



Aleksandra CZAJKOWSKA*, Justyna OSOWSKA**

Wpływ prognozowanych obniżeń terenu wywołanych eksploatacją górnictw na zasięg stref zagrożenia powodziowego

Streszczenie: Jednym z negatywnych skutków podziemnej eksploatacji węgla kamiennego jest zaburzenie warunków wodnych na powierzchni terenu i wzrost zagrożenia powodziowego. Górna część zlewni rzeki Kłodnicy należy do obszarów, gdzie od wielu lat prowadzone są roboty eksploatacyjne, a skutkiem prowadzonych prac są zaburzenia grawitacyjnego spływu wód powierzchniowych oraz powiększający się zasięg podtopień i zalewisk w dolinie rzeki i jej dopływów. W obszarze tym przewiduje się dalszą podziemną eksploatację węgla kamiennego, która prowadzona będzie głównie systemem z zawalem stropu i docelowo obejmie okres do roku 2045. Maksymalne prognozowane osiadania terenu dochodzić będą do wartości około 17,5 m.

Do wyznaczenia zasięgu stref zagrożenia powodziowego w zlewni Kłodnicy, na odcinku jej przepływu przez obszary górnicze kopalń, opracowano dwuwymiarowy model rzeki z wykorzystaniem oprogramowania MIKE FLOOD, pakietu łączącego w sobie model jednowymiarowy MIKE 11 i dwuwymiarowy MIKE 21, pozwalającego określić wzajemne oddziaływanie rzeki i terenów zalewowych. Obliczenia wykonano dla fali hipotetycznej o kulminacji odpowiadającej przepływowi o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 0,2\%$. W artykule przedstawiono wyniki symulacji przeprowadzonych dla dwóch scenariuszy powodziowych: uwzględniających aktualne ukształtowanie powierzchni terenu odwzorowanego w postaci Numerycznego Modelu Terenu (NMT) oraz dla powierzchni terenu obniżonej o wielkość prognozowanych osiadań, wykorzystując zmodyfikowany NMT. Jako narzędzie wspomagające proces modelowania wykorzystano oprogramowanie ArcGIS Desktop. Prognozowane obniżenia powierzchni terenu zwiększą zagrożenie powodziowe w górnej części zlewni Kłodnicy. Nastąpi pogorszenie warunków spływu wód i zwiększenie zasięgu obszarów bezodpływowych, a strefa zalewowa będzie stwarzać bezpośrednie zagrożenie dla zabudowy mieszkaniowej.

Słowa kluczowe: zagrożenie powodziowe, strefa zalewowa, osiadania terenu, model dwuwymiarowy, tereny górnicze

Influence of predicted ground subsidence caused by underground coal mining operations on the extent of flood hazard zones

Abstract: One of the negative effects of underground coal mining operations is a disorder of the surface water conditions and an increase in the flood hazard. The upper part of the Kłodnica river basin is an area in which mining ac-

* Dr inż., ** Mgr inż. Politechnika Śląska, Gliwice; e-mail: Aleksandra.Czajkowska@polsl.pl

tivities are conducted. The disturbance of the gravitational flow of water and enlarging the range of inundations and ponds in the river and ponds in the main river and side streams valleys are the results of these mining activities. It is expected that further underground coal mining operations will be conducted using the logwall caving method and it will be conducted until 2045. The maximum predicted ground subsidences will be equal to 17.5 m. A two – dimensional model of the Kłodnica river was created using MIKE FLOOD computer software to determine the extent of flood hazard zones in the Kłodnica river basin in the section where it passes the mining areas. MIKE FLOOD is a package which contains 1D and 2D flood simulation engines and enables to identify the interactions between the river and the floodplains. Model calculations were made for a hypothetical flood-wave with its culmination corresponding to a flow of exceedance probability $p = 0.2\%$. In the article, the results of simulations for two flood scenarios were compared: for the current topography based on the digital terrain model (DTM) and for the topography including predicted ground subsidence using the modified DTM. ArcGIS Desktop was used as the software supporting the modeling process. The predicted ground subsidence will make the flood hazard higher in the upper part of Kłodnica river basin. The conditions of the flow of water will get worse and the extent of drainless areas will enlarge. The floodplain will create a risk to residential housing.

Keywords: flood hazard, floodplain, ground subsidence, two-dimensional model, mining areas

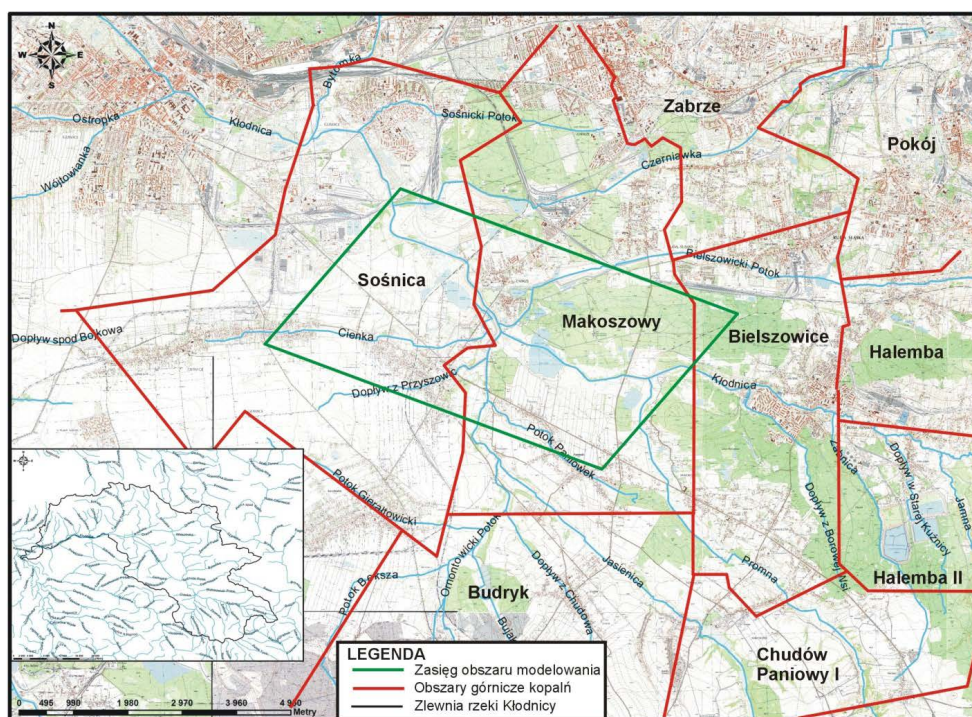
Wprowadzenie

Wyznaczanie stref zagrożenia powodziowego jest jednym z nadrzędnych działań związanych z szeroko pojętą ochroną przeciwpowodziową. Jest ona rozumiana jako likwidacja przyczyn wpływających na zasięg i charakter zagrożenia powodziowego, która może skutkować zmianami w zagospodarowaniu terenów. Na obszarach poddanych wpływom podziemnej eksploatacji górniczej problem ochrony przeciwpowodziowej nabiera szczególnego znaczenia.

Wieloletnie roboty eksploatacyjne, prowadzone głównie systemem ścianowym na zawał wywołują znaczne osiadania powierzchni terenu i zmiany jego ukształtowania. Fakt ten pociąga za sobą niekorzystne zmiany w warunkach wodnych rejonu, tj. zaburzenia grawitacyjnego spływu wód powierzchniowych, postępujące zawodnienie terenu, tworzenie podtopień i zalewisk w nieckach osiadania (Pozzi i in. 2008, 2009; Ekspertyza... 2012). O powstawaniu zalewisk decydują nie tylko wielkość i rozkład poeksploatacyjnych obniżen powierzchni, ale także zabiegi hydrotechniczne podejmowane przez kopalnie dla likwidacji powstałych przekształceń (Opracowanie... 2004). Do zabiegów takich należy zaliczyć prace związane z pogłębieniem koryt cieków, budowę kolektorów wodnych, budowę przepompowni odprowadzających wodę z bezodpływowych zalewisk. Szczególne nagromadzenie zalewisk obserwuje się w górnej części zlewni Kłodnicy, w dolinie rzeki i jej dopływów. Jest to obszar, gdzie od lat prowadzona jest działalność wydobywcza węgla kamiennego. Zagrożenie powodziowe na tym obszarze związane jest nie tylko bezpośrednio z Kłodnicą, ale także z jej dopływami, które na skutek intensywnej działalności wydobywczej i urbanizacji zmieniają w sposób ciągły swój charakter, stwarzając zagrożenie również na obszarach niebędących w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki Kłodnicy. Dalsze planowane roboty eksploatacyjne i prognozowane pogłębienie istniejących niecek osiadania mogą skutkować postępującymi niekorzystnymi zmianami warunków wodnych, przesunięciem granic zawodnienia terenu, a w konsekwencji zwiększeniem zagrożenia powodziowego.

1. Charakterystyka obszaru badań

Dla określenia wpływu prognozowanych obniżen terenu wywołanych eksploatacją górniczą na zasięg stref zagrożenia powodziowego przeprowadzono modelowanie dwuwymiarowe dla fragmentu zlewni Kłodnicy, będącego w zasięgu największych oddziaływań antropogenicznych. Wytypowano obszar w górnym biegu rzeki Kłodnicy, który obejmuje tereny miast Zabrze i Gliwice oraz gminy Gierałtowiec (rys. 1).



Rys. 1. Mapa zlewni rzeki Kłodnicy z obszarem objętym modelowaniem dwuwymiarowym

Fig. 1. Kłodnica river basin map with the area covered by a two – dimensional model

W górnej i środkowej części zlewni Kłodnicy prowadzono lub prowadzi się nadal wydobycie węgla kamiennego w kopalniach podziemnych. W granicach zlewni znajdują się czynne kopalnie: Bielszowice, Bobrek–Centrum, Bolesław Śmiały, Budryk, Halemba–Wirek, Pokój, Knurów–Szczygłowice oraz Sośnica–Makoszowy (rys. 1). Obszary górnicze zajmują łącznie około 30,6% powierzchni zlewni (Eksperytyza... 2012; Dokumentacja... 2004; Banaszak i in. 2012). Kopalnie zlikwidowane (w tym między innymi Gliwice, Pstrowski czy Jadwiga) nie pozostają również bez wpływu na warunki wodne w zlewni Kłodnicy. Spółka Restrukturyzacji Kopalń (Oddział w Czeladzi „Centralny Zakład Odwadniania Kopalń”), zajmująca się w dalszym ciągu ich odwadnianiem, doprowadza wody kopalniane do Kłodnicy i Bytomki.

Zlewnia Kłodnicy ma rozwiniętą sieć hydrograficzną, która obejmuje zarówno naturalne ciek powierzchniowe (rzeki, potoki), jak i kanały (w tym Kanał Gliwicki) oraz liczne zbior-

niki wodne. Do Kłodnicy uchodzi 28 dopływów, z których najdłuższe to: Drama (25,16 km), Bytomka (20,81 km) i Toszecki Potok (18,06 km). Na terenie zlewni Kłodnicy poza dużymi sztucznymi zbiornikami wodnymi w dolnej jej części (m.in. Dzierżno Duże o pow. 5,2 km², czy Pławniowice o pow. 2,5 km²) znajduje się około 70 zbiorników wodnych o powierzchni mniejszej niż 1 km², których łączna wielkość wynosi około 1,2 km² (Czajkowska i Osowska 2014; Banaszak i in. 2012). Największe nagromadzenie takich zbiorników występuje na obszarze objętym modelem dwuwymiarowym, tj. na terenie gminy Gierałtowice oraz miast Gliwice i Zabrze (w szczególności w dzielnicy Makoszowy). Spośród wymienionych powyżej czynnych kopalń węgla kamiennego największy wpływ na powstawanie zalewisk w tej części zlewni miały KWK Knurów–Szczygłowice, Sośnica–Makoszowy i Budryk (Ekspertyza... 2012).

Na terenie gminy Gierałtowice znajduje się 10 obszarów problemowych, na których występują liczne zalewiska, stanowiące w mniejszym lub większym stopniu zagrożenie dla mieszkańców gminy. Wysoki stopień zagrożenia stanowi zalewisko na lewym brzegu Dopływu z Przyszowic, powodujące bezpośrednie zagrożenie dla zabudowy mieszkaniowej. Średnie zagrożenie stanowią zbiorniki, występujące na terenach zielonych i uprawnych, ale które jednocześnie powodują realne zagrożenie dla zabudowy mieszkaniowej. Na terenie gminy występuje 6 takich zalewisk, z czego 3 w okolicach Potoku Chudowskiego, a pozostałe w rejonie Potoku Gierałtowskiego (fot. 1) oraz zbiorników Sośnica I i Sośnica II.



Fot. 1. Potok Gierałtowski – widok zalewiska (w górę ciek)

Fot. 1. Gierałtowski stream – flood plain view (upstream)

Kolejne 3 zalewiska o niskim stopniu zagrożenia dla otaczających je łąk i terenów rolnych znajdują się w okolicach Potoku Beksza (dopływu Potoku Ornontowickiego), na zawalu Kłodnicy od strony gminy Gierałtowiec oraz na lewym brzegu Potoku Chudowskiego ([Ekspertyza... 2012](#)).

Na terenie Zabrze występuje 5 zalewisk, spośród których zalewisko występujące na prawym brzegu Kłodnicy w rejonie ujściowym starego koryta Potoku Bielszowickiego najbardziej zagraża zabudowie mieszkaniowej. Do zalewisk stwarzających średnie zagrożenie należy zaliczyć zalewisko na lewym brzegu Potoku Bielszowickiego w Zabrzu występujące na terenach leśnych (z uwagi na bliskość cmentarza) oraz zbiornik na Potoku Mikulczyckim (ze względu na bezpośrednie sąsiedztwo z terenami mieszkalnymi). Kolejne 2 zalewiska występujące na prawym brzegu Potoku Bielszowickiego i na prawym brzegu Kłodnicy stanowią niskie zagrożenie. Pierwsze z nich znajduje się na obszarach zielonych, drugie natomiast na obszarach leśnych i może w przyszłości stanowić rezerwę retencyjną ([Ekspertyza... 2012](#)).

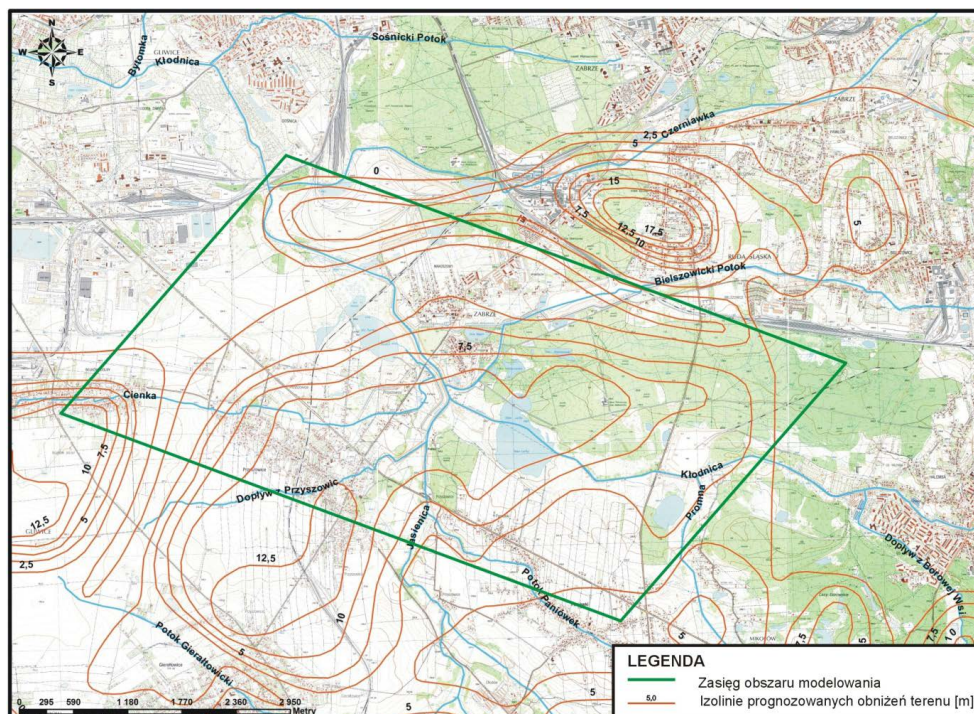
Na terenie Gliwic znajduje się 7 obszarów problemowych. Zalewiska o wysokim stopniu zagrożenia występują na terenach śródmiejskich (w dolinach Kłodnicy, Ostropki i Bytomki), co wiąże się z potencjalnym zalaniem terenów mieszkalnych oraz przemysłowo-usługowych. Dodatkowo zalewisko na lewym brzegu Kłodnicy jest w bezpośrednim sąsiedztwie oczyszczalni ścieków, co zwiększa ryzyko skażenia środowiska. Zalewiska w rejonie ujścia Wójtowianki do Ostropki oraz na lewym brzegu Kłodnicy stwarzają średnie zagrożenie – pierwsze z nich ze względu na zabudowę mieszkaniową, natomiast drugie z uwagi na narażenie terenów gospodarczych oraz ogródków działkowych. Najmniejsze zagrożenie stwarza zalewisko na Kłodnicy w rejonie ujścia Bytomki, obejmujące głównie ogródki działkowe ([Ekspertyza... 2012](#)).

2. Wpływ projektowanej eksploatacji na wielkość obniżeń terenu

W rozpatrywanym obszarze zlewni Kłodnicy projektowana jest dalsza eksploatacja podziemna pokładów węgla kamiennego przez kopalnie należące do Kompanii Węglowej SA w Katowicach (Sośnica–Makoszowy, Bielszowice i Halemba–Wirek) oraz Jastrzębskiej Spółki Węglowej w Jastrzębiu Zdroju (Knurów–Szczygłowice i Budryk). Przewiduje się, że eksploatacja prowadzona będzie głównie systemem z zawalem stropu i docelowo obejmie ona okres do roku 2045.

Mapy izolinii prognozowanych osiadań dla obszarów kopalń Sośnica i Makoszowy opracowane zostały na bazie węglozasobności dla okresu docelowego zagospodarowania złoża. Uwzględniono wyłączenie z eksploatacji górniczej pasa terenu w linii przebiegu autostrad A1 i A4. Z pozostałych kopalń uzyskano mapy izolinii prognozowanych osiadań, opracowane dla okresu projektowanej docelowej eksploatacji górniczej w latach 2015–2045. W pasie granicznym między obszarami górniczymi przebieg izolinii prognozowanych osiadań został zweryfikowany z uwzględnieniem sumowania się wpływów ([Projekt badawczy N N524 468839 ... 2015](#)).

Prognozowane osiadania terenu w rozpatrywanym obszarze w okresie do roku 2045 dochodzą maksymalnie do wartości około 17,5 m (rys. 2) i są związane z pracą kopalni Sośnica–Makoszowy. Jedna niecka o głębokości maksymalnej przekraczającej 17,5 m



Rys. 2. Prognozowane osiadania terenu na obszarze objętym modelem dwuwymiarowym

Fig. 2. Predicted ground subsidence on the area covered by the two – dimensional model

występuje w rejonie dzielnicy Kończyce w Rudzie Śląskiej, druga natomiast znajduje się w południowo-zachodniej części obszaru modelowania w rejonie dzielnicy Bojków Dolny w Gliwicach. W północno-wschodniej części obszaru modelowania (na obszarze oddziaływań kopalni Halemba) na granicy dzielnic Wirek i Halemba w Rudzie Śląskiej na Potoku Bielszowickim obniżenia osiągną wartość rzędu 15 m. Maksymalne osiadania związane z eksploatacją w kopalni Bielszowice dochodzą do 10 m i znajdują się w południowej części jej obszaru górniczego pomiędzy Promną i Dopływem z Borowej Wsi w rejonie Mikołowa (Projekt badawczy N N524 468839... 2015).

Największe osiadania w korycie rzeki Kłodnicy prognozuje się w okolicach ujścia Potoku Jasienica w gminie Przystawice. Wyniosą one około 10 m.

3. Opracowanie dwuwymiarowego modelu z wykorzystaniem oprogramowania MIKE FLOOD do wyznaczenia stref zalewowych

W celu wyznaczenia stref zagrożenia powodziowego opracowano model dwuwymiarowy rzeki Kłodnicy na odcinku jej przepływu przez obszary górnicze kopalń węgla kamiennego. Modelowanie przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania Duńskiego Instytutu Hydrauliki (DHI) MIKE FLOOD – pakietu łączącego w sobie model jednowymiarowy MIKE 11 i dwuwymiarowy MIKE 21. Obydwa programy – MIKE 11 oraz MIKE 21 –

bazują na metodzie hydraulicznej znanej pod nazwą „metoda fali dynamicznej”. Metoda ta opisana jest zintegrowanymi równaniami Saint-Venanta, opartymi na prawach zachowania masy i pędu. Równania te rozwiązywane są za pomocą różnic skończonych, przy wykorzystaniu 6-punktowego schematu Abbotta-Ionescu (MIKE FLOOD... 2011; MIKE 11... 2011). Przepływ wody w korycie ciekła został odwzorowany za pomocą modelu MIKE 11; w momencie wystąpienia wody z koryta na obszary zalewowe, symulacja przepływu została przeprowadzona w modelu dwuwymiarowym MIKE 21. Obliczenia przeprowadzono dla fali hipotetycznej o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 0,2\%$, wygenerowanej przy wykorzystaniu metody Reitza–Krebsa (Ciepielowski i Dąbkowski 2006).

Budowa modelu i wykonanie obliczeń wymagały zgromadzenia wielu danych wejściowych, obejmujących dane hydrologiczne (przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie pojawiania się, hydrogramy przepływu, krzywe natężenia przepływów), dane geodezyjne (przekroje geodezyjne koryta rzeki Kłodnicy, przekroje dolinowe, informacje o geometrii wszystkich obiektów inżynierskich na rzece, takich jak mosty, stopnie wodne, przepusty), dane GIS (mapy topograficzne, hydrograficzne, ortofotomapy, baza danych topograficznych, numeryczny model terenu). Wszystkie wymienione dane wprowadzane są do modelu za pomocą specjalnych wewnętrznych edytorów. Następnie dane łączone ze sobą w edytorze parametrów symulacji, który jest obiektem sterującym dla wykonania obliczeń modelowych.

W pierwszej kolejności opracowano model jednowymiarowy rzeki Kłodnicy. Prace te obejmowały następujące etapy: odwzorowanie kształtu i przebiegu koryta rzeki (digitalizacja), wprowadzenie przekrojów poprzecznych koryta rzeczno i doliny wraz z oszacowaniem współczynników szorstkości („n” wg Manninga) – w podziale na koryto główne oraz prawą i lewą terasę zalewową, wprowadzenie budowli inżynierskich, wykonanie obliczeń hydrologicznych i ustalenie warunków brzegowych, ustalenie parametrów hydrodynamicznych i początkowych oraz wykonanie obliczeń modelowych.

Następnie opracowano model dwuwymiarowy Kłodnicy w programie MIKE 21. Prace rozpoczęto od przygotowania plików odwzorowujących ukształtowanie terenu (batymetria). W tym celu zaimplementowano do programu MIKE 21 numeryczny model terenu, na którego siatce prowadzi się obliczenia rzędnych zwierciadła wody, prędkości oraz kierunków przepływu. Z uwagi na fakt, iż dostępny NMT zapisany był w odmiennym formacie od wymaganego przez model hydrodynamiczny, wykonano prace polegające na jego obróbce i dostosowaniu do postaci akceptowalnej przez model. Prace te objęły między innymi konwersję i eksport NMT z formatu TIN do formatu GRID przy wykorzystaniu narzędzi ArcGIS Desktop. W kolejnej fazie budowy modelu ustalono współczynniki szorstkości, które są podstawowymi parametrami, służącymi do kalibracji modelu hydrodynamicznego. W celu dokładnego uwzględnienia w obliczeniach modelowych oporów przepływu wody wynikających z różnych form pokrycia terenu międzywał, dokonano szczegółowej analizy rodzajów użytkowania i zagospodarowania międzywał (Projekt badawczy N N524 468839... 2015). Utworzono w oprogramowaniu ArcGIS mapę szorstkości z wykorzystaniem ortofotomap oraz map topograficznych, a następnie zaimportowano ją do modelu. Jako schemat obliczeniowy modelu dwuwymiarowego przyjęto model przepływu – Flow Model, dla którego ustalono parametry podstawowe i hydrauliczne. Jako moduł obliczeniowy przyjęto moduł hydrodynamiczny (Hydrodynamic Only), ustalono typ obliczeń jako *cold start* – tj. start obliczeń z warunków początkowych oraz założono, że model będzie zasilany jedynie z modelu jednowymiarowego. Ustalono czas symulacji, przyjmując 7 830 000 kroków czasowych o interwale 0,1 s.

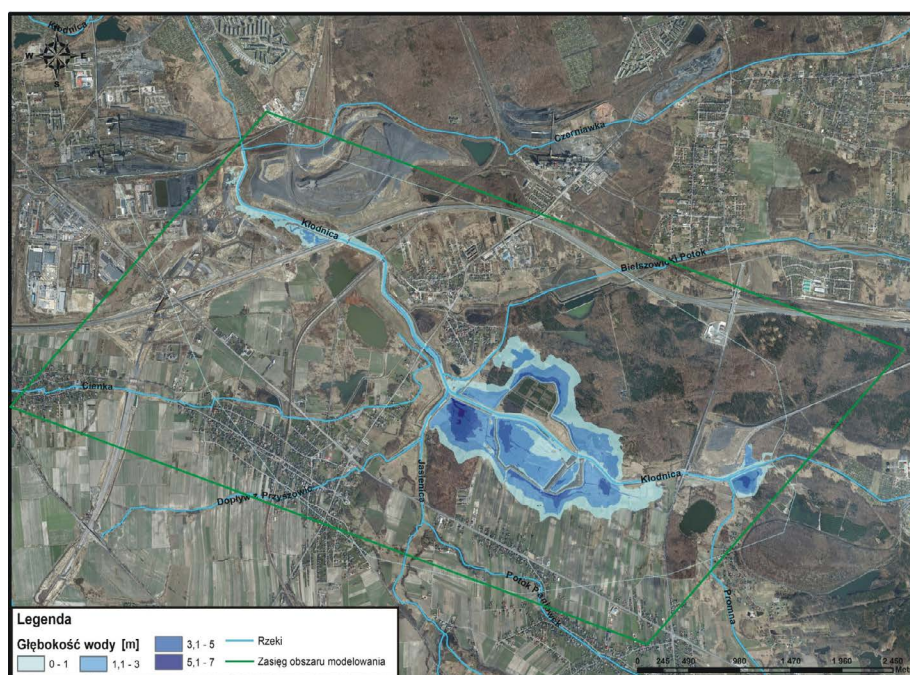
Następnie w narzędziu MIKE FLOOD dokonano połączenia koryta głównego, odwzorowanego w modelu jednowymiarowym z terasami zalewowymi z modelu 2D, tworząc plik integrujący z rozszerzeniem *.couple. W celu połączenia modeli wykorzystano tzw. *lateral links* (połączenia równoległe) i *standard links*, za pomocą których opisano przepływ wody pomiędzy modelem 1D i 2D.

Wykorzystując opracowany model przeprowadzono obliczenia symulacyjne dla fali hipotetycznej o kulminacji odpowiadającej przepływowi o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 0,2\%$. Obliczenia modelowe wykonano dla aktualnego ukształtowania powierzchni terenu oraz ze względu na specyfikę rejonu, dla stanu uwzględniającego obniżenie terenu pod wpływem prognozowanych osiadań. W tym celu dokonano modyfikacji NMT o wielkość osiadań wykorzystując do tego narzędzia ArcGIS Desktop.

4. Strefy zagrożenia powodziowego

W wyniku przejścia fali powodziowej o prawdopodobieństwie pojawienia się $p = 0,2\%$ (raz na 500 lat) przy aktualnym ukształtowaniu powierzchni terenu powstaną tereny zalewowe w głównej mierze w środkowej części obszaru objętego modelem oraz w mniejszym stopniu w górnej i dolnej jego części (rys. 3).

Największy zasięg strefy zalewowej będzie miał miejsce w środkowej części obszaru i obejmie on tereny położone na obydwu brzegach Kłodnicy, na odcinku pomiędzy Promną



Rys. 3. Zasięg strefy zalewowej dla $Q_p = 0,2\%$ i aktualnego ukształtowania powierzchni terenu

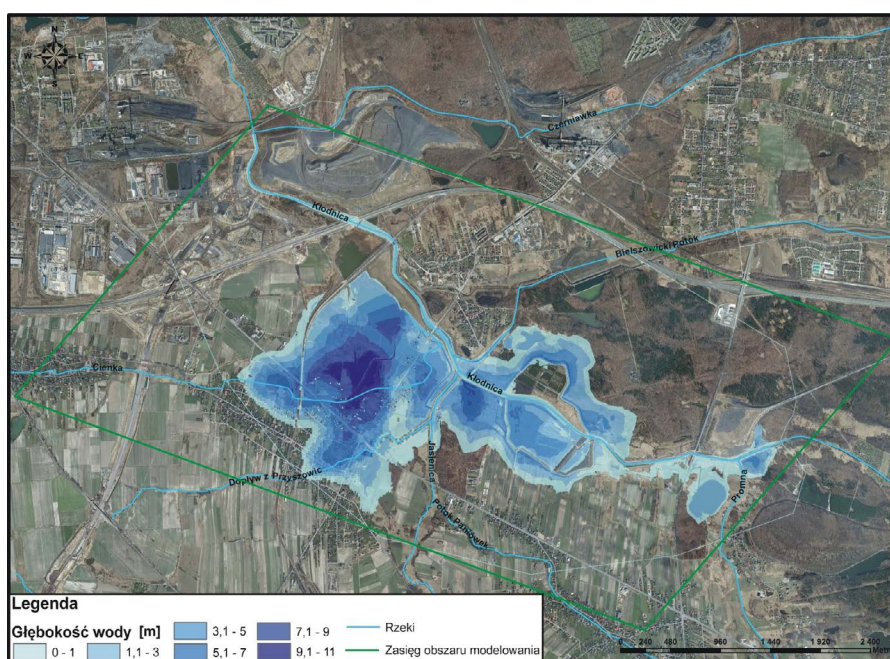
Fig. 3. Extent of the floodplain for a flow of $Q_p = 0.2\%$ and the current topography

a Potokiem Bielszowickim. Na prawym brzegu Kłodnicy, powyżej Potoku Bielszowickiego zalewem objęty zostanie obszar do 750 m od koryta Kłodnicy, natomiast na lewym brzegu, powyżej ujścia Jasienicy powierzchnia zalana sięgać będzie do 720 m od koryta. Strefa zalewowa na prawym brzegu Kłodnicy obejmie głównie łąki i lasy, a głębokość wody sięgnie 6 m. Na lewym brzegu Kłodnicy zalaniu ulegną tereny o podobnym charakterze, a głębokość wody przy ujściu Jasienicy do Kłodnicy będzie największa i przekroczy 7 m (rys. 3).

Przy wschodniej granicy obszaru modelowania, na wysokości Borowej Wsi, na prawym brzegu Kłodnicy zalaniu ulegną tereny leśne w promieniu nie większym niż 250 m od rzeki Kłodnicy. Głębokość wody wyniesie maksymalnie 3 m. Na lewym brzegu Kłodnicy, w okolicach ujścia Promnej, zalaniu ulegną głównie tereny rolne i leśne. Powiększeniu ulegnie istniejące zalewisko na prawym brzegu Promnej, sięgając do 250 m od koryta Kłodnicy. Woda osiągnie tutaj maksymalną głębokość 5 m. Zalewem zostanie objęty również ujściowy odcinek Promnej do Kłodnicy (ok. 130 m), gdzie woda osiągnie maksymalną głębokość 3 m.

Najmniejszy zasięg będzie miała strefa zalewowa w północno-zachodniej części obszaru objętego modelem dwuwymiarowym. Zalaniu ulegnie obszar na północ od Przyszowic w rejonie starorzecza Kłodnicy. Zalewem zostanie objęty obszar na lewym brzegu Kłodnicy w promieniu nie większym niż 210 m, a woda osiągnie maksymalną głębokość 3 m (rys. 3).

Wystąpienie fali powodziowej o prawdopodobieństwie pojawienia się $p = 0,2\%$ na analizowanym obszarze, przekształconym pod wpływem prognozowanych osiadań spowoduje znaczne pogłębienie i powiększenie zasięgu strefy zalewowej, przede wszystkim na obszarze gminy Gierałtówice, w dolinie Potoku Cienka i Dopływu z Przyszowic (rys. 4).



Rys. 4. Zasięg strefy zalewowej dla dla $Q_p = 0,2\%$ i stanu uwzględniającego obniżenie terenu pod wpływem prognozowanych osiadań

Fig. 4. Extent of the floodplain for a flow of $Q_p = 0,2\%$ and the topography including predicted ground subsidence

W rejonie Przyszowic, gdzie osiadania przekroczą 12,5 m, zalewem objęty zostanie obszar na lewym brzegu Kłodnicy, w promieniu około 1900 m od rzeki. Zalaniu ulegną pola oraz w dużej mierze tereny mieszkalne. Największa głębokość wody na tym obszarze przekroczy 11 m i znajdzie się w bezpośrednim sąsiedztwie terenów zabudowanych, na lewym brzegu Potoku Cienka. Obecnie za sprawą poeksploatacyjnych obniżen terenu, okolice Potoku Cienka stanowią obszar bezodpływowy, z którego nie ma możliwości grawitacyjnego odprowadzenia wody do Kłodnicy. Wody z potoku gromadzi się w zbiorniku technologicznym Sośnica I, skąd są przetłaczane do odbiornika za pomocą przepompowni. Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń symulacyjnych, miejsce to należy uznać za szczególnie newralgiczne, gdyż dalsze planowane roboty eksploatacyjne w tym rejonie spowodują pogłębienie istniejących niecek osiadania, a tym samym zwiększenie zasięgu obszarów bezodpływowych i wzrost zagrożenia powodziowego.

W rejonie ujścia Potoku Bielszowickiego, gdzie wielkość prognozowanych osiadań terenu przekroczy 10 m, zasięg strefy zalewowej powiększy się o około 80 m w kierunku północnym. Głębokość wody może zwiększyć się maksymalnie do 7 m.

We wschodniej części obszaru objętego modelem, na lewym brzegu Kłodnicy, gdzie osiadania mogą sięgnąć od 5–7,5 m nie zauważa się zmian w zasięgu i głębokości strefy zalewowej. Na prawym brzegu Kłodnicy, powyżej ujścia Promnej, zasięg strefy pozostanie podobny, jednak głębokość wody wzrośnie maksymalnie do 4 m. Na lewym brzegu Kłodnicy, poniżej ujścia Promnej powiększy się istniejące zalewisko, sięgając maksymalnie do 660 m od koryta Kłodnicy. Zalaniu ulegną głównie tereny rolne i leśne, a głębokość wody nie przekroczy 2 m. Na prawym brzegu Jasienicy, gdzie prognozowane osiadania przekroczą 10 m, zasięg strefy zalewowej powiększy się o około 100 m. Woda osiągnie maksymalną głębokość wynoszącą 8 m (rys. 4).

Podsumowanie

Górna część zlewni Kłodnicy należy do obszarów silnie przekształconych wieloletnią działalnością wydobywczą. Podziemna eksploatacja węgla kamiennego prowadzona przez liczne kopalnie spowodowała istotne zmiany w warunkach wodnych tego obszaru. Zmiany te dotyczą zaburzeń naturalnego spływu wód powierzchniowych oraz tworzenia się zalewisk w nieckach osiadań. Dotychczasowa eksploatacja spowodowała przede wszystkim niekorzystne zmiany w dolinie Kłodnicy i jej dopływów, przyczyniając się do deformacji koryt cieków, tworzenia przeciwsпадków zmniejszających nachylenie cieków i utrudniających grawitacyjny spływ wód. Dla zapewnienia możliwości grawitacyjnego odpływu wody i minimalizacji ryzyka powodzi na tym obszarze, koryto Kłodnicy podlegało systematycznej regulacji oraz obwałowaniom, a miejscami przerzut wody z dopływów do odbiornika odbywa się za pomocą przepompowni.

Dalsza projektowana eksploatacja i wielkość prognozowanych osiadań mogą przyczynić się do pogorszenia istniejącej sytuacji i zwiększenia zagrożenia powodziowego na analizowanym obszarze. W celu określenia wpływu prognozowanych obniżen terenu wywołanych eksploatacją górniczą na stopień zagrożenia powodziowego opracowano dwuwymiarowy model rzeki Kłodnicy, na odcinku jej przepływu przez obszary górnicze kopalń węgla kamiennego, wykorzystując oprogramowanie MIKE FLOOD. Model posłużył do wygene-

rowania zasięgu stref zagrożenia powodziowego przy prawdopodobieństwie wystąpienia powodzi raz na 500 lat ($p = 0,2\%$). Przeprowadzone obliczenia symulacyjne dla aktualnego ukształtowania powierzchni terenu oraz powierzchni „obniżonej” pod wpływem prognozowanych osiadań pozwoliły na porównanie zasięgu i głębokości hipotetycznych stref zalewowych.

Przy aktualnym ukształtowaniu powierzchni terenu strefy zalewowe utworzą się w środkowej części modelowanego obszaru, w dolinie Kłodnicy powyżej ujścia Jasienicy i Potoku Bielszowickiego. Zawodnienie obejmie obszar do 750 m od koryta rzeki, a maksymalna głębokość wody w strefie zalewowej dochodzić będzie do 7 m.

Przy uwzględnieniu prognozowanych deformacji ciągłych, wynikających z projektowanej docelowo eksploatacji zasięg stref zalewowych ulegnie znacznemu powiększeniu, zwiększając zagrożenie powodziowe na analizowanym obszarze. Szczególnie niekorzystna sytuacja będzie mieć miejsce na obszarze gminy Gierałtówice, gdzie wielkość prognozowanych osiadań terenu dochodzi do 12,5 m. W wyniku nałożenia się wpływów ulegnie powiększeniu zasięg terenu bezodpływowego. Zalewisko, jakie utworzy się w wyniku przejścia fali powodziowej o prawdopodobieństwie pojawienia się $p = 0,2\%$, obejmie swym zasięgiem doliny potoków Cienka i Dopływu z Przyszowic, stwarzając zagrożenie dla istniejącej zabudowy mieszkaniowej. Głębokość wody w strefie zalewowej dochodzić będzie do 11 m. W linii potoków wystąpi dalsze pogorszenie warunków spływu wody, które nałożą się na zmiany dotychczas wywołane. Zachowanie grawitacyjnego spływu wód i likwidacja podtopień wymagać będzie znacznych pogłębień koryt cieków.

Opracowane mapy przedstawiające zasięg stref zalewowych dla analