

Grzegorz KORTAS

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, Kraków

Kształtowanie się zagrożeń i warunki przywrócenia ruchu kolejowego w Wieliczce po wdarciu wód do kopalni w 1992 roku

Streszczenie

Wdarcia wód do kopalni w Wieliczce w 1992 roku i w latach następnych spowodowały znaczne deformacje powierzchni z uszkodzeniem zabudowy i linii kolejowej. W pracy przedstawiono analizę czynników hydrogeologicznych i przejawów zagrożenia w okresie ponad 8 lat, a także syntezę charakteryzującą główne elementy zagrożenia wodnego i zagrożenia terenów górniczych na północnym przedpolu kopalni. Stwierdzono, że warunki sprzyjające deformacjom terenu obecnie zanikają. Jest to skutek naturalnych procesów i rezultat intensywnych prac zabezpieczających. Przy zachowaniu ostrożności możliwe jest przywrócenie ruchu kolejowego do stacji Wieliczka Rynek.

1. Wstęp

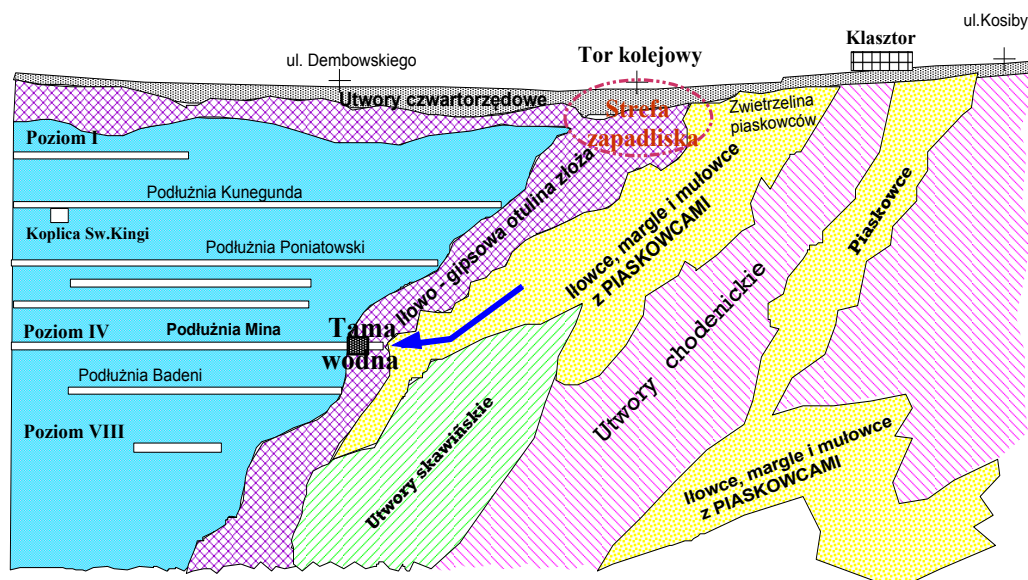
Wdarcia wody na poziomie IV w kopalni wielickiej, od kwietnia 1992 roku, spowodowały naruszenie stabilności górotworu na północnym przedpolu kopalni z utworzeniem się niecki osiadań o charakterze zapadliska. Uszkodzeniu uległy zabudowania i tor kolejowy między stacjami Wieliczka i Wieliczka Rynek. Rejon ten zakwalifikowano do V kategorii terenu górniczego. Zmiana stanu zagrożenia w ostatnich latach otwiera możliwość przywrócenia terenom wartości użytkowej (Kortas 2000). Warunki ponownego uruchomienia ruchu kolejowego wynikają z oceny i prognozy kształtowania się zagrożenia wodnego i jego skutków na powierzchni.

2. Specyficzne warunki hydrogeologiczne w okolicach wdarcia wód

Za północną granicą złoża wielickiego, z upadem 40°–50° w kierunku NS, zalega kompleks ilasto – marglistych warstw chodenickich ze słabo związłymi piaskami. W trakcie orogenezy karpackiej piaskowce zostały spękane, pokruszone i zdyslokowane. Zługowanie siarczanowego spoiwa spowodowało ich degradację mechaniczną. Wychodnie tych utworów przebiegają wzdłuż linii toru kolejowego, a na granicy złoża utwory te przechodzą w skawernowany kras solny i otulinę złoża. Są to okolice poprzeczni Mina na IV poziomie kopalni (rys. 2.1).

Układ porowatych i sztywniejszych utworów w marglach, iłowcach i mułowcach przy obecności infiltrującej wody tworzył dogodne warunki dla powstawania wymyć, sufozji, udrożeń i blokad przepływu. W obszarach o podwyższonej przepuszczalności, szczególnie w strefach nagromadzenia rumoszu skalnego, łatwo spływać mogły wody, zawierające luźne utwory, przy szybkich przepływach w ilościach przekraczających nawet połowę masy wycieku.

Proces sufozji z transportem wymywanych utworów przebiegał od wieków, tworząc przy granicy złoża kurczawki. Wśród znanych z historii kopalni wielickiej naruszeń takich stref, szerzej udokumentowane jest wdarcie wód do podłużni Kloski – Colloredo w XIX wieku (Studium możliwości... 1994). Warunkiem uruchomienia katastrofalnych przepływów było naruszenie izolacji wyrobisk od zawodnionego krasu solnego, wysoki gradient hydrauliczny i małe opory przepływu. Ograniczone zasoby wód na północnym przedpolu kopalni powodowały jednak, że wdarcia wody były krótkotrwałe. Wypełnienie dróg migracji w trakcie osiadań i zapadlisk terenu doprowadzały do samo uszczelnienia się górotworu. Warunki spływu wód do poprzeczni Mina były podobne.



Rys. 2.1 Przekrój S-N przez poprzeczną Mina, na podstawie Brudnik i Szybist (Studium ... 1994)
 Fig. 2.1 The S-N cross-section through Mina crosscut basing on Brudnik & Szybist (Studium 1994)

Wyciek w poprzeczni Mina, zawierający wody z krasu solnego, miał wydatek $1,0 \text{ dm}^3/\text{min}$ w 1935 roku przy nasyceniu NaCl $240 \text{ g}/\text{dm}^3$. W 1957 roku wydatek wzrósł do $1,5 \text{ dm}^3/\text{min}$, a w 1991 do $4,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ ze spadkiem nasycenia NaCl do $40 \text{ g}/\text{dm}^3$. W okresie od kwietnia do listopada 1992 r. wystąpiły gwałtowne wdarcia wód, potem mniejsze, a po 1994 wypływ ustabilizował się.

Skutkiem sufozji i odwodnienia były cykliczne osiadania (Analiza i prognoza... 1992). W trakcie podnoszenia się zwierciadła wód w 1992 r. obserwowano tylko niewielkie wypiętrzenia terenu (Analiza i prognoza... 1992); proces miał charakter trwałej deformacji. Po gwałtownych spływach wód na obrzeżach niecki osiadań pojawiły się spękania i szczeliny, a na północ od niecki – zsuwy zboczowe. O rozmiarach uszkodzeń terenu decydowała intensywność sufozji, zależna wprost od kwadratu spadku hydraulicznego, ciężaru właściwego cieczy i odwrotnie proporcjonalna do oporów przepływu (Ochrona obiektów... 1998).

Warunki sprzyjające katastrofalnym wypływom i deformacjom tworzyły:

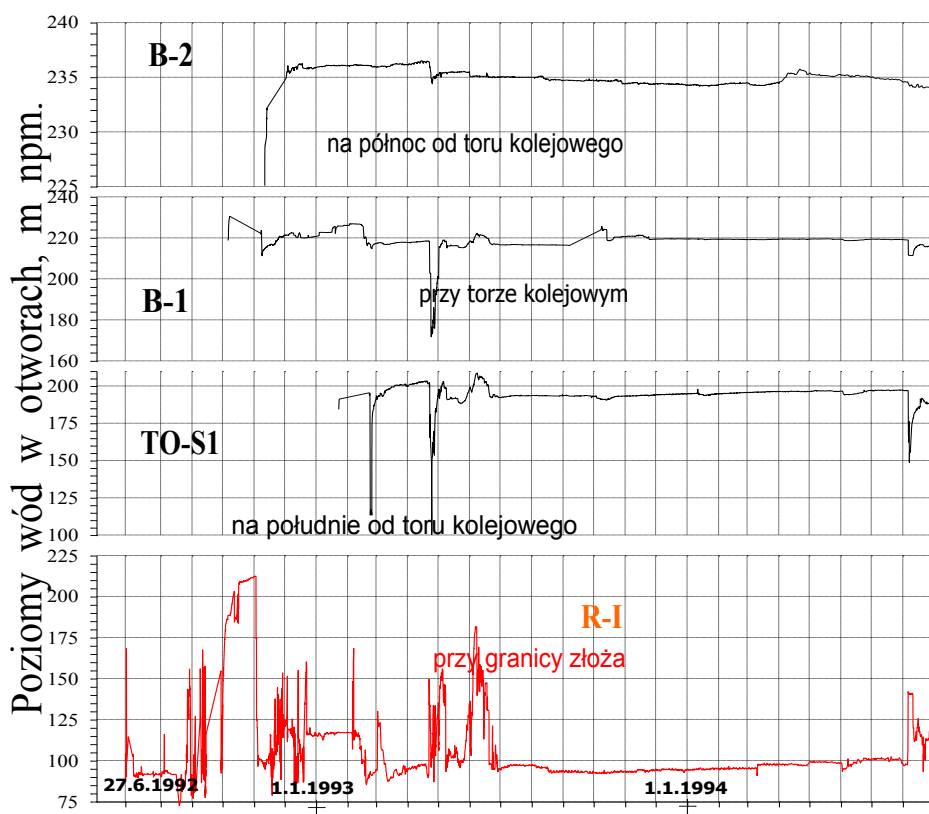
- wzrost ciśnienia wód po naturalnym lub inżynierskim zatamowaniu wycieku,
- mała wytrzymałość skał izolujących wyrobiska od wód,
- możliwość nagłego spadku wyporu hydrostatycznego w utworach podpowierzchniowych,

- małe opory przy dynamicznym przepływie wód.

Wynikały stąd trzy główne kierunki działań inżynierskich Kopalni: uszczelnienie i wzmocnienie górotworu przy poprzeczni Mina, zwiększenie oporów dla potencjalnych dynamicznych przepływów i obniżenie ciśnienia wód w strefie wycieku.

3. Charakterystyka wycieku i zmiany poziomu wód na północnym przedpolu kopalni

Zmiany poziomów wód w otworach obserwacyjnych informują o połączeniach czwarto- i trzeciorzędowych horyzontów wodnych. W czasie gwałtownego splotu stwierdzono jednoczesne spadki poziomu wód w piaskach bogucickich za klasztorem w otworze B7, w strefie wychodni piaskowców i podniesienie poziomu zwierciadła wód w otworach serii R przy granicy złoża (Kortas 1994) (rys. 3.1).

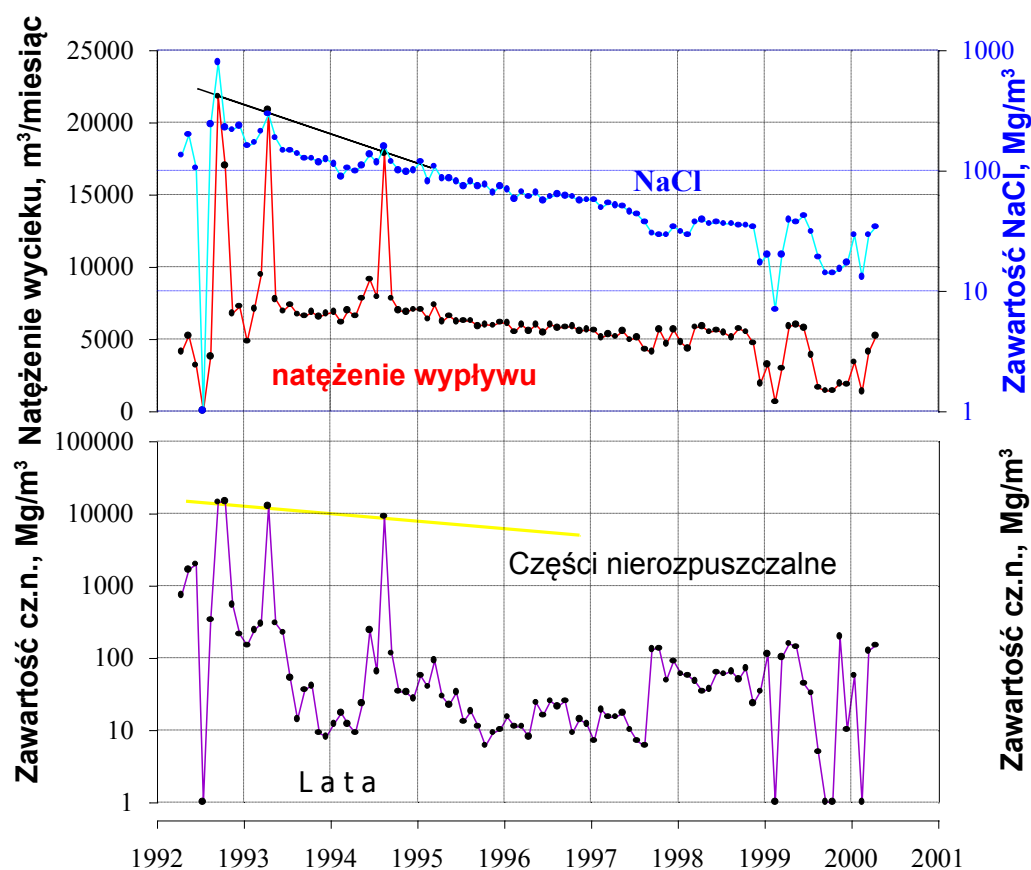


Rys. 3.1 Zmiany poziomu wód w otworach piezometrycznych
Fig. 3.1 Changes of water level in piezometer wells

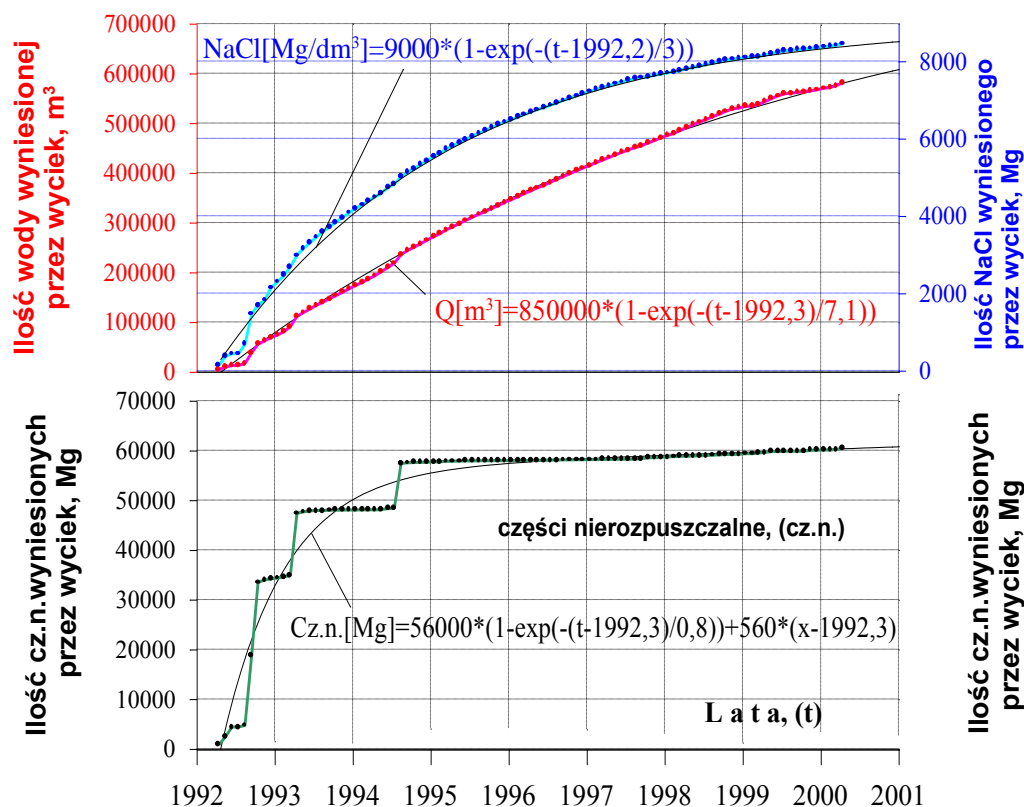
Porywany i unoszony przez wody materiał skalny miał zróżnicowane uziarnienie. Po drodze osadzały się większe okruchy, zmieniając warunki przepływu, a najmniejsze wypływały z wyciekem. Przepływ charakteryzuje natężenie wypływu w wycieku, erozję – zawartość części nierozpuszczalnych, a ługowanie w strefie krasu solnego – zasolenie w wycieku (rys. 3.2) i ich odpowiednie sumy (rys. 3.3).

Mechanizm zjawiska polegał na następującej sekwencji zdarzeń:

- transport w wodach części nierozpuszczalnych w kierunku poprzeczni Mina,
- gromadzenie większych frakcji części nierozpuszczalnych przed miejscem wypływu wód,
- zatamowanie przepływu, wzrost oporu przepływu, spadek natężenia wypływu,
- wzrost poziomu wód, największy w otworach R blisko poprzeczni Mina,
- narastanie gradientu hydraulicznego przy tamie w poprzeczni Mina,
- przekroczenie wytrzymałości skał, udroźnienie przepływu,
- gwałtowne przebiecie wód ze wzmoczoną erozją i spadkiem oporów na drogach przepływu,
- spadek poziomu wód, największy przy granicy złoża, mniejszy na wychodni piaskowców,
- wynoszenie zwiększonej ilości i większych frakcji części nierozpuszczalnych w wycieku,
- szybki wzrost przemieszczeń w górotworze i wzrost osiadań terenu, wzrost oporów przepływu,
- wyczerpywanie się zasobów wód w strefie drenażu,
- spadek prędkości przepływu wód i zawartości części nierozpuszczalnych w wycieku,
- podnoszenie się poziomów wód, spadek prędkości osiadań terenu,
- niewielkie wypiętrzanie terenu w wyniku ponownego nawodnienia utworów i znów:
- transport w wodach części nierozpuszczalnych w kierunku poprzeczni Mina itd.



Rys. 3.2 Natężenie wycieku, zawartość części nierozpuszczalnych i NaCl w okresie 1992 – 2001
 Fig. 3.2 Flow rate of leaking, contents of insoluble fractions and of the NaCl in the years 1992 – 2001

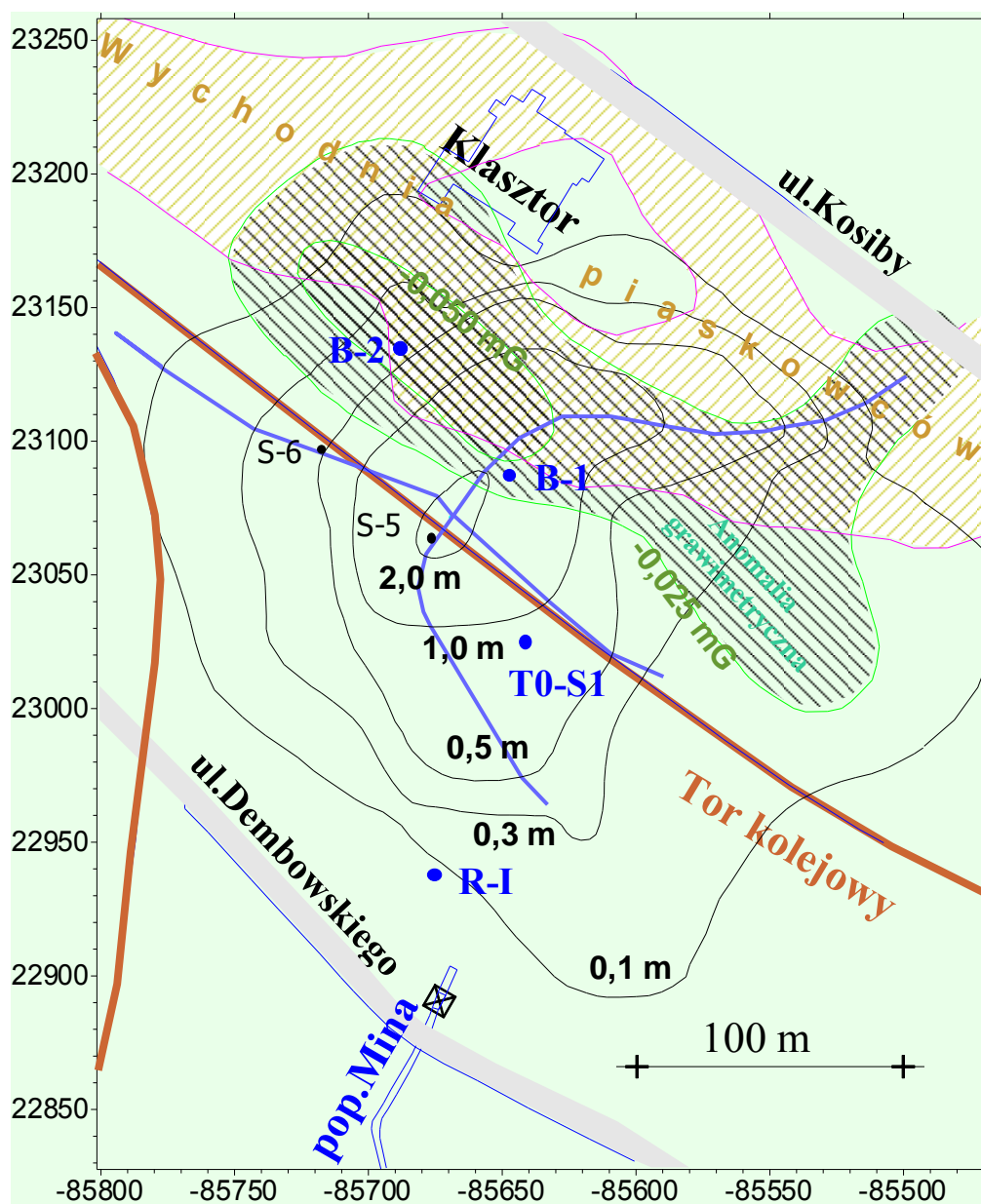


Rys. 3.3 Ilość wyniesionej w wycieku wody, części nierozpuszczalnych i NaCl w okresie 1992 – 2001
 Fig. 3.3 Total amount of leaking liquid, insoluble fractures and the NaCl in the years 1992 – 2001

Okres dynamicznych wypływów obejmował cztery fazy: w kwietniu 1992 roku, od września do listopada 1992 roku, w maju 1993 roku i w sierpniu 1994 roku. Potem wyciek ustabilizował się (rys. 3.3).

4. Skutki wdarcia wód w rejonie toru kolejowego

Wdarcie wód z luźnym materiałem skalnym było przyczyną wykształcania się na obszarze około 7 ha niecki osiadań nazywanej niecką sufozyjną. Osiedzenia wywołane zaciskaniem się wyrobisk kopalnianych nie wpływają praktycznie na stan terenu w tym rejonie. Niecka sufozyjna ma kształt nieregularny z wydłużeniem w kierunku północno-wschodnim (rys. 4.1), na południu graniczy z niecką osiadań tworzących się na wyrobiskami kopalni. W okresie 1992 – 2000 centrum niecki wykształciło się na torach kolejowych, osiągając największą wartość 2,36 m (S-5); w ogrodzie przyklasztornym osiedlenia były także znaczne, 1,81 m (S-17) i 0,97 m (S-28) (Badania deformacji... 1999). Na dnie niecki w strefie ściskań pojawiła się krzywizna 0,57 km⁻¹; zmiany nachylenia zbocza klasztornego o 3,1% (Badania deformacji... 1999), były jedną z przyczyn uruchomienia ruchów osuwiskowych.

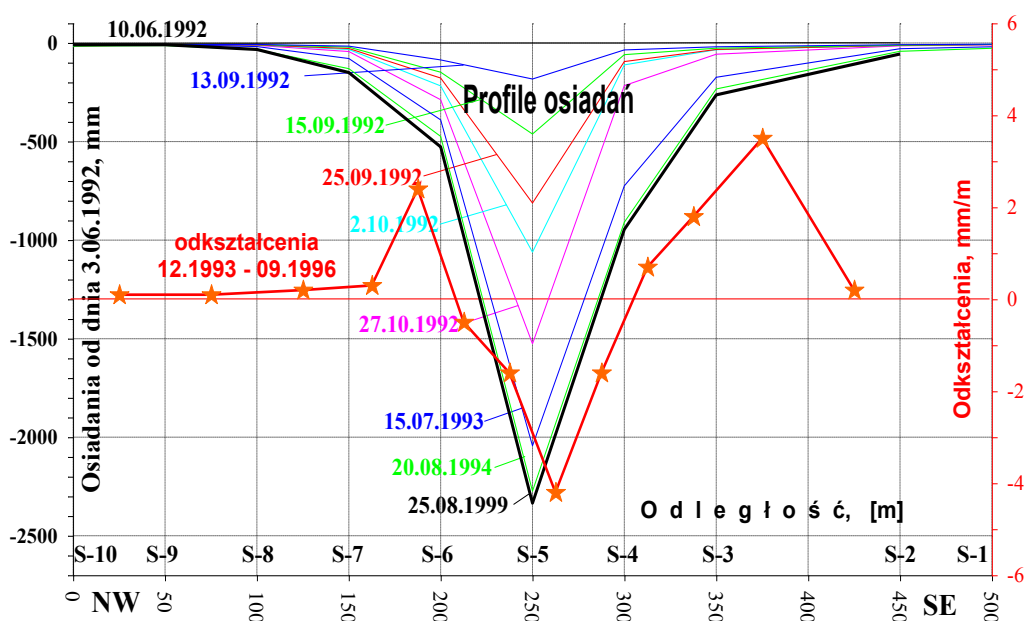


Rys. 4.1 Północne przedpole kopani z niecką sufozyjną
 Fig. 4.1 Northern foreland of mine, and the suffosic sinkhole

Profil osiadań i deformacji wzdłuż linii toru kolejowego pokazuje rys. 4.2. W okresie od grudnia 1993 do września 1996, obejmującego ostatnie szybkie osiadania w sierpniu 1994 roku, największy przyrost odkształceń ściskających osiągnął już tylko $-4,7\%$, a rozciągających $+3,5\%$, co odpowiada wskaźnikom III kategorii terenu górniczego.

W okresie 1996 – 1999 przyrosty odkształceń rozciągających osiągnęły wartości +0,8%. W czerwcu 2000 stwierdzono, że nadal występują osiadania powierzchni z prędkością 12 mm/rok (S-45) (Szewczyk 2000), a przyrost deformacji o -0,67% na rok (S-242 – S-45), odpowiada wskaźnikom I kategorii terenu górniczego.

Zmiany fizycznych własności górotworu na północnym przedpolu kopalni obserwowane były od 1992 roku metodą elektrooporową, mikrograwimetryczną i radarową. Ze względu na zakres i szczegółowość obserwacji, podstawowe znaczenie dla rozpoznania głębszego wnętrza górotworu mają wyniki badań grawimetrycznych (Badania grawimetryczne... 2000). Ilościowa analiza wykazała ubytek masy między 4 a 10 serią pomiarową. Powstała anomalia odpowiada orientacyjnie zmianie gęstości o około 0,006 g/cm³ obszaru o powierzchni 0,3*0,3 km² i miąższości $m=60$ m na głębokości około 100 m (Madej 2000), ale także o 0,16 g/cm³ dla $m=2,25$ m na innych głębokościach. Anomalia sytuuje się nad wychodnią piaskowców (rys. 4.1), na północnym obrzeżu niecki osiadań, częściowo w strefie nie ciągłych odkształceń rozciągających przedstawionych w pracy (Analiza i prognoza... 1992).



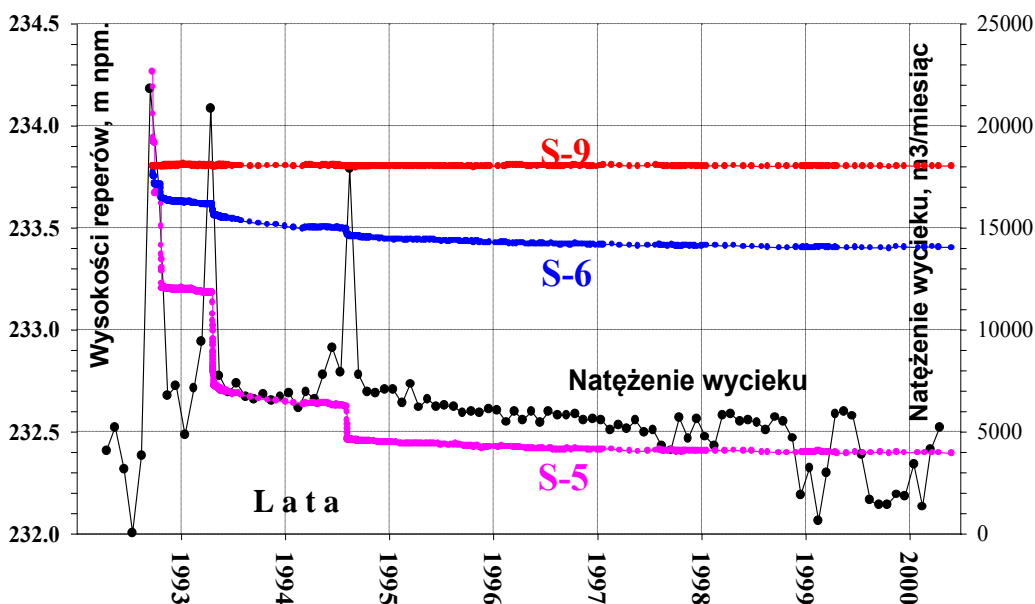
Rys. 4.2 Profile osiadań i odkształceń wzdłuż toru kolejowego
Fig. 4.2 Subsidence and deformation profile along the railway line

Na podstawie sufozyjnej niecki osiadań metodą rewersji osiadań oszacowano rozkład obniżen na głębokości 35 m (Kortas 1995, Jagiełło 1995), uzyskując lokalizację strefy spływu mas na kierunku NS. Średnica strefy obwałów miała pod torami około 60 m.

W czerwcu 2000 roku przeprowadzono georadarem pomiary stanu przypowierzchniowych warstw górotworu w strefie toru kolejowego (Ocena... 2000). Prace te wykazały, że rozluźnienia przypowierzchniowych stref występują w obrębie zasięgu leja zapadliskowego. W kilkudziesięciometrowym rejonie centrum niecki osiadań w obrębie izoliny 2,0 m, (rys. 4.1), występuje nadal zagrożenie deformacjami, utrudniając dalsze wykorzystanie tego terenu.

5. Warunki inicjacji osiadań terenu w związku z gwałtownymi wypływami wód

Moment inicjacji osiadań i objętość niecki wiążą się ściśle z ilością materiału skalnego wynoszonego przez wyciek (Analiza i prognoza... 1992). Powierzchnia terenu w ciągu kilku godzin reagowała na znaczne wyniesienie z wyciekami części stałych, co wskazuje że ruch inicjowany był na małych głębokościach. W obrębie niecki (S-6), (S-5) przyrosty osiadań występowały w okresach gwałtownych wypływów w 1992, 1993 i 1994 roku. Objętość niecki osiadań była mniejsza niż objętość części nierozpuszczalnych wyniesionych przez wyciek (Jagiello 1995), w 1992 r. o 9 tys. m³, a w 1994 roku o 5 tys. m³. W okresach między gwałtownymi wypływami z wynoszeniem luźnych skał, VI.1992 – IX.1992, XI.1992 – V.1993 oraz V.1993 – VII. 1994 praktycznie nie występowały osiadania. Ubytek mas w górotworze powodował ruchy powierzchni (rys. 5.1). Bezpośrednią przyczyną inicjacji intensywnych osiadań były gwałtowne zmiany równowagi naprężeń w górotworze po spadku wyporu hydraulicznego w pustkach - poprzednio wypełnionych wodą.



Rys. 5.1 Osiedzenia powierzchni w obrębie niecki sufozyjnej
Fig. 5.1 Ground surface subsidence inside the suffosic sinkhole

Autorzy pracy (Opinia... 1997) stwierdzili, że ze względu na ryzyko wynikające z nagłych deformacji podłoża należy wykluczyć techniczną możliwość przywrócenia ruchu kolejowego. Nie pozwalały na to jeszcze wyniki prac dla wzmocnienia górotworu w strefie infiltracji wód. Według autorów pracy (Opinia... 1999) obniżenia powstające po lutym 1999 roku, nie mają jednakże już charakteru sufozyjnego lecz są samoistnym zagęszczaniem się górotworu w ramach powstałego nowego układu równowagi, dlatego nie ma podstaw do przewidywania, że nastąpi ponowne wdarcie wody. Za symptomy procesu zaniku zagrożenia powierzchni należy uznać:

- zmniejszanie się wydatku części nierozpuszczalnych w wycieku,

- zmniejszanie się różnicy między objętością wyniesionych części nierozpuszczalnych, a objętością niecki, czyli zmniejszanie się objętości pustek zagrażających powierzchni,
- utrzymywanie się niewielkich osiadań jako konsekwencji zaciskania pustek, rozluźnień i dróg migracji w górotworze,
- poszerzanie się niecki osiadań i przesuwanie centrum w kierunku południowym w wyniku zaciskania pustek na głębokościach bliskich głębokości wycieku,
- zmniejszanie się prędkości odształceń na powierzchni,
- powolny i równomierny spadek wydatku wycieku.

Wyniki badań przeprowadzonych w ostatnim roku ujawniają szereg symptomów tego procesu.

6. Prace inżynierskie dla opanowania zagrożenia wodnego i degradacji terenów górniczych

Roboty górnicze dla zwalczania zagrożenia wodnego i zabezpieczenia powierzchni prowadzone przez Kopalnię od 1992 roku, skierowane były na zwiększenie szczelności i wytrzymałości górotworu poprzez eliminacje:

- erozji i ługowania soli przy granicy złoża przez ujęcie wycieku znacznie poza granicami wyrobisk z regulacją natężenia wypływu w tamie wodnej,
- dróg migracji wód, szczelin i spękań otuliny ilowo-gipsowej i warstw chodenickich metodami iniekcji,
- połączeń horyzontów wodnych przez likwidację otworów wiertniczych,
- wyrobisk chodnikowych i pustek wokół poprzeczni Mina i przy północnej granicy złoża dla likwidacji potencjalnych dróg przepływu wód,
- szkodliwego ruchu górotworu przez wypełnienie niżej leżących wyrobisk.

Celem realizowanych od 1992 r. zarządzeń Władz górniczych i Kierownictwa ruchu Kopalni, programów, i projektów było zmniejszenie zagrożenia wodnego kopalni oraz zabezpieczenie powierzchni terenu na przedpolu poprzeczni Mina. Omówienie tych prac jest przedmiotem odrębnego referatu.

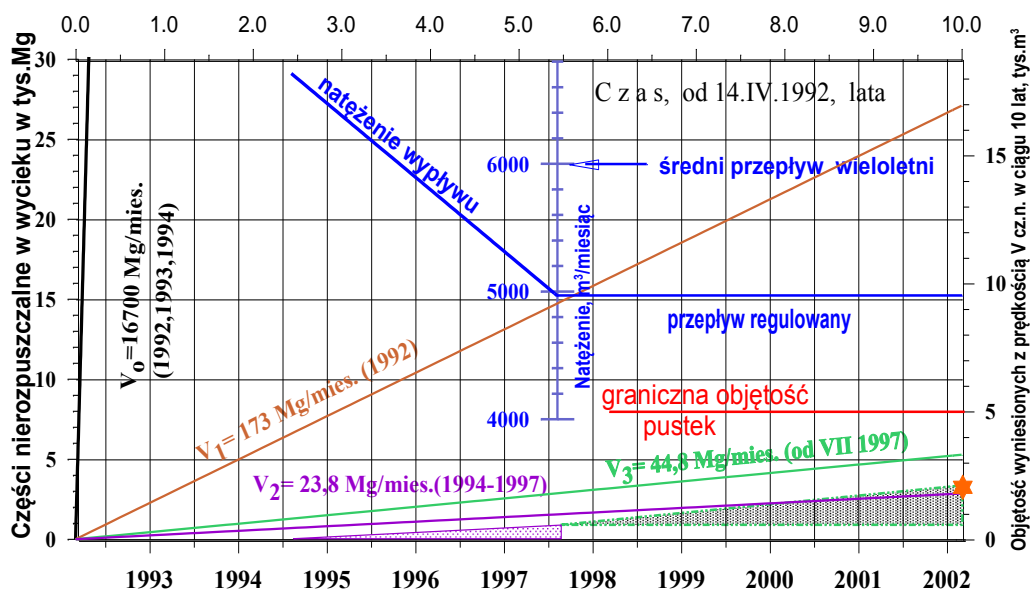
W wyniku tych prac podszadono wyrobiska między poz. IV, a poz. VIII o objętości 162 tys. m³. Zatłoczono ogółem do górotworu ok. 2,5 tys. m³ zaczynów uszczelniających, stosując nowe technologie i receptury. Geofizyczna ocena (Studium możliwości... 1994) skuteczności prac iniekcyjnych i pozytywne próby spiętrzania wody za tamą wykazały przydatność zastosowanej technologii uszczelniania w warunkach górotworu wielickiego.

Wynikiem inżynierskich prac zabezpieczających jest praktyczne opanowanie bezpośredniego zagrożenia zabytkowej kopalni i powierzchni terenu poprzez:

- wykluczenie niekontrolowanego przepływu wód przy tamie w poprzeczni Mina i zlikwidowanie miejsc potencjalnych migracji wód,
- ujęcie wycieku w odległości kilkudziesięciu metrów od tamy, w górotworze znacznie mniej podatnym na ługowanie,
- uszczelnienie najbliższego otoczenia wycieku w strefie wypływu,
- uzyskanie warunków do stabilizacji ruchów górotworu przez podszadzenie wyrobisk,
- wpływ na zmniejszenie, a praktycznie wygaszenie ruchów powierzchni.

Zachowanie wycieku w skali wieloletniej stanowi odniesienie dla obecnych i prognozowanych wskaźników wycieku (rys. 6.1). Maleje wydatek wycieku przy znacznym spadku ilości wynoszonych części nierozpuszczalnych w stosunku do średniej wieloletniej. Zawartość NaCl zmniejsza się, dążąc do wartości 9 tys. Mg (rys. 3.3), co odpowiadałoby potencjalnej możliwo-

ści wylugowania objętości około 20 tys. m³. Podczas gwałtownych wypływów w 1992 roku wyciek wynosił 16700 Mg/miesiąc części nierozpuszczalnych, a w okresie ustabilizowanego wypływu 174 Mg/miesiąc. Od lipca 1997 prędkość ta zmalała do 23,8 Mg/miesiąc, ale po usunięciu awarii układu pompowania wzrosła do 44,8 Mg/miesiąc. Od tego też czasu natężenie wypływu utrzymywane jest na stałym poziomie przez regulację zaworów ujęcia wycieku.



Rys. 6.1 Tendencje przyrostu objętości wynoszonych części nierozpuszczalnych w wycieku
Fig. 6.1 The tendencies in volume increase of insoluble fractures in the leaking

Przewiduje się, że nadal wynoszone z wyciekiem będzie luźny materiał skalny, przy malejącym zasoleniu wód i zanikającym osiadaniu w górotworze i na powierzchni. Jeżeli objętość lokalnej niecki osiadań przekroczy objętość wyniesionych przez wyciek części nierozpuszczalnych, to powstaną naturalne warunki do zaniku wycieku.

Długoletnie prace inżynierskie zmieniły warunki stanu zagrożenia przy poprzeczni Mina. Stosunki średnich wskaźników w 2000 roku do średnich wieloletnich to dla:

- wydatku (dm³/min) – 108/136, to jest **79%**,
- zawartości części nierozpuszczalnych (g/dm³) – 17.2/97.8, to jest **18%**,
- zawartości NaCl (g/dm³) – 6,5/14,0, to jest **46%**,

a łączna ilość wg. stanu na styczeń 2001 r.: wycieku – 624,0 tys. m³, części nierozpuszczalnych – 61,01 tys. Mg i NaCl – 8,72 tys. m³.

7. Warunki wznowienia ruchu kolejowego do stacji Wieliczka Rynek

Zagrożenie kopalni i terenów po sierpniu 1994 roku uległo zasadniczemu zmniejszeniu w wyniku naturalnych procesów oraz prac inżynierskich. Obecnie dostępne technologie i środki finansowe nie pozwalają jeszcze na całkowitą jego likwidację, dlatego przywrócenie terenom wartości użytkowych musi być podjęte w warunkach dalszego, chociaż znacznie mniejszego zagrożenia.

Doświadczenie wskazuje, że nie ma obecnie inżynierskich możliwości bezpiecznego zamknięcia dopływu do kopalni i nie można w pełni wykluczyć w przyszłości wzrostu wypływu. Na taką sytuację powinna być przygotowana Kopalnia i w takich tylko warunkach może zostać przywrócony teren górniczy do ponownego użytkowania. Określając warunki wznowienia ruchu kolejowego rozpatrzeć można następujące przypadki:

(S) – spadek lub utrzymanie się natężenia wypływu i wynoszenia części stałych;

(P) – przyrost natężenia wypływu z krótkim, ale znacznym wyniesieniem części stałych,

(N) – niestabilność układu wyciek – powierzchnia podobna do zjawisk w 1992 i 1993 roku.

W przypadku S:

- największe prędkości osiadań nadal występować będą w obrębie niecki sufozyjnej, ale ich wartość nie powinna przekraczać 10 mm/rok z tendencją powrotu do osiadań przed 1992 rokiem i z przesuwaniem się centrum w kierunku południowym,
- okresowo wystąpić mogą krótkotrwałe i niewielkie wzrosty prędkości osiadania,
- przyrosty deformacji powierzchni mieścić się będą w zakresie wskaźników I kategorii terenu górniczego.

W przypadku P:

- w ciągu kilku godzin przed intensywnym wypływem podnieść się może do kilkudziesięciu metrów poziom zwierciadła wód w utworach przy granicy złoża,
- objętość niecki osiadań osiągnąć może od 7 do 11 tys. m³, a masa wyniesionego materiału skalnego – od 6 do 9 tys. Mg,
- w ciągu kilku dni wystąpią osiadania o podobnym rozkładzie do dotychczas obserwowanego, ale osiadania nie powinny przekroczyć 0,2 m, deformacje – II kategorii terenu górniczego, a tylko lokalnie – III kategorii terenu górniczego.

W przypadku N:

- pojawić się mogą nowe wycieki w rejonie poprzeczni Mina,
- deformacje terenu może poprzedzić spadek wydatku wycieku i podnoszenie się poziomu wód w utworach przy granicy złoża,
- deformacje powierzchni mogą być porównywalne z odkształceniami w 1993 rokiem.

Prawdopodobieństwo wystąpienia każdego z wariantów zależy w znacznej mierze od skuteczności prac zabezpieczających. Nadal niekorzystny jest drenaż górotworu i wynoszenie przez wyciek części stałych. Uszczelnienie górotworu przez iniekcję spowodowało jednak zbudowanie zasłony przeciw filtracyjnej, przed którą osadzają się większe frakcje, wzmacniając i uszczelniając naruszony górotwór. Warunki wypływu w rejonie poprzeczni Mina są teraz podobne do tych, jakie wytworzyły się w górotworze przy komorze Fornalska.

Rozeznanie stanu górotworu oparte na systematycznej kontroli kształtowania się poziomu wód, obserwacji przemieszczeń na powierzchni terenu i w górotworze, uszczelnienie górotworu, likwidacja i wypełnienie wyrobisk przy granicy złoża, odsunięcie ujęcia wód od granicy złoża, wskazują, że wariant N jest tylko teoretycznie możliwy. Pojawienie się przypadku N poprzedzone byłoby symptomami wskazującymi na zmianę wykształconych obecnie warunków hydrogeologicznych. Rozpoznanie zjawisk wskazuje, że przypadek S jest najbardziej prawdopodobny, mało prawdopodobne jest wystąpienie P, a N jest praktycznie nieprawdopodobny.

W okresie trzech lat, jaki upłynął po sformułowaniu opinii (Opinia... 1997) zmieniły się okoliczności, które uniemożliwiały w 1997 roku przywrócenie ruchu kolejowego do stacji Wieliczka Rynek. Uruchomienie ruchu kolejowego obarczone będzie pewnym ryzykiem i warunkami, dlatego przewóz pasażerów powinien zależeć od faktycznego zapotrzebowania na taki transport. Uwarunkowania te obejmują:

A – uzupełniające prace górnicze:

1. Ujęcie wycieku dwoma otworami po przedłużeniu otworów drenażowych w kierunku północnym o kilkadziesiąt metrów.
2. Utrzymywanie możliwie stałego wypływu bez odbudowywania ciśnienia za tamą wodną.
3. Likwidacja otworów serii R w pobliżu granicy złoża..

B – kontrolę stanu górotworu i powierzchni terenu:

1. Sposób kontroli górotworu i powierzchni obejmować powinien stosowane zasady obserwacji, obejmujące obserwacje wycieku i przemieszczeń powierzchni, z pomiarem osiadań wzdłuż toru kolejowego. Powinien być zweryfikowany w końcowej dokumentacji wdarcia wód do poprzeczni Mina.
2. W rejonie torów na dwóch głębokościach zaleca się umieścić czujniki drgań o szerokim zakresie częstotliwości, co pozwoliłoby na wcześniejsze ostrzeżenie o zmianach w górotworze.
3. Zaleca się założyć czujniki dla rejestracji przemieszczeń w górotworze.

C – warunki budowlane w obrębie niecki sufozyjnej:

1. Projekt linii kolejowej powinien uwzględniać powstanie deformacji o wskaźnikach odpowiadających III kategorii terenu górniczego.
2. Zaleca się wprowadzenie możliwie lekkiego taboru kolejowego.
3. Pod torami powinny zostać założone materiały tłumiące drgania wywołane ruchem pociągów.
4. Wyeliminować szczelinowe łączenia torów dla zmniejszenia nacisków dynamicznych.
5. Prędkość ruchu pociągów powinna być tak ograniczona, aby umożliwiać także wizualną kontrolę przejazdu w obrębie niecki sufozyjnej.

D – procedury bezpieczeństwa:

1. W stanie **S** ruch pociągów prowadzony może być tylko z ograniczeniem prędkości przejazdu.
2. W stanie **P** ruch pociągów powinien zostać wstrzymany okresowo do czasu ustąpienia objawów szybkich deformacji.

Literatura

- [1] Analiza i prognoza zagrożenia powierzchni w rejonie poprzeczni Mina, GeoInfoTest, listopad 1992 r.
- [2] Badania deformacji powierzchni w związku z wyciekami „Mina”, Zakład Geodezji Górniczej AGH, październik 1999 r.
- [3] Badania grawimetryczne na północnym przedpolu Kopalni Soli „Wieliczka” w rejonie poprzeczni Mina..., AGH, styczeń 2000 r.
- [4] Gonet A., Brudnik K., Stryczek S. 1997: Zabezpieczenie Kopalni Soli Wieliczka przed zagrożeniem wodnym w otoczeniu poprzeczni Mina, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska, nr 12(40) 1997 r.
- [5] Jagiełło W. 1995: Zastosowanie metody rewersji niecki osiadań do analizy wpływu wycieku w poprzeczni Mina Kopalni Soli Wieliczka na powierzchnię, III Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Powierzchni, Ustroń-Zawodzie 1995 r.
- [6] Kortas G. 1995: Metoda rewersji niecki przemieszczeń pionowych, III Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Powierzchni, Ustroń-Zawodzie 1995 r.
- [7] Kortas G. 2000: Opinia o możliwości przywrócenia ruchu kolejowego do stacji Wieliczka Rynek, GeoConsulting, czerwiec 2000 r.
- [8] Kortas G. 1994: Ruch górotworu wywołany wdarciami wód do kopalni "Wieliczka", Materiały Międzynarodowego Symposium "Neogeńskie ewaporaty środkowej Paratetydy, facje, surowce mineralne, ekologia", Lwów, 1994, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

- [9] Kortas G., Sękiewicz J. 1994: Syntetyczny obraz zagrożenia wodnego Kopalni Soli Wieliczka w powiązaniu z ruchami górotworu, Materiały z III Spotkania Polskiego Stowarzyszenia Górnictwa Solnego "Likwidacja zagrożenia wodnego dla zabezpieczenia Kopalni Soli Wieliczka", Wieliczka, 1995, WiR Partner.
- [10] Madej J. 2000: Informacja ustna, czerwiec 2000 r.
- [11] Ocena geotechniczna struktury podłoża szlaku PKP na odcinku pomiędzy stacjami Wieliczka – Wieliczka Rynek w aspekcie istnienia pustek i rozluźnień na podstawie badań georadarowych, GIG czerwiec 2000 r.
- [12] Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, praca zbiorowa, wyd. Głównego Instytutu Górnictwa, 1998 r.
- [13] Opinia dotycząca uruchomienia ruchu kolejowego na odcinku od stacji Wieliczka do stacji Wieliczka Rynek, Instytut Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, 1997 r.
- [14] Opinia w sprawie zabezpieczenia budynku mieszkalnego położonego w Wieliczce przy ul. Br. Alojzego Kosiby 25, Zespół Rzeczoznawców Budowlanych w Gliwicach, 1999 r.
- [15] Studium możliwości likwidacji zagrożenia wodnego dla Zabytkowej Kopalni Soli Wieliczka za pomocą bariery drenażowej lub ekranu izolującego, projekt zamawiany KBN, AGH, GIG, PŚ, Geonsulting, Chemkop, 1994 r.
- [16] Szewczyk J. 2000: Badania deformacji powierzchni w związku z wyciekami „Mina”, Zakład Geologii Górniczej AGH, lipiec 2000 r.

Hazards caused by water inflow into Wieliczka salt mine in 1992 and conditions of the railway traffic restore

Water inflow into Wieliczka mine in 1992, and following years caused large ground surface deformations and damages in buildings and railway line. In the paper the analysis of hydrogeological parameters and water hazard phenomena occurred in more than eight years long period was summed up as well as the main hazards in northern foreland of the mine were presented. It was noticed that the circumstances making convenience for further ground surface deformations has already almost disappeared due to natural processes and intensive engineering protecting works. As a result, it turned out to be possible to restore the railway traffic to the Wieliczka Rynek station.

Przekazano: 15 marca 2001