

# Ocena wpływu odwadniania wyrobisk górniczych na stan zagrożenia występowaniem deformacji nieciągłych na obszarze północnej części niecki bytomskiej

Grzegorz STROZIK<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> dr inż., Instytut Eksploatacji Złóż, Politechnika Śląska w Gliwicach, email: grzegorz.strozik@polsl.pl

DOI: 10.29227/IM-2017-02-17

## Streszczenie

W północne części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, na obszarze nakładania się masywu triasowego na warstwy karbońskie, występują trudne warunki ochrony powierzchni terenu związane z dokonaną eksploatacją płytko zalegających rud metali w utworach triasowych oraz węgla kamiennego w masywie karbońskim. Powierzchnia terenu nad zrobami płytkiej eksploatacji rud metali narażona jest w szczególnym stopniu na występowanie nieciągłych deformacji powierzchni terenu, głównie w formie zapadlisk. Na większości tych obszarów eksploatacja jest zaniechana, jednak wysoki poziom zagrożenia deformacjami nieciągłymi utrzymuje się ze względu na wysoką dynamikę ruchu wód podziemnych w przepuszczalnych utworach węglanowych, wspieraną przez odwadnianie czynnych i zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego, a także obecność starych zrobów i eksploatacją bieżącą.

Nowe przedsięwzięcia wydobywcze podejmowane w niecce bytomskiej zakładają zastosowanie systemu eksploatacji minimalizującego ruchy górotworu dla uniknięcia rozwoju zjawisk deformacyjnych w nadkładzie triasowym i maksymalną ochroną powierzchni terenu. Jednak w aspekcie zjawisk hydrogeologicznych, dawna i obecna działalność górnicza wpływa na znacznie przyspieszony, w porównaniu do warunków naturalnych, rozwój procesów erozyjnych i krasowych. Wynika to z charakterystyki fizycznych i chemicznych właściwości skał węglanowych oraz wzmoczonego ruchu wód podziemnych, generowanego przez odwadnianie górotworu. W wielu przypadkach odwadniania kopalń nie można postrzegać jako proces tymczasowy, trwający do zakończenia działalności górniczej. Będzie to proces trwały, wymuszony koniecznością odwadniania obniżonych przez osiadanie górotworu terenów zurbanizowanych i skutkujący postępującą erozją i krasowieniem warstw triasowych. Obecność pustek i stref rozluźnień w płytkich warstwach skał węglanowych oraz stan zawodnienia ośrodka skalnego można określić za pomocą pomiarów geofizycznych, spośród których szczególnie przydatna jest metoda elektrooporowa, pozwalająca między innymi na wyróżnienie obszarów wypełnionych wodą (anomalne strefy niskooporowe) oraz suchych, względnie utworzonych przez skały nisko przepuszczalne (anomalie wysokooporowe). Jako ilustrację rozważań teoretycznych omówiono dwa przykłady badań wybranych terenów: w rejonie Piekar Śląskich, gdzie prowadzono eksploatację rud metali oraz Czeladzi, gdzie rudy metali nie występują. Przeanalizowane przykłady badań zmierzających do określenia stanu zagrożenia występowaniem deformacji nieciągłych powierzchni terenu na podłożu triasowym pod którym prowadzona była eksploatacja w warstwach karbonu, potwierdzają silny związek między warunkami hydrogeologicznymi panującymi w utworach triasowych a skalą tego zagrożenia.

Słowa kluczowe: deformacje nieciągłe, eksploatacja rud metali, badania geofizyczne, hydrogeologia

## Wprowadzenie

W północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) strop karbonu przykryty jest węglanowymi warstwami triasowymi. Wapień muszlowy zawiera złoża rud cynku i ołowiu, będące przedmiotem wielowiekowej i przestrzennie rozległej eksploatacji. W samym tylko rejonie bytomskim, gęstość wyrobisk związanych z kopalnictwem rud metali osiągała miejscami 54,7 km · km<sup>2</sup> (Pradela i Solarski, 2013).

Równie intensywnie była prowadzona eksploatacja węgla kamiennego pod nadkładem zbudowanym ze sztywnych i podatnych na erozję utworów węglanowych, na obszarze tworzącym w przybliżeniu pas od Bytomia i Piekar Śląskich na zachodzie po Czeladź i Jaworzno na wschodzie. Eksploatację tę prowadzono częściowo jako podbierającą płytkie zroby porudne.

Obecność pustek w płytkich warstwach górotworu wynikająca zarówno z eksploatacji rud metali, jak

i węgla kamiennego, prowadzonej pod nienaruszonymi lub wykorzystywanymi górniczo warstwami triasowymi, stworzyła dogodne warunki dla zagrożenia powierzchni terenów górniczych i pogórniczych występowaniem deformacji nieciągłych.

Na większości wspomnianych obszarów eksploatacja jest zaniechana, jednak wysoki poziom zagrożenia deformacjami nieciągłymi utrzymuje się ze względu na wysoką dynamikę ruchu wód podziemnych w przepuszczalnych utworach węglanowych, wspieraną przez odwadnianie czynnych i zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego, obecność starych zrobów i eksploatacją bieżącą.

Złoża rud cynku i ołowiu eksploatowano metodą podziemną za pomocą szybków i drażonych od nich chodników, komór i nadsiewłomów. Skały dolomitowe i wapienne charakteryzują się dużą wytrzymałością, dzięki czemu wiele z wykonanych w ciągu wieków eksploatacji górniczej wyrobisk istnieje do dnia dzisiejszego.

jszego (Fajkiewicz i in. 2003; Pszonka 2007). Zarówno wyrobiska poziome jak i nieprawidłowo zlikwidowane szyby stanowią współcześnie bezpośrednie źródło zagrożenia wystąpieniem deformacji nieciągłych.

Charakterystyczne dla zagrożenia zapadliskowego na terenie występowania rud cynku i ołowiu są między innymi (Pilecki i Popiołek, 2010):

- silne oddziaływanie wód infiltrujących warstwy triasu środkowego – spływające bądź infiltrujące wody sprzyjają fizycznej i chemicznej erozji skał węglanowych, natomiast procesy adwekcji i sufozji ułatwiają przemieszczanie się ziaren skał sypkich w głąb pustek i wyrobisk podziemnych,
- ruchy górotworu związane z eksploatacją węgla kamiennego zarówno w strefach podbierania zrobów porudnych, jak i pod nienaruszonymi warstwami triasowymi,
- trudności w identyfikacji zagrożenia występowaniem deformacji nieciągłych związane z brakiem danych o zaszczościach górniczych, zmianami form terenu oraz często spotykanym brakiem zjawisk poprzedzających między innymi występowanie zapadlisk.

Przykładowe prace związane z identyfikacją zagrożenia występowaniem deformacji nieciągłych na terenach, gdzie eksploatację węgla kamiennego prowadzono pod warstwami triasu zostanie omówiona na przykładzie badań wybranych terenów w rejonie Piekar Śląskich, gdzie była prowadzona eksploatacja rud metali i Czeladzi, gdzie warstwy wapieni i dolomitów nie są naruszone robotami górniczymi.

### **Dokonana, aktualna i prognozowana eksploatacja węgla kamiennego z obszarów zalegających pod utworami triasowymi**

Północna część GZW w pasie od Gliwic do Czeladzi niemal w całości obejmuje obszary kopalń zlikwidowanych. Większość z nich jest odwadniana przez Centralny Zakład Odwadniania Kopalń (CZOK). Ponadto, wody związane z triasowym poziomem wodonośnym w rejonie Piekar Śląskich są odbierane przez system odwadniania związanym z szybem „Bolko”.

W chwili obecnej eksploatacja górnicza prowadzona jest tylko w okolicach Piekar Śląskich na zachodnim i Jaworzna na wschodnim skraju rozpatrywanego obszaru, przy czym są to obszary górnicze w których górotwór jest wysoko przepuszczalny ze względu na wiek kopalń oraz skalę jego deformacji.

Na obszarze dzielnic Piekar Śląskich Szarlej i Brzozowice, na którym w sposób szczególnie nasilony uwidaczniają się deformacje powierzchni związane z dawną eksploatacją rudną, prowadzona jest eksploatacja ścianowa w złożu „Piekary”. Planowane

przez kopalnię „Bobrek-Piekary” Ruch Piekary roboty górnicze po roku 2020 mają być prowadzone z zastosowaniem systemu komorowo-filarowego z wykorzystaniem obudowy kotwiowej i likwidacją zrobów za pomocą podsadzki hydraulicznej. Eksploatacja ta prowadzona będzie także na obszarze Brzezin Śląskich i Dąbrówki Małej w złożu „Brzeziny w latach 2020 ÷ 2030 (Józefiak 2017).

Podobnie w rejonie Jaworzna, ZG „Sobieski Tauron Wydobyć” będzie kontynuował eksploatację za pomocą systemu ścianowego z zawałem stropu, zaś w nowych kopalniach eksploatujących przyległe złoża (projekty „Mariola 1” i „Mariola 2”) będzie także stosowany system filarowo-komorowy z obudową kotwiową i podsadzką hydrauliczną.

Jego zastosowanie powinno do minimum ograniczyć deformacyjne ruchy górotworu, jednak nie do uniknięcia będzie intensyfikacja spływu wód podziemnych wywołana koniecznością drenowania zasobnych w wodę warstw triasowych ze względu na zabezpieczenie wyrobisk przed zagrożeniem wodnym (Bukowski i in. 2005). Odwadnianie górotworu będzie wymuszało szybszą migrację wód przez drogi spływu w utworach triasowych, co będzie sprzyjało powstawaniu nowych oraz rozwojowi pustek wcześniej powstałych w podatnych na chemiczne i fizyczne działanie wody utworach węglanowych w wyniku wcześniejszych robót eksploatacyjnych (Kotyryba i in. 2016). W odniesieniu do kopalń zlikwidowanych odwadnianych przez CZOK należy dodać, że odwadnianie części kopalń zlikwidowanych będzie procesem trwałym wymuszonym koniecznością odwadniania obniżonych przez osiadanie górotworu terenów zurbanizowanych i skutkujący postępującą erozją krasowieniem warstw triasowych (Bukowski i in. 2015).

Nateżenia dopływów wód w przytoczonych wyżej lokalizacjach wynoszą w przybliżeniu: 25 ÷ 30 m<sup>3</sup>/min w systemie „Bolko” (Kropka, Respondek 2000), 34 m<sup>3</sup>/min w pompowni CZOK związanej ze zlikwidowaną kopalnią Saturn w Czeladzi oraz 59 m<sup>3</sup>/min w kopalni Sobieski Tauron Wydobyć w Jaworznie, która należy do jednych z najbardziej zawodnionych kopalń w Europie (Charakterystyka... 2017).

### **Stratygrafia warstw powyżej stropu karbonu w północnej części GZW**

W obszarze niecki bytomskiej bezpośrednio na stropie karbonu zalegają utwory triasu, tworzące szeroką i płaską synklinę. Warstwy triasu dolnego reprezentowane są przez utwory dolnego i górnego retu, Warstwę dolnego retu o miąższości 25 m tworzą margle dolomityczne z udziałem dolomitów marglistych i wapieni drobnokrystalicznych. Ret górny o miąższości od 12 do 18 m tworzą przede wszystkim żółte i brunatne wapienie krystaliczne (Pszonka, 2007).

Dolną część triasu środkowego tworzą warstwy gogolińskie dolne o miąższości 10 ÷ 17 m i górne o miąższości od 25 do 40 m reprezentowane przez różne rodzaje wapienie. Powyżej warstw gogolińskich zalegają warstwy gorazdzańskie, terebratulowe i karchowickie wykształcone jako dolomity, wśród których występuje okruszcowanie. Miąższość dolomitów kruszczonych wynosi od 20 do 60 m (Gałkiewicz, Śliwiński 1983). Są to przeważnie dolomity szare, żółte i brunatne oraz rzadziej występujące dolomity wapniste lub wapienie dolomityczne (Pszonka, 2007).

W bliższych stropu warstwach dolomitycznych występuje przede wszystkim galman stanowiący rudę cynku, a głębiej w skałach twardszych i mniej podatnych na erozję pojawia się ruda ołowiu – galena. Rudy cynku i ołowiu występują na głębokości od kilkunastu do około 90 m, przy czym warstwy kruszczonośne osiągają największą głębokość w okolicach Bytomia, a najmniejszą w rejonie Tarnowskich Gór (Kotlicki 1962; Kotlicki 1980).

W niecce bytomskiej obecność utworów triasu górnego (kajpru) i trzeciorzędu jest nieregularna. W miejscach, w których wykonano przedstawione dalej prace badawcze występuje w tym zakresie luka stratygraficzna. Osady czwartorzędowe reprezentowane są głównie przez niespoiste i spoiste utwory ilowopiaszczysto-żwirowe.

### Warunki hydrogeologiczne

W północnej części GZW znajdują się poziomy wodonośne związane z utworami:

- czwartorzędowymi,
- triasowym,
- karbonu produktywnego.

W triasowym poziomie wodonośnym wydziela się dwa niezależne poziomy (Kropka 1996) związane z warstwami wapienia muszlowego i retu. Pierwszy z nich jest związany z serią wapieni dolomitycznych i dolomitów kruszczonych. Seria ta jest wysoko przepuszczalna, kawernista, silnie porowata i spękana związana z krasowymi i porowatymi formacjami warstwy wapienia muszlowego. Z kolei poziom wodonośny retu wykształcony jest w postaci wapieni gruboławicowych, silnie spękanych warstw gogolińskich i utworów retu o łącznej miąższości około 30 – 50 m. Utwory te charakteryzują się rozwiniętym systemem szczelin i kawern, stwarzającym dogodne warunki szybkiej cyrkulacji wód retencji (Kropka 1996). Spękania masywu triasowego umożliwiają powstawanie kontaktów hydraulicznych, w których efekcie wody z poziomu wodonośnego retu, często połączonego w jeden wspólny razem z poziomem wapienia muszlowego, (Kropka 1996; Kotlicki 1962) docierają do górotworu karbońskiego. W sytuacji utraty szczelności półki warstw

gogolińskich podścielających dolomity kruszczonośne na skutek deformacyjnego oddziaływania eksploatacji węgla kamiennego, możliwy jest spływ wód do utworów karbonu, a także ucieczki wody z wyrobisk porudnych i zbiorników wodnych (Kropka i in., 1995).

Niemal cała triasowa część niecki bytomskiej stanowi Główny Zbiornik Wód Podziemnych nr 329. Jest to zbiornik wód podziemnych o szczelinowo-krasowo-porowym charakterze i swobodnym zwierciadle wody Glubiak-Witkowska i in. 2002). Poziomy wodonośne tego zbiornika są zasilane bezpośrednio wodami opadowymi, ponieważ cienka warstwa zwietrzliny i gleby nie stwarza bariery dla infiltracji wody do poziomów wodonośnych.

W warunkach drenażu skał węglanowych przez systemy odwadniające, infiltrujące wody swobodnie migrują przez skały węglanowe do karbońskich poziomów wodonośnych, sprzyjając intensywnemu rozwojowi zjawisk erozyjnych (Kropka i Respondek 2000).

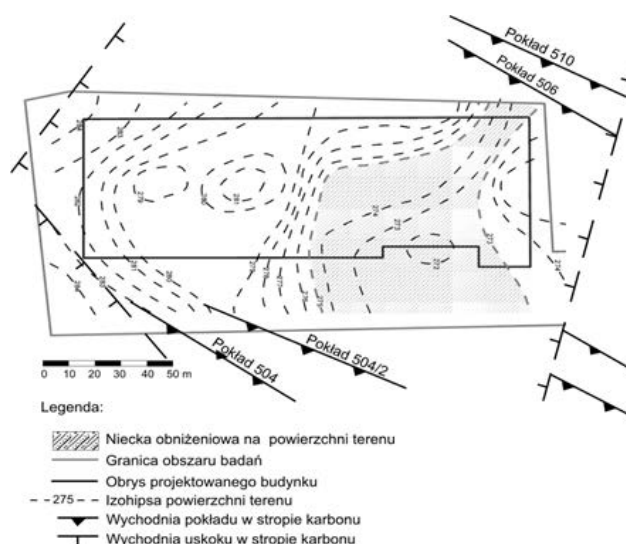
Sieć spękań, szczelin i pustek krasowych, tworzących przewody hydrauliczne w masywie skał wapiennych rozwija się poprzez szereg procesów przebiegających w pętli, której podstawowymi elementami są: tworzenie się i rozwój pustek (kanałów hydraulicznych), wzrost pojemności wodnej, wzrost zasilania, wzmożone rozpuszczanie i erozja fizyczna powodująca wzrost intensywności procesu powiększania się dróg przepływu wody (Taylor 2008). Jednocześnie postępuje przejmowanie ruchu wód z mniejszych przewodów przez większe. Większe kanały przepływu pełnią funkcję kolektorów drenujących wody z otaczających je mniejszych przewodów i stają się zdolne do transportu wód w warunkach pozwalających nawet na adwekcyjne unoszenie i transport drobnych ziaren skalnych.

### Metody geofizycznych badań górotworu

Opisowi metod geofizycznych badań górotworu poświęcono obszerną literaturę (Pilecki i Pilecka 2016; Pilecki i Popiołek 2010; Tomecka-Suchoń 2014). W znaczeniu ogólnym geofizyczne badania górotworu polegają na określeniu rozkładu struktury i właściwości fizycznych obszaru badań. Do najczęściej stosowanych metod geofizyki inżynierskiej należą metody: sejsmiczna, georadarowa, elektrooporowa i grawimetryczna.

Zaletami wymienionych geofizycznych metod badania podłoża gruntowego są (Pilecki, Pilecka 2016; Pilecki, Popiołek 2010):

- nieinwazyjny w przeciwieństwie do wierceń badawczych charakter,
- uzyskiwanie ciągłego obrazu struktury górotworu badanego obszaru,
- krótki czas realizacji badań i opracowania ich wyników,
- stosunkowo niski koszt ich prowadzenia,
- możliwość doboru zagęszczenia punktów (pro-



Rys. 1. Wysokość powierzchni terenu oraz wychodnie pokładów i uskoku w stropie karbonu obrębie powierzchni obszaru inwestycyjnego na terenie pogórnym kopalni „Saturn” w Czeladzi (Dokumentacja..., 2015b)

Fig. 1. Height of the ground surface and map of Carboniferous rock mass roof with location of faults and seams outcrops on the post-mining area of the Saturn mine in Czeladź (Dokumentacja..., 2015b)

fili) pomiarowych oraz zasięgu głębokości pomiaru w celu uściślenia obszaru badań,

W warunkach górotworu wapiennego, istotnych informacji dotyczących jego struktury i charakteru ewentualnie toczących się procesów deformacyjnych dostarczają panujące w nim stosunki wodne. Do rozpoznania lokalnych warunków wodnych najlepiej się nadaje metoda elektrooporowa (Tomecka-Suchoń, 2014).

Ilustracją obrazów uzyskiwanych za pomocą wymienionych metod badań geofizycznych mogą być rysunki dołączone w dalszej części opracowania.

### Badania geofizyczne i prace zabezpieczające teren inwestycyjny w Czeladzi

Obszar pogórnicy kopalni „Saturn” w Czeladzi odwadniany jest przez Centralny Zakład Odwadniania Kopalń. W wyniku przeprowadzonych na wybranym fragmencie terenu wierceń badawczych (Dokumentacja..., 2015a) ustalono że w profilu geologicznym występują luźne otwory czwartorzędowe o miąższości od 0,4 do 4,9 m nad stropem triasu o miąższości około 2,5 m, zbudowanego z rumoszu skalnego i zwiertzeliny. Pod nią, do głębokości wiercenia wynoszącej 35 m zalegają lite skały węglanowe reprezentowane przez wapień, dolomity i margle. W otworach stwierdzono obecność rozluźnień i stref spękań oraz całkowite bądź częściowe ucieczki płuczki wiertniczej. Strop karbonu zalega na głębokości około 100 m, pod którym, na głębokości około 120 ÷ 160 m prowadzono eksploatację węgla kamiennego. W części zachodniej terenu badań uwidacznia się wyraźnie niecka osiadania o maksymalnej głębokości 10 m w stosunku do najwyższej położonej

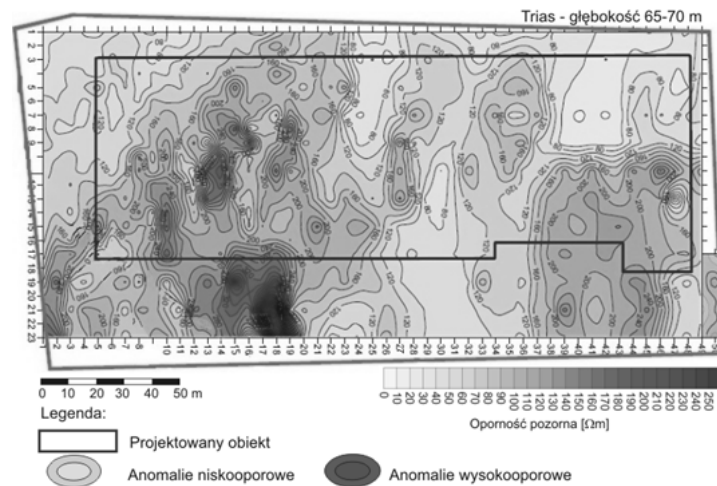
części terenu. Schemat terenu badań wraz powierzchnią stropu karbonu przedstawiono na rys. 1.

Eksploatacja górnicza prowadzona w latach 50-tych zeszłego wieku na łączną miąższość wybrania 5,8 m pozostawiła ślady w postaci struktur o zmiennej rezystywności widocznych na mapie anomalii elektrooporowych. W wyniku przeprowadzonych badań geofizycznych uzyskano dwie mapy obrazujące rozkład anomalii elektrooporowych. Pierwsza z nich, przedstawiona na rys. 2 obrazuje środkowo-dolną strefę skał triasowych na głębokości około 65 ÷ 70 m, druga, na rys. 3, obejmuje warstwę karbonu na domniemanej głębokości dawnej eksploatacji (około 125 ÷ 135 m).

W warstwach triasu na głębokości 65 ÷ 70 m występują liczne anomalie wysokooporowe mogące świadczyć o obecności stref niezawodnionych, które w południowo-zachodniej części obszaru mają wyraźny kontakt z głębiej leżącymi warstwami karbonu, przy czym anomalie zarejestrowane w warstwie karbonu nie osiągają tak wysokich wartości rezystywności jak w warstwie triasowej. Świadczyć to może o intensywnym drenażu triasu przez spękany na skutek eksploatacji górotwór. Na mapie anomalii elektrooporowych karbonu widoczne są też strefy o bardzo niskiej rezystywności, które można interpretować jako drogi spływu wód do niżej leżących wyrobisk, ostatecznie trafiających do systemu odwadniania zlikwidowanej kopalni.

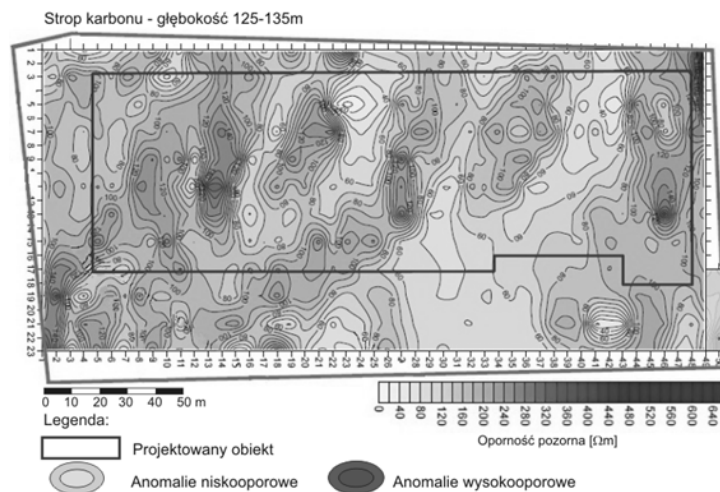
Porównując rozkłady anomalii elektrooporowych z obrazem rzeźby terenu łatwo dostrzec różnicę między stroną zachodnią i wschodnią terenu badań.

W strefie zachodniej, w której nie wystąpiły wyraźne deformacje powierzchni terenu, w warstwach triasu i karbonu występują liczniejsze anoma-



Rys. 2. Rozkład anomalii elektrooporowych w warstwach triasu na głębokości 65 ÷ 70 m na obszarze projektowanej inwestycji (Dokumentacja..., 2015b)

Fig. 2. Distribution of resistive anomalies in Triassic strata on the depth of 25 ÷ 30 m and on the area of prospective investment (Dokumentacja..., 2015b)



Rys. 3. Rozkład anomalii elektrooporowych w warstwach karbonu na głębokości około 125 ÷ 135 m na obszarze projektowanej inwestycji (Dokumentacja..., 2015b)

Fig. 3. Distribution of resistive anomalies in Carboniferous rocks at the depth of about 125 ÷ 135 m on the area of prospective investment (Dokumentacja..., 2015b)

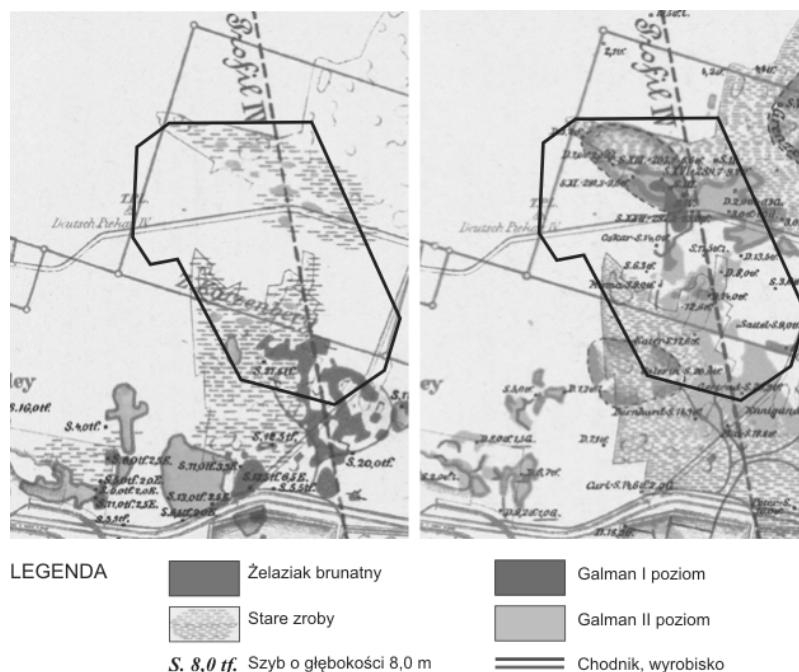
lie wyskooporowe, co może świadczyć o istnieniu znacznej ilości pustych przestrzeni. Mogą to być pory, rozwarstwienia i spękania zapewniające stosunkowo swobodną migrację wód i ich swobodniejszy spływ w głąb górotworu. Kształt i rozmieszczenie anomalii elektrooporowych sugeruje obecność pozostałości po chodnikach lub zabierkach oraz filarów pozostawionych między nimi.

W części wschodniej, ruch wód jest bardziej ograniczony, co może być spowodowane zagęszczeniem warstw podłoża, związanym z osiadaniem powierzchni terenu formie niecki deformacyjnej. Część wschodnia obszaru badań przedstawia inny niż w partii zachodniej obraz dokonanej eksploatacji. Widoczny jest regularny prostokąt (szczególnie w warstwie triasowej), który może reprezentować pozostałości po przeprowadzonej w tym rejonie eksploatacji metodą ubierkową z zawałem stropu,

czego skutkiem wydaje się być niekiedy osiadania na powierzchni terenu oraz stosunkowo równomierny rozkład elektrooporowości ośrodka skalnego. Na całym obszarze występują punktowe ośrodki intensywnie zmieniającej się elektrooporowości, mogące odzwierciedlać kontakty hydrauliczne między warstwami triasu i karbonu o wzmożonej dynamice przepływu wód.

Dla eliminacji zagrożenia wystąpieniem deformacji powierzchni terenu ze strony stwierdzonych w górotworze struktur przeprowadzono prace zabezpieczające polegające na iniekcji warstw triasu przez wykonane wcześniej otwory badawcze, z zastosowaniem mieszaniny opartej na mineralnym spoiwie handlowym o właściwościach wiążących.

### Badania geofizyczne w rejonie ulicy Podmiejskiej w Piekarach Śląskich



Rys. 4. Fragmenty mapy eksploatacji rudnej rejonu przy ul. Podmiejskiej w Piekarach Śląskich. Po lewej – eksploatacja rudy żelaza, po prawej – rudy cynku (Karte..., 1912)

Fig. 4. Excerpt from a map of the ore metal mining in the area of Podmiejska street in Piekary Śląskie. On the left – iron ore mining, on the right – zinc ore mining (Karte..., 1912)

Teren przy ul. Podmiejskiej w Piekarach Śląskich był objęty płytką eksploatacją galmanu oraz żelazika brunatnego. Według archiwalnej mapy eksploatacji rudnej przedstawionej na rys. 4, na tym obszarze znajdują się pozostałości po licznych szybach, chodnikach oraz widoczne w krajobrazie i oznaczone na mapach pozostałości po eksploatacji odkrywkowej.

Otwory badawcze wiercone do głębokości 9,0 m wykazały obecność nasypów niebudowlanych o miąższości od 0,3 do 8,4 m. Czwartorzęd reprezentowany przez gliny piaszczyste zwięzłe i piaski średnie występuje lokalnie do głębokości od 2,5 do głębokości wiercenia. W miarę przesuwania się ku południowej krawędzi terenu badań rośnie miąższość nasypów niebudowlanych (odpadów górniczych). W części otworów nawiercono stop triasu w formie zwietrzliny gliniastej z okruskami wapienia (Mapa dokumentacyjna..., 2016).

Pod względem hydrologicznym obszar badań znajduje się w strefie odwadniania wód gruntowych do niższych, łatwo przepuszczalnych skał wapiennych. Obecność wód gruntowych stwierdzono jedynie w jednym otworze, w postaci wysączeń zaobserwowanych na głębokości 3,0 m.

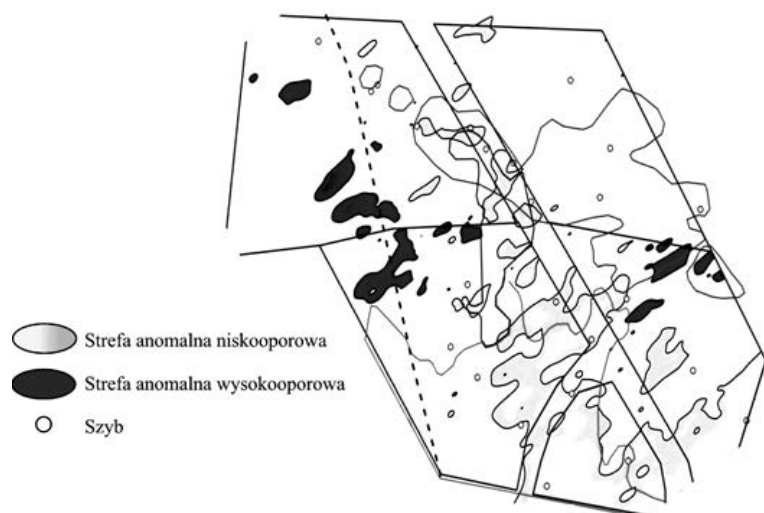
Pod względem górnictwem przedmiotowy obszar znajduje się w obrębie wpływów intensywnej eksploatacji węgla kamiennego. Bezpośrednio pod nim wybierano węgiel z 12 pokładów na łączną grubość wynoszącą 43 m, w zakresie głębokości od 190 do 520 m. Roboty górnicze trwały od roku 1917 do 1994.

Intensywne ruchy górotworu wywołane rozległą eksploatacją węgla kamiennego z dużym prawdopodobieństwem musiały doprowadzić do zawału wszystkich ewentualnie istniejących wyrobisk podziemnych pozostałych po górnictwie rudnym.

W zakresie eksploatacji rudnej w rejonie badań przy ul. Podmiejskiej stwierdzono obecność kilkunastu szybów i dukli o głębokości od 2 do 15 m. Szyby te uległy przypuszczalnie samolikwidacji. W terenie widoczne są charakterystyczne leje zapadliskowe po zasypanych szybach oraz liczne ślady eksploatacji odkrywkowej (Strozik, Jendrus 2016).

Rozpatrywany obszar objęto badaniami geofizycznym metodą elektrooporową w kierunku oceny stanu zagrożenia powierzchni terenu ze strony ewentualnych nieciągłości w podłożu i warunków wodnych. Wyniki przeprowadzonych pomiarów rezystywności podłoża przedstawiono na rys. 5.

Jak wynika z przedstawionego szkicu, anomalie wysokooporowe interpretowane jako pustki w stanie niezawodnionym występują jedynie w zachodniej i w niewielkim stopniu we wschodniej części obszaru badań. Z kolei anomalie niskooporowe sygnalizujące obecność stref zawodnionych występują w części centralnej i rozszerzają się na całą południową część obszaru badań. Wzrost powierzchni stref anomalii niskooporowych koreluje ze zmianami wysokości powierzchni terenu, która zmienia się od +290 m w części północnej do +273 m przy południowo-wschodniej



Rys. 5. Schemat lokalizacji anomalii elektrooporowych w rejonie badań przy ul. Podmiejskiej w Piekarach Śląskich (Dokumentacja..., 2016)

Fig. 5. Localization sketch of resistivity anomalies in the area of research near Podmiejska street in Piekary Śląskie (Dokumentacja..., 2016)

krawędzi terenu badań. Jednocześnie przebieg linii anomalii niskooporowych jest w przybliżeniu zgodny z przebiegiem uskoku radzionkowskiego, którego wychodnia w karbonie przecina teren badań odcinając zachodnią strefę anomalii wysokooporowych od pozostałego obszaru zdominowanego przez anomalie wysokooporowe.

Strefy anomalii wysokooporowych mogą tu wskazywać na występowanie pozostałości po wyrobiskach górniczych, które nie zostały zaciśnięte na skutek oddziaływania eksploatacji węgla kamiennego i pozostają nie wypełnione wodą na skutek drenującego oddziaływania uskoku radzionkowskiego. Z kolei strefy anomalne niskooporowe można interpretować jako obszary silnie zawadnione, prawdopodobnie tworzące zbiornik wodny sięgający niemal powierzchni terenu w południowej, najbardziej obniżonej części obszaru badań.

### Podsumowanie

Rozwój zagrożenia występowaniem deformacji nieciągłych na terenach zalegania triasowych skał węglanowych wiąże się z oddziaływaniem wód podziemnych spływających w głąb górotworu i infiltrujących utwory triasowe. Powolne tempo rozpuszczania związków wapnia oraz znaczne przestrzenne zróżnicowanie czynników hydrogeologicznych wpływają negatywnie na określenie miejsca i czasu występowania deformacji nieciągłych. Jednocześnie

znaczny stopień zawadnienia warstw triasowych i intensywność wymiany wód mogą stymulować stosunkowo szybkie zmiany stateczności nieciągłych elementów górotworu, takich jak wyrobiska, pustki systemu szczelin czy strefy rozluźnione.

Stąd też dla zapewnienia bezpiecznego użytkowania powierzchni terenu konieczne jest w wielu przypadkach ustalenie budowy płytkich warstw górotworu oraz panujących w nim stosunków wodnych. Dokładną i powierzchniowo rozległą obserwacją górotworu zapewniają geofizyczne metody badawcze spośród których szczególnie przydatna jest metoda badań elektrooporowych ukazująca stan górotworu także w kontekście jego zawadnienia.

Zjawiska związane z fizycznymi deformacjami i erozją utworów triasowych będą stale wpływać na bezpieczeństwo użytkowania terenów górniczych i pogórnich na obszarze północnej części niecki bytomskiej ze względu na prowadzone odwadnianie górotworu oraz aktualną i przyszłą eksploatację złóż węgla kamiennego.

Przeanalizowane przykłady badań zmierzających do określenia stanu zagrożenia występowaniem deformacji nieciągłych powierzchni terenu na podłożu triasowym pod którym prowadzona była eksploatacja w warstwach karbonu, potwierdzają silny związek między warunkami hydrogeologicznymi panującymi w utworach triasowych a skalą tego zagrożenia.

## Literatura – References

1. Bukowski P., Bukowska M., Haładus A., 2005: Charakterystyka zagrożeń wodnych w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w związku z restrukturyzacją przemysłu węglowego. Warsztaty 2005 z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”, mat. symp., s. 209–221.
2. Bukowski P., Szczepański A., Niedbalska K., 2015: Stan zagrożeń wodnych w kopalniach węgla kamiennego w związku z ich restrukturyzacją. Przegląd Geologiczny, vol. 63, nr 10/2, s. 616–621.
3. Charakterystyka zakładu, Tauron-wydobycie.pl, [dostęp 10.06.2017], <<http://www.tauron-wydobycie.pl/spolka/zg-sobieski/charakterystyka-zakladu>>
4. Dokumentacja badań podłoża gruntowego dla projektowanej hali magazynowej przy ul. Gdańskiej w Czeladzi. Geopro, Warszawa, 2015a [pr. niepubl.].
5. Dokumentacja z wyników geofizycznych badań elektrooporowych, wykonanych do opinii geologiczno-górnicznej dla terenu objętego planowaną inwestycją budowlaną w Czeladzi przy ul. Trzeci Szyb. Geosolum s.c., Sosnowiec, 2015b [pr. niepubl.].
6. Fajkiewicz Z., Paul J., Radomiński J., 2003: Analiza skuteczności badań geofizycznych w odtwarzaniu wartości budowlanych terenów górniczych na przykładzie minimalizacji skutków katastrofy budowlanej w Tarnowskich Górach. Warsztaty 2003 z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”, mat. symp., s. 403–426.
7. Gałkiewicz T., Śliwiński S., 1983: Charakterystyka geologiczna śląsko-krakowskich złóż cynkowo-ołowiowych. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, vol. 53/1–4, s. 83–90.
8. Głubiak-Witwicka E., Storożenko Z., Paszek L., 2002: Wody podziemne, WIOS, Katowice, s. 91–101.
9. Józefiak B., Nowa metoda wydobycia ocali stare kopalnie, Biznes.onet.pl [dostęp: 10.06.2017], <<http://biznes.onet.pl/wiadomosci/kraj/podsiadlo-nowa-metoda-wydobycia-ocali-stare-kopalnie/re7ts2>>
10. Karte des Oberschlesischen Bergbaues No. 16 – Scharley. Königlischen Oberbergamt zu Breslau, 1912.
11. Kotlicki S., 1962: Problemy hydrogeologiczne triasu region śląsko-krakowskiego. Geological Quarterly, vol. 6, no. 4, s. 605–620.
12. Kotlicki S., 1980: Ogólna charakterystyka geologiczna. W: Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego. A. Różkowski (red.), Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
13. Kotyrba A., Frolik A., Kortas Ł., Siwek S., 2016: Górnośląski system informacji przestrzennej o zagrożeniach powierzchni ziemi na terenach pogórnicznych. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 94, s. 91–104.
14. Kropka J., 1996: Drogi krążenia, zasoby i zagospodarowanie wód podziemnych w triasowym zbiorniku wodonośnym w warunkach aktywnej działalności górnictwa. Przegląd Górniczy nr 8, s. 845–850.
15. Kropka J., Respondek R., 2000: Problemy hydrogeologiczno-górniczne systemu centralnego odwadniania wyrobisk górniczych zlikwidowanych kopalń rud cynku i ołowiu w niecce bytomskiej. Przegląd Geologiczny, vol. 48, nr 8, s. 727–735.
16. Mapa dokumentacyjna w obrębie działki 1947/9 przy ul. Pokoju w Piekarach Śląskich. PGG Geoprojekt Śląsk, 2016.
17. Pilecki Z., Pilecka E., 2016: Podstawowe zasady stosowania metod geofizycznych w badaniu osuwisk i terenów zagrożonych osuwiskami. Zeszyty Naukowe INGSMiE PAN, Kraków, nr 16, s. 131–140.



18. Pilecki Z., Popiołek E., 2010: Geodezyjne i geofizyczne rozpoznanie zagrożenia zapadliskowego. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 190 (6), s. 34–39.
19. Piwowarski W., Żeglicki J., 1977: Charakterystyka złóż w rejonie bytomskim. [w:] *Charakterystyka rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim*. Pawłowska J. (red.), Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
20. Pradela A., Solarski M., 2013: Rozwój górnictwa rud cynku i ołowiu w bytomsko-tarnogórskim rejonie złożowym od końca XVIII wieku do czasów współczesnych. Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko, R. Machowski, M.A. Rzętała (red.), Sosnowiec 2013, s. 43–50.
21. Pszonka J., 2007: Charakterystyka zagrożenia zapadliskowego w niecce bytomskiej na terenach historycznej eksploatacji rud metali w świetle warunków geologicznych i górniczych. *Warsztaty 2007 z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”*, mat. symp., s. 117–136.
22. Stozik G., Jendruś R., 2016: Ocena geotechnicznych i geofizycznych warunków podłoża dla działek położonych przy ul. Podmiejskiej oraz Pokoju w Piekarach Śląskich z uwzględnieniem zaszłości górniczych. *Geoprojekt Śląsk*, [pr. niepubl.].
23. Taylor C.J., Greene E.A., 2008: *Hydrogeologic Characterization and methods used in the investigation of karst hydrology*. U.S. Geological Survey.
24. Tomecka-Suchoń S., 2014: Ocena zagrożenia zapadliskami metodą GPR 4D dla potrzeb uzdatnienia podłoża budowlanego na terenach pogórniczych. *Przegląd Górniczy* nr 7, s. 56–60.
25. Ocena geotechnicznych i geofizycznych warunków podłoża dla działek położonych przy ul. Podmiejskiej oraz Pokoju w Piekarach Śląskich z uwzględnieniem zaszłości górniczych, *Geoprojekt Śląsk*, Katowice 2016 [pr. niepubl.].

### *Assessment of Influence of Mine Drainage on the Sinkhole Occurrence Risk in The Northern part of Bytom Trough*

*In northern part of Upper Silesia Coal Basin, where Triassic deposits overlay Carboniferous strata, difficult conditions of ground surface exist in regard to extraction of shallow meal ore deposits in Triassic and coal in Carboniferous strata. Ground surface over remnants of shallow ore metal mining is endangered by discontinuous deformations, especially in a form of sinkholes. On most of the area mining works are completed, although the risk of sinkholes occurrence is still significant due to high dynamics of ground waters movement in permeable carbonate rocks, supported by drainage of active and closed coal mines as well as presence of old void and current mining works.*

*New mining operations undertaken in Bytom trough assume use of mining system that minimises rock mass movements to avoids development of deformation in Triassic overburden and maximal protection of ground surface. However, from the point of view of hydrogeological phenomena, previous and current mining activity influences accelerated, in relation to natural conditions, processes of erosion and karst development. It results from physical and chemical properties of carbonate rocks as well as increased flow of ground waters generated by drainage of the rock mass. In many cases drainage of mines cannot be seen as temporary process until completion of mining activities. It will be permanently necessary for a reason of drainage of urbanised terrains subsided in results of excessive mining operation, in result of which erosion and karst process will continue. Presence of voids and loose zones in shallow layers of carbonate rocks as well as flooding of rock environment may observed using geophysical measurements, from which the most useful is electrical resistivity method. This method allows, between other, selection of flooded (low resistivity anomalies) and dry (highly resistive anomalies), eventually containing rocks of low permeability, areas.*

*As an illustration of theoretical considerations two examples of measurements have been discussed : an area in Piekary Śląskie, where coal mine extraction took place, and in area of Czeladź, where metal ores do not exist. Conducted measurements, aimed on determination of the risk of sinkholes arise on the ground surface over Triassic foundation undermined by coal mine extraction, confirm strong relation between hydrogeological conditions, which occur in Triassic formations and predisposition for sinkhole occurrence.*

*Keywords: sinkholes, metal ore mining, geophysical measurements, hydrogeology*