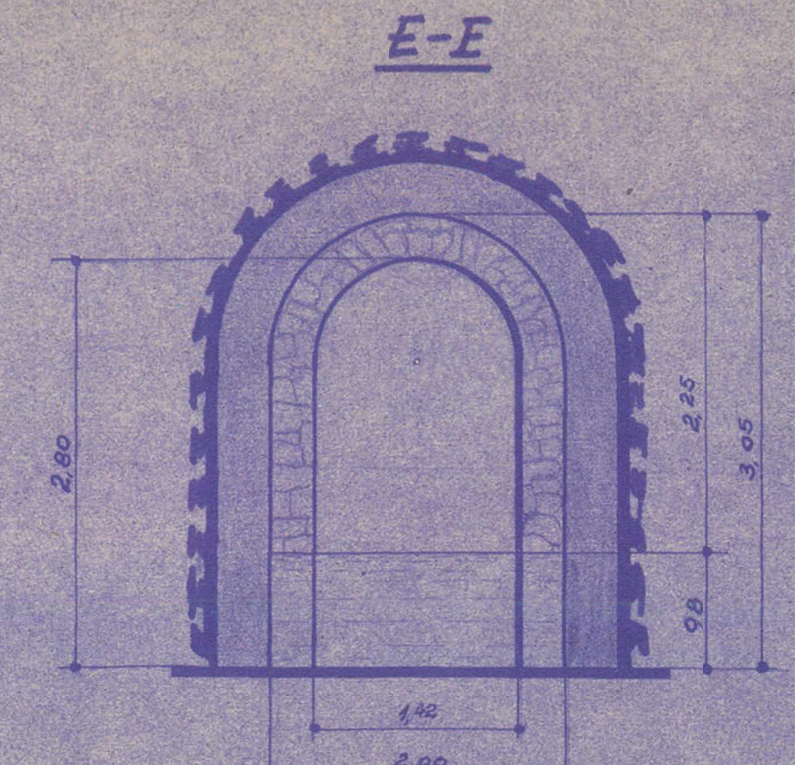
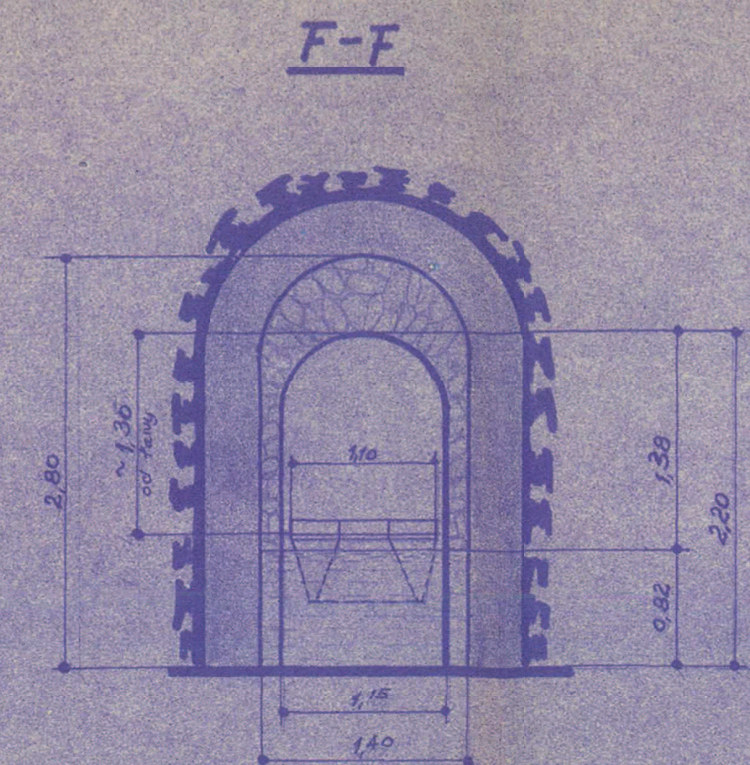
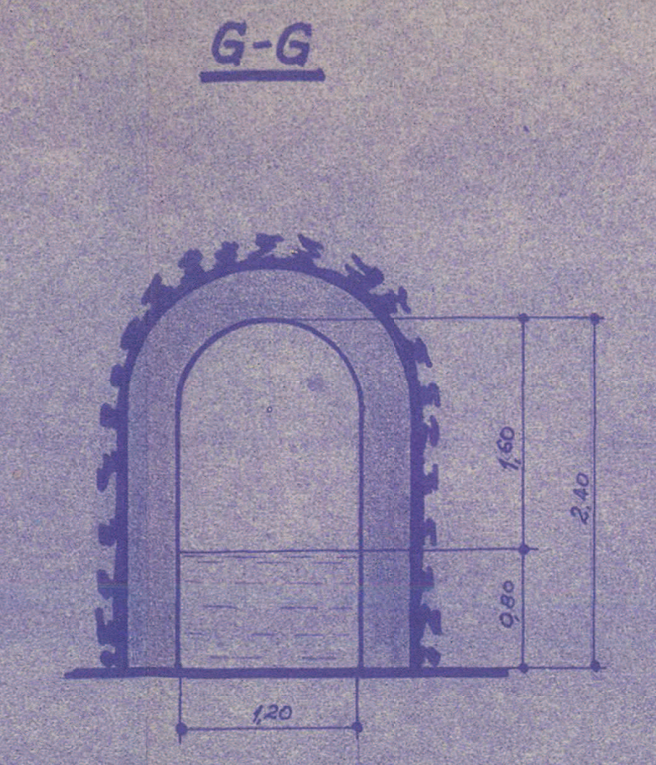
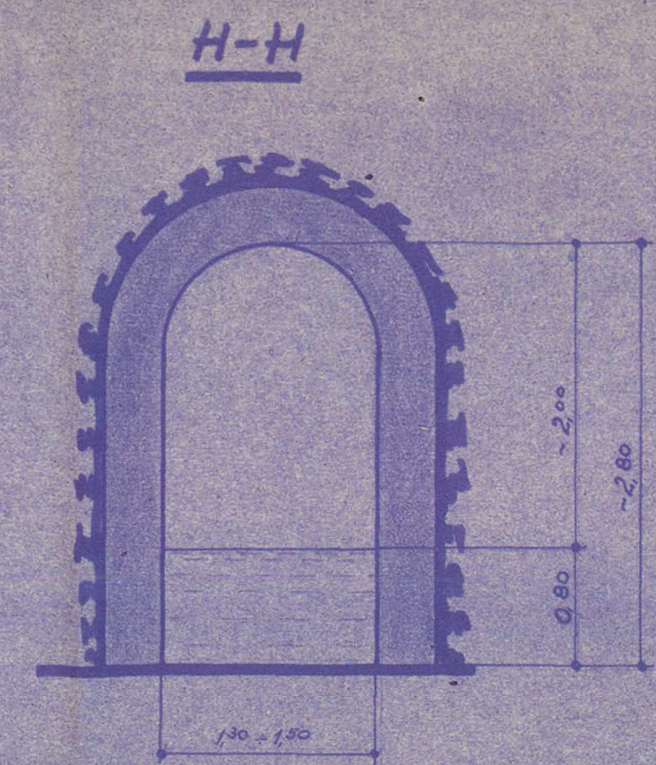
Längen-Maßstab 1:25000.

