

Edward CEMPIEL, Marian GOROL  
Politechnika Śląska, Gliwice

## WPŁYW ODWADNIANIA ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI RUD MIEDZI „LUBICHÓW” NA DEFORMACJE POWIERZCHNI TERENU

**Streszczenie.** Przedstawiono wpływ odwadniania zlikwidowanej kopalni rud miedzi na warunki krążenia wód podziemnych i występowanie deformacji nieciągłych w granicach leja depresji. Określono uwarunkowania hydrogeologiczne i hydrauliczne oraz mechanizm zjawisk prowadzących do odkształceń terenu w rejonie kopalni.

## INFLUENCE OF THE LIQUIDATION „LUBICHÓW” COPPER ORE MINE ON DEFORMATIONS OF THE TERRAIN SURFACE

**Summary.** The influence of underground mining activity on the surface and underground water circulation conditions and uncontinuous deformations in depression cone were presented in this paper. Hydrogeological and hydraulic conditions and mechanism of phenomenon causing changes of topography in the area of „Lubichów” mine were determined.

### 1. Wstęp

W 2001 roku stwierdzono w rejonie zlikwidowanej kopalni rud miedzi „Lubichów” występowanie lokalnych odkształceń terenu oraz uszkodzenie budynku na posesji w Lubkowie 59 [1]. Kopalnia ta nie prowadzi eksploatacji już od przeszło 30 lat, lecz nadal jest utrzymywane odwadnianie wyrobisk górniczych z uwagi na zabezpieczenie przed zagrożeniem wodnym czynnej kopalni gipsu i anhydrytu „Nowy Łąd”. Stwierdzone deformacje terenu i szkody w budynku wystąpiły poza zasięgiem wpływów głównych eksploatacji górniczej.

Dla wyjaśnienia, czy istnieje związek przyczynowy między stwierdzonymi odkształceniami terenu a prowadzonym odwadnianiem wyrobisk górniczych, przeanalizowano uwarunkowania hydrogeologiczne i hydrauliczne oraz mechanizm zjawisk prowadzących do odkształceń górotworu w zasięgu wpływu drenażu górniczego. Przedstawiono wpływ odwadniania zlikwidowanej kopalni rud miedzi na warunki krążenia wód podziemnych i oceniono możliwość wystąpienia deformacji nieciągłych w granicach leja depresji.

## **2. Wpływ drenażu górniczego na odkształcenia powierzchni terenu**

W rejonach kopalń podziemnych tworzenie się leja depresji w poziomach wodonośnych utworów nadkładu i zjawiska towarzyszące wystąpieniu leja depresji mają miejsce głównie tam, gdzie przypowierzchniowe poziomy wodonośne posiadają kontakt hydrauliczny z wyrobiskami górniczymi [2,3,4]. W takich rejonach, gdzie pomiędzy nadległymi poziomami wodonośnymi a wyrobiskami górniczymi nie występują kompleksy skał nieprzepuszczalnych, dochodzi w zasięgu leja depresji do obniżenia zwierciadła wody, co prowadzi do zmian warunków hydrodynamicznych, w tym kierunków przepływu wody i ciśnień hydrostatycznych w górotworze.

Zjawiskami towarzyszącymi utworzeniu leja depresji są deformacje warstw skalnych wywołane zmianą stanu naprężeń w górotworze, które ujawniają się na powierzchni jako osiadania terenu wywołane odwadnianiem. Odwadnianie przez kopalnię zawadnionego górotworu zbudowanego ze skał ściśliwych prowadzi w granicach leja depresji do odkształceń warstw skalnych, co wywołuje zmiany na powierzchni terenu w formie deformacji ciągłych i nieciągłych. Tworzące się deformacje, szczególnie nieciągłe, powodują zakłócenia w krajobrazie i w użytkowaniu terenu, w tym przede wszystkim zagrożenia dla infrastruktury technicznej (formy zapadliskowe, uszkodzenia obiektów budowlanych itp.) [2,3,4].

Czynnikami decydującymi o intensywności występowania deformacji powierzchni terenu w zasięgu oddziaływania leja depresji są: układ hydrogeologiczny złoża oraz sposób odwadniania górotworu. Duże nasilenie deformacji terenu pod wpływem odwadniania uwarunkowane jest przede wszystkim:

- warunkami naturalnymi, wyrażającymi się otwartym układem hydrogeologicznym złoża, gdzie w zasięgu wpływów eksploatacji górniczej wody powierzchniowe i wody gruntowe są hydraulicznie połączone z wyrobiskami górnymi,
- występowaniem wśród warstw wodonośnych drenowanych przez wyrobiska górnicze warstw skalnych zbudowanych ze skał podatnych na deformacje hydrodynamiczne,
- zaleganiem drenowanych warstw wodonośnych nadkładu w strefie wychodni szczelin uskokowych rozcinających utwory starszego podłoża serii złożowej,
- stosowaniem eksploatacji złoża bez wyprzedzającego drenażu, co przy rozcinianiu górotworu wyrobiskami prowadzi do wystąpienia dużego spadku hydraulicznego w strefie drenażu.

Ze względu na sposób powstawania, w zależności od warunków hydrogeologicznych w obszarze leja depresji oraz dominującego czynnika hydrodynamicznego w mechanizmie tworzenia się odkształceń górotworu pod wpływem drenażu, wyróżnia się następujące rodzaje deformacji terenu:

- ciągłe – powstające na skutek znacznej komprymacji ściśliwych warstw wodonośnych w zasięgu leja depresji,
- zapadliskowe – powstające w wyniku wystąpienia znacznego ciśnienia hydrodynamicznego (ciśnienie sphywowe) w drenowanym górotworze w strefie skał sypkich (zjawisko sufozji mechanicznej i erozji gruntu).

### **3. Układ hydrogeologiczny obszaru i drenaż górotworu przez kopalnię „Lubichów”**

#### **3.1. Budowa geologiczna**

Analizowany obszar leży w obrębie synkliny grodzieckiej, należącej do niecki północnosudeckiej. Jest to rejon Starego Zagłębia Miedziowego, w zasięgu dawnego obszaru górnego „Lubichów”. Rozpatrywany obszar położony jest w północnej części synkliny grodzieckiej, rys. 1.

Głównym elementem morfologicznym obszaru jest płaska dolina rzeki Bobrzycy, stanowiąca prawobrzeżny dopływ Bobru. W budowie geologicznej udział biorą utwory: czwartorzędowe (holocen i plejstocen) i permskie (cechsztyn i czerwony spagowiec).

Wschodnie utworów permu przykryte są stosunkowo cienką pokrywą osadów czwartorzędowych. W profilu czwartorzędu przeważają osady piaszczysto-żwirowe nad gliniastymi.

Utwory permu północnego skrzydła niecki zapadają w kierunku południowo-zachodnim pod kątem od około  $7^\circ$  w głębszych partiach, do  $30^\circ$  w strefie wschodni. Obszar ten charakteryzuje się bardzo skomplikowaną tektoniką. Do ważniejszych uskoków występujących w tym rejonie należą tzw. uskoki Lubichowa o kolejnych symbolach od I do V. Przebiegają one według kierunku WNW-ESE i zrzucają warstwy na północ, tworząc system schodowy.

### 3.2. Warunki hydrogeologiczne

W utworach czwartorzędu i permu wydzielono następujące poziomy wodonośne: czwartorzędowy, cechsztynu górnego i cechsztynu środkowego, rys. 2.

Poziom czwartorzędowy stanowią żwiry i drobnoziarniste piaski. Współczynnik filtracji utworów piaszczystych czwartorzędu wynosi od 2,8 do 28,8 m/dobę, a porowatość około 25%. Poziom ten został zdrenowany przez wyrobiska górnicze.

Przewagę w profilu cechsztynu górnego stanowią utwory o własnościach izolacyjnych. Warstwami gromadzącymi wodę są szczelinowate i kawerniste wapienie dolomityczne oraz gipsy i miejscami anhydryty zalegające w partii stropowej cechsztynu górnego.

Poziom wodonośny cechsztynu środkowego stanowi cały kompleks wapieni silnie szczelinowatych i kawernistych występujący w profilu tych utworów. Woda gromadzi się w rozwartych szczelinach i pustkach krasowych, które osiągają niekiedy znaczne rozmiary.

Zawodnienie uskoków wykazały roboty górnicze prowadzone w kopalni Lubichów, którymi stwierdzono zawodnienie wielu uskoków. Podczas drążenia wyrobiska korytarzowego przez strefę uskoku Lubichowa I, gdzie kontaktowały się utwory górnego i środkowego cechsztynu, wystąpiło znaczne zawodnienie drążonego wyrobiska (dopływ około  $13 \text{ m}^3/\text{min}$ ).

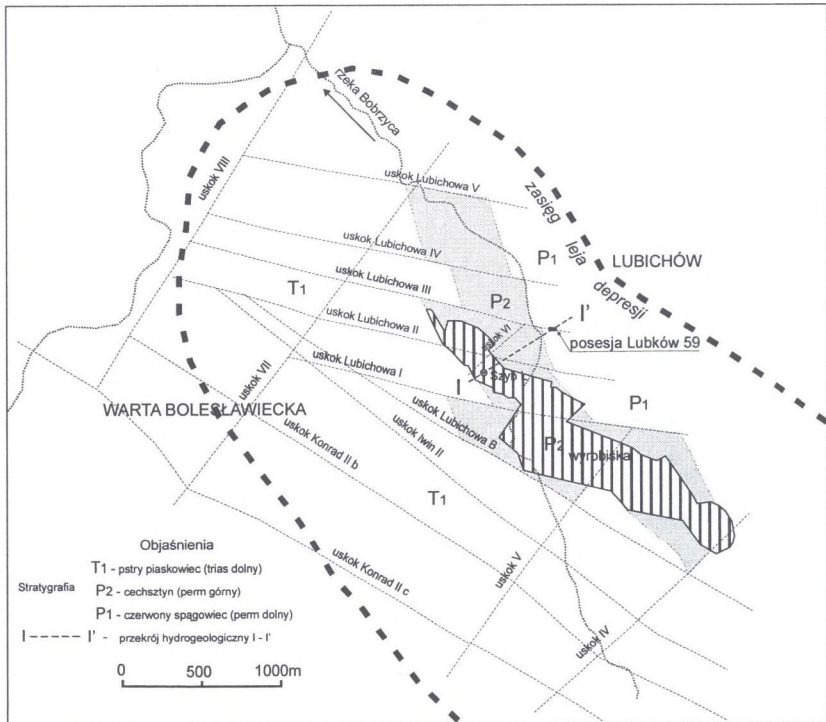
Zawodnienie czerwonego spągowca jest bardzo słabe. Warstwy czerwonego spągowca, wykształcone jako zlepieńce i piaskowce różnoziarniste o spoiwie ilasto-wapnistym, są bardzo słabo przepuszczalne, a ich wodonośność wiąże się głównie ze strefami szczelin.

### 3.3. Roboty górnicze

Budowę kopalni Lubichów, która była projektowana dla wydobycia rud miedzi i anhydrytu, rozpoczęto w 1943 r., jednak już we wrześniu 1944 r. nastąpiło zatopienie

głównych szybów wydobywczych. Po wojnie przystąpiono do rekonstrukcji kopalni, rozpoczynając w 1951 r. roboty odwadniające w zatopionych szybach Lubichów I i II, a następnie udostępniając złożę rud miedzi na poziomie 213 m.

W latach 1958-1961 udostępniono na południu partię przypowierzchniową złoża szybami Lubichów III i IV, w których założono poziomy: 52, 140 i 213 m. Szyby te połączone następnie z szybami Lubichów I i II.

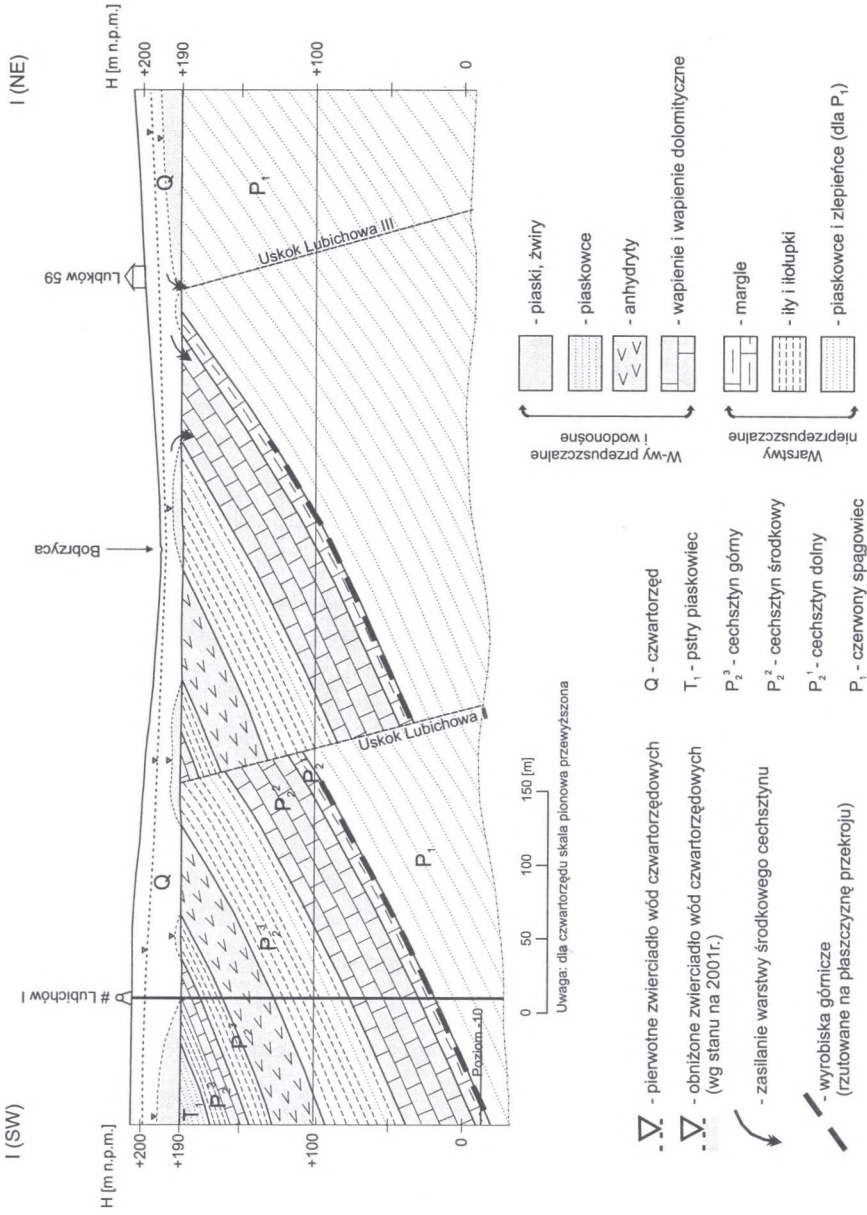


Rys. 1. Mapa geologiczna odkryta z wyrobiskami górniczymi i zasięgiem leja depresji w rejonie kopalni „Lubichów”

Fig. 1. Geological uncovered map with mine working and depression cone in the area of „Lubichów” mine

Kopalnia rud miedzi „Lubichów” rozpoczęła eksploatację złoża w 1962 r. Eksploatacja rud miedzi prowadzona była w warunkach zagrożenia wodnego, co wymagało stosowania wyprzedzającego drenażu górotworu, aby nie dopuścić do katastrofalnych wdarć wody do wyrobisk górniczych. Główne źródło zagrożenia wodnego dla prowadzonych robót górniczych stanowił poziom wodonośny środkowego cechsztynu. Warstwy wodonośne tego poziomu o średniej miąższości 30 m zalegały około 15-20 m powyżej stropu wykonywanych wyrobisk. Drugim źródłem zagrożenia wodnego były warstwy wodonośne górnego cechsztynu, gromadzące wodę w kawernach rozługowanego gipsu i anhydrytu, z których woda kilkakrotnie przedzierała się do wyrobisk górniczych [5].





Rys. 2. Przekrój hydrogeologiczny przez obszar górniczy kopalni „Lubichów”  
 Fig. 2. Hydrogeological cross of mining area of „Lubichów” mine

Złoże eksploatowane było systemem zabierkowym oraz stale ulepszanymi systemami ścianowymi: z elastycznym ugięciem stropu, z podszadką płynną, a później z zawałem stropu. Eksploatacja rud miedzi zakończona została w roku 1976. Zlikwidowane zostały szyby Lubichów III i IV, lecz nadal są czynne szyby Lubichów I i II obsługujące kopalnię gipsu i anhydrytu, w której wydobywanie rozpoczęto w połowie lat 90. XX w.

### 3.4. Odwadnianie wyrobisk i zasięg odwodnienia górotworu

Po zakończeniu eksploatacji rud miedzi nadal prowadzone jest odwadnianie górotworu z uwagi na eksploatację anhydrytu i gipsu. Przed rozpoczęciem robót górniczych zwierciadło wód gruntowych w analizowanym obszarze utrzymywało się na głębokości od 3 do 5 m pod powierzchnią terenu. Naruszenie stosunków wodnych nastąpiło od roku 1952, kiedy wznowiono prowadzenie robót górniczych i odwadnianie złoże, a szczególnie po roku 1958, kiedy rozpoczęto systematyczny drenaż poziomu wodonośnego cechsztynu środkowego z uwagi na zagrożenie wodne wyrobisk górniczych. Wielkość dopływu wody do wyrobisk górniczych wynosi obecnie około  $6 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Pierwotne zwierciadło wód cechsztyńskich, wspólne z poziomem czwartorzędowym, z chwilą podjęcia robót udostępniających i przygotowawczych zaczęło się szybko obniżać. Na koniec roku 1966 osiągnęło poziom  $-10 \text{ m n.p.m.}$  i jest na tym poziomie utrzymywane do chwili obecnej (rys. 2). W następstwie prowadzonego drenażu uruchomiony został w strefie wschodni dopływ wody z warstw czwartorzędowych, które w strefie wschodni cechsztynu środkowego zostały całkowicie zdrenowane. Wschodnie kawernistych wapieni cechsztynu środkowego stanowią obecnie główną strefę drenażu poziomu czwartorzędowego, prowadzonego niezmiennie do chwili obecnej. Prowadzony drenaż spowodował wytworzenie w czwartorzędowym poziomie wodonośnym leja depresji, który rozrastał się bardzo szybko. Nastąpiło obniżenie lub całkowity zanik wody w studniach eksploatujących wody poziomu czwartorzędowego na terenie obszaru górniczego i na terenach przyległych, rys. 1. Według bezpośrednich pomiarów zasięg leja depresji, w stosunku do centrum drenażu, waha się w przedziale wartości od około 1000 m do 2000 m i wykracza poza linię przekroju hydrogeologicznego przedstawionego na rys. 2. W obrębie leja depresji na podczwartorzędowych wschodniach nieprzepuszczalnych skał permskich utrzymują się lokalnie wody zawieszane w czwartorzędzie (rys. 2).

## 4. Deformacje terenu wywołane drenażem górniczym w rejonie kopalni „Lubichów”

W miejscowości Lubków (powiat bolesławiecki, gmina Warta Bolesławiecka), położonej w rejonie kopalni Lubichów, stwierdzono dwa zagłębienia terenowe, zlokalizowane kilka metrów od drogi, w pobliżu posesji Lubków 59, rys. 3. Te wklęsłe formy morfologiczne w rzucie na płaszczyznę poziomą mają kształt eliptyczny. Większa z form posiada wymiary około  $10 \div 12 \times 6 \div 8$  m, zaś mniejsza około  $5 \times 3$  m. Głębokość większej dochodzi do  $0,6 \div 0,7$  m, mniejsza wklęsłość jest natomiast płytsza. Zagłębienia te mają kształt ściętego stożka o ścianach łagodnie nachylonych w kierunku centrum.

### 4.1. Schemat drenażu górotworu a kształtowanie się spadku hydraulicznego

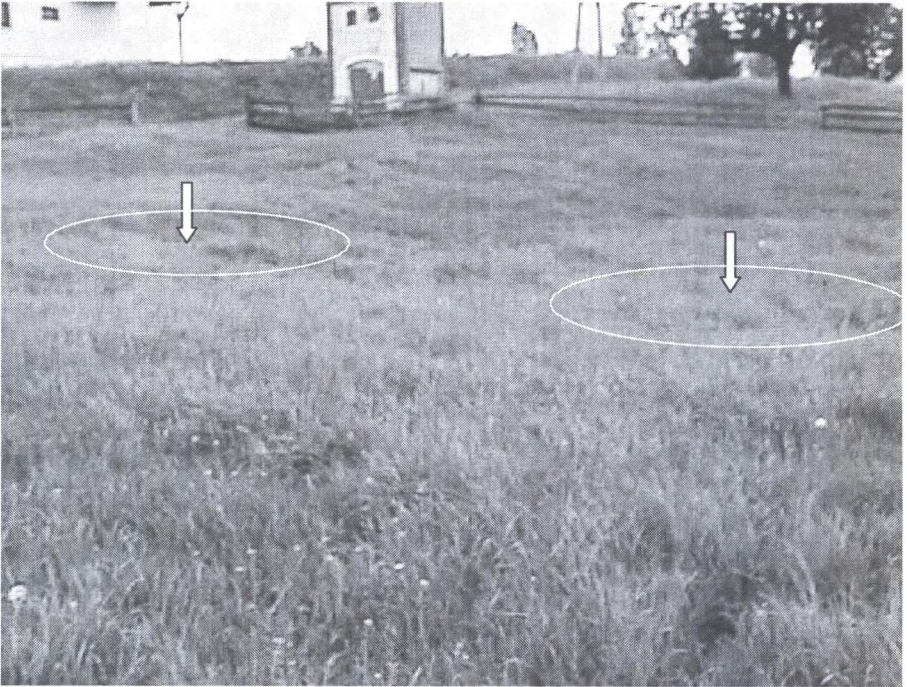
Układ hydrogeologiczny analizowanego obszaru, w tym występowanie pod piaszczystymi utworami czwartorzędowymi wychodni warstw wodonośnych oraz uskoków wodonośnych, wskazuje na możliwość tworzenia się deformacji nieciągłych w zasięgu leja depresji. W odniesieniu do posesji Lubków 59, w pobliżu której stwierdzono nieciągłe deformacje powierzchni, istotne znaczenie ma wyznaczenie wartości spadku hydraulicznego.

Ocena kształtowania się spadku hydraulicznego w obszarze leja depresji wymaga określenia schematu drenażu górotworu. Dla analizowanego obszaru można przedstawić dwa podstawowe schematy:

- drenaż w górotworze jednorodnym, który uwzględnia wnikanie wody na wychodniach warstw,
- drenaż w górotworze niejednorodnym, który uwzględnia drożność szczelin uskokowych.

Schemat drenażu górotworu jednorodnego zakłada, że szczelina uskokowa na kontakcie warstw czerwonego spągowca jest uszczelniona i niedrożna. Ze względu na bardzo małą przepuszczalność skał czerwonego spągowca całość dynamicznego dopływu do wyrobisk górniczych w analizowanym obszarze pochodzi ze strefy wychodni kawernistych wapieni środkowego cechsztynu, gdzie wapienie te kontaktują się bezpośrednio z piaszczystymi osadami czwartorzędowymi. Depresja jest największa w strefie wychodni kawernistych wapieni, gdzie na granicach wychodni zwierciadło wody obniża się do spagu czwartorzędu, a w części środkowej znacznie głębiej. Lej depresji rozwija się prostopadle do tych wychodni, a krzywa depresji wznosi się stopniowo aż do granicy zasięgu leja.





Rys. 3. Leje sufozyjne stwierdzone w Lubkowie  
 Fig. 3. Suffosion cones found in the Lubków

Spadek hydrauliczny strumienia filtracji zmniejsza się stopniowo od wartości maksymalnej w miejscu drenażu do wartości minimalnej na granicy zasięgu leja depresji. Wartość spadku hydraulicznego w odległości  $x$  od strefy drenażu określa wzór:

$$i = \frac{H}{2\sqrt{R \cdot x}} = \frac{10}{2\sqrt{700 \cdot 60}} = 0,025$$

Z analizy profilu krzywej depresji wynika, że spadek hydrauliczny strumienia filtracji w miejscu posesji Lubków 59, położonej w odległości około 60 m od strefy drenażu poziomego czwartorzędowego, nie przekroczy wartości 0,025. Przy tak małej wartości spadku hydraulicznego strumienia wody filtrującej w piaszczystych gruntach podłoża nie zachodzą przesłanki do wystąpienia zjawiska sufozji mechanicznej, a zatem przy przyjęciu dla analizowanego przypadku schematu górotworu jednorodnego nie można by było wiązać deformacji terenu z prowadzonym odwadnianiem wyrobisk górnictw.

Schemat drenażu górotworu niejednorodnego zakłada drożność szczelin uskokowych w masywie skalnym starszego podłoża podczwartorzędowego, co jest potwierdzone obserwacjami hydrogeologicznymi prowadzonymi w kopalni „Lubichów” [5]. W analizowanym obszarze nie można wykluczyć istnienia uprzywilejowanych dróg

przepływu wody w kierunku drenujących wyrobisk górniczych, które mogą być związane z wysoką wodoprzepuszczalnością stref uskokowych w stosunku do skał otaczających. Zawodniony uskok o rozwartej szczelinie jest podobny do drenu liniowego zbierającego wodę, która płynie następnie szczeliną uskokową w kierunku wyrobisk górniczych. Wystąpią wtedy anomalie w rozwoju leja depresji, którego forma będzie odbiegała od profilu teoretycznego przedstawionego dla górotworu jednorodnego pod względem przepuszczalności. Depresja zwierciadła wody będzie największa wzdłuż szczelin uskokowych i w tym kierunku sięgnie na znaczną odległość, natomiast lej depresji będzie się rozwijał prostopadle do przebiegu szczelin. Oceniając parametry hydrauliczne strumienia filtracji tak samo jak poprzednio, lecz w odniesieniu do szczeliny uskokowej, widzimy, że w pobliżu szczeliny mogą wystąpić znaczne spadki hydrauliczne. W takim schemacie przepływu wody na kontakcie warstw czwartorzędowych i szczeliny uskokowej spadek hydrauliczny w bliskim otoczeniu szczeliny osiąga wartości zbliżone do jedności, co może inicjować procesy sufozyjne w piaszczystych gruntach podłoża i aktywizować deformacje filtracyjne prowadzące do tworzenia się zapadlisk na powierzchni. Zasięg deformacji filtracyjnych liczony od krawędzi szczeliny uskokowej może osiągnąć w rzucie poziomym wartość odpowiadającą w przybliżeniu miąższości warstwy wodonośnej.

#### **4.2. Geneza deformacji nieciągłych stwierdzonych w Lubkowie**

Rejon posesji Lubków 59 położony jest w zasięgu leja depresji, jednak poza zasięgiem wpływów bezpośrednich eksploatacji górniczej zarówno rud miedzi, jak i gipsu i anhydrytu. Z mapy geologicznej odkrytej wynika, że posesja Lubków 59, nieopodal której stwierdzono analizowane wklęsłe formy morfologiczne, zlokalizowana jest tuż przy podczwartorzędowej wychodni uskoku Lubichowa III, około 30-40 m na wschód od miejsca, gdzie uskok ten przecina się z innym uskokiem (bez nazwy), który w stosunku do niego przebiega ukośnie (kierunek NW-SE), rys. 1.

Ze względu na brak warstwy izolacyjnej na wychodniach szczeliny uskokowej istnieje możliwość bezpośredniej filtracji wód z utworów czwartorzędu do strefy szczeliny, przy spadku hydraulicznym dochodzącym do wartości  $i = 1$ . Tak więc w piaszczystych utworach czwartorzędu zalegających w strefie szczeliny uskoku Lubichowa III mogą się rozwijać procesy sufozji mechanicznej. Zagłębienia terenowe stwierdzone w pobliżu posesji Lubków 59 i uszkodzenia budynku mogą być skutkiem wynoszenia cząstek skalnych przez filtrującą wodę do szczelin uskoku Lubichowa III, które są drenowane przez wyrobiska górnicze. Należy przyjąć, że zagłębienia te mają charakter lejów sufozyjnych, a ich rozwój

jest uwarunkowany wzmożoną filtracją wód w okresie intensywnych opadów atmosferycznych.

## 5. Wnioski końcowe

1. Ze względu na sposób powstawania, w zależności od warunków hydrogeologicznych w obszarze leja depresji oraz dominującego czynnika hydrodynamicznego w mechanizmie tworzenia się odkształceń górotworu pod wpływem drenażu, wyróżnia się następujące rodzaje deformacji terenu:
  - ciągle – powstające na skutek znacznej komprymacji ściśliwych warstw wodonośnych w zasięgu leja depresji,
  - zapadliskowe – powstające w wyniku wystąpienia znacznego ciśnienia hydrodynamicznego w drenowanym górotworze w strefie skał sypkich (zjawisko sufozji mechanicznej i erozji gruntu).
2. Rejon analizowanej posesji w miejscowości Lubków położony jest w zasięgu leja depresji wytworzonego przez kopalnię „Lubichów”, jednak poza zasięgiem wpływów bezpośrednich eksploatacji górniczej, zarówno rud miedzi, jak i gipsu i anhydrytu. Posesja ta położona jest w strefie wychodni uskoku Lubichowa III. Ze względu na brak warstwy izolacyjnej na wychodniach szczeliny uskokowej, istnieje możliwość bezpośredniej filtracji wód czwartorzędowych w strefie szczeliny przy spadku hydraulicznym dochodzącym do wartości 1.
3. W piaszczystych utworach czwartorzędu, zalegających w zasięgu leja depresji w strefie szczeliny uskoku Lubichowa III, mogą się rozwijać procesy sufozji mechanicznej. Zagłębienia terenowe stwierdzone w pobliżu posesji Lubków 59 oraz uszkodzenia budynku są skutkiem wynoszenia cząstek skalnych przez filtrującą wodę do szczeliny uskoku Lubichowa III.

## LITERATURA

1. Cempiel E., Gorol M.: Opinia hydrogeologiczno-górnicza dotycząca wpływu robót górniczych na zmianę stosunków wodnych górotworu i możliwość uszkodzenia budynku w miejscowości Lubków 59, Gliwice czerwiec 2001 (niepublikowane).
2. Rogoż M.: Hydrogeologia kopalniana z podstawami hydrogeologii ogólnej. Wyd. Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 2004.
3. Sztelak J., Cempiel E.: Skutki na powierzchni terenu wynikające ze zmiany układów hydrogeologicznych i hydrograficznych w rejonach górniczych. II Konferencja „Postęp Naukowy i Techniczny w Geologii Górniczej Węgla Kamiennego”. Zesz. Nauk. Pol. Śląskiej, Górnictwo z. 172, Gliwice 1988.
4. Wilk Z.: Wpływ zmian warunków hydrogeologicznych spowodowanych działalnością górniczą na wielkość deformacji powierzchni. W: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Wyd. Śląsk, Katowice 1980.
5. Wilk Z., Bocheńska T.: Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa, t.2. Wyd. Nauk.-Techn. AGH, Kraków 2003.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Szczepański