Böschungs-Maßstab
horizontalen bei 20 Meter Höhen-Abstand.

In Vertrieb bei der Königl. Geologischen Landesanstalt.
Berlin N. 4, Invalidenstraße 44.

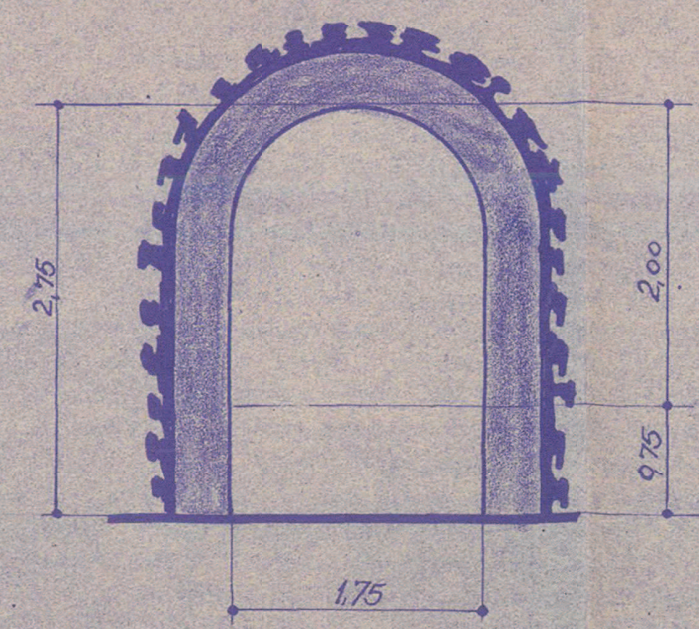
Druck von Glöckner's Erben

Załącznik nr 6



SZTOLNIA „CZARNEGO PSTRYGAŁA”
 odcinek 575-1210 m
 SKALA 1:500
 Nr 33.11

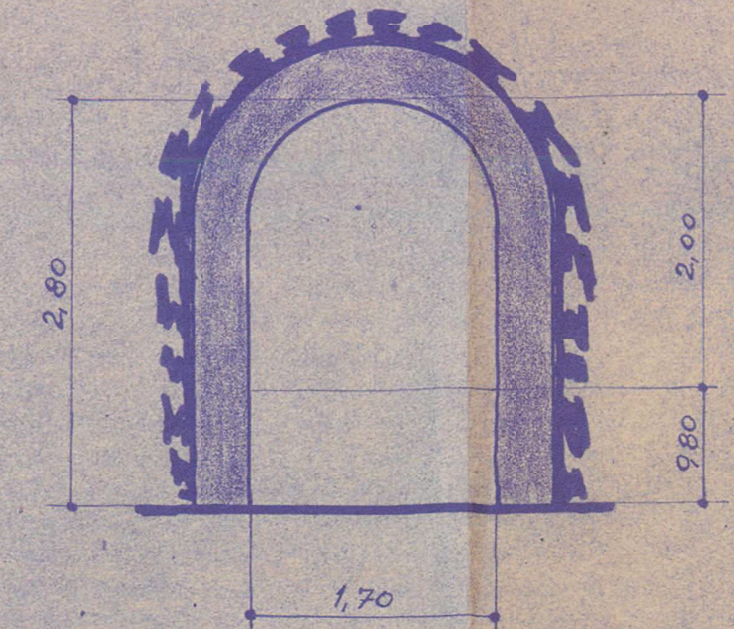
C-C



A-A

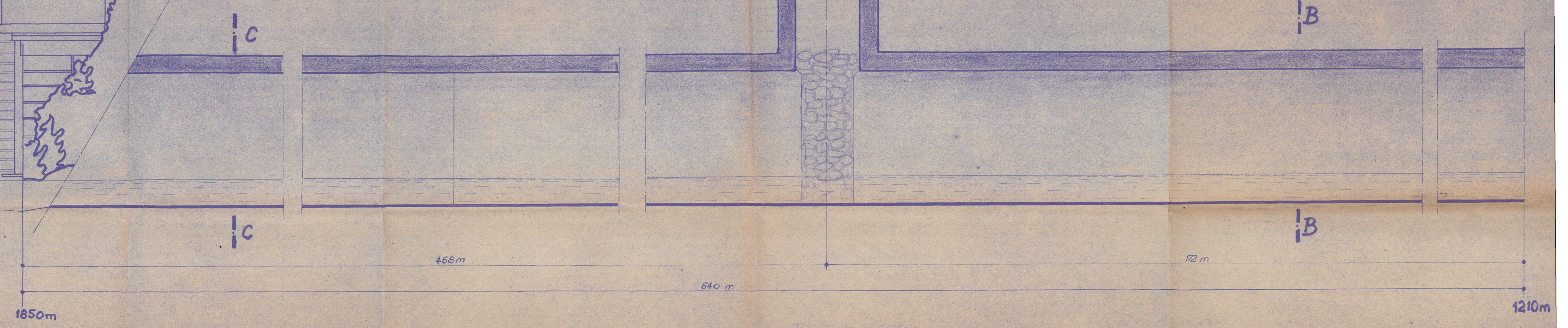
Przekrój podłużny pionowy - widok na północ

B-B

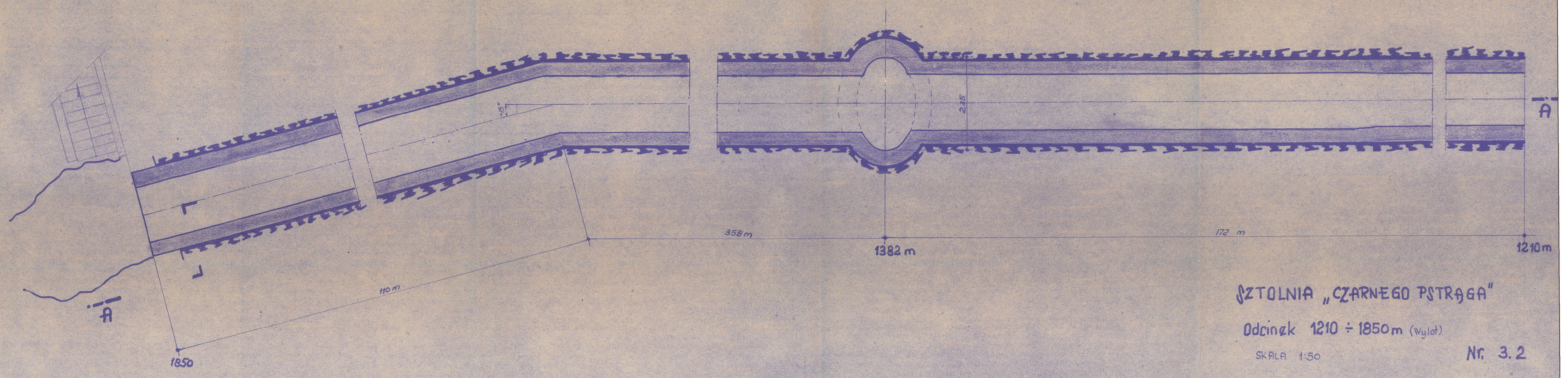


szyb zasklepiony na powierzchni i zasypany (niewidoczny od góry) do powierzchni ~15 m

Wylot sztolni - Brama Gwarków



Przekrój podłużny poziomy



SZTOLNIA "CZARNEGO PSTRĄGA"

Odcinek 1210 ÷ 1850 m (Wylot)

SKALA 1:50

Nr. 3.2

Zał. nr 9

1. v. 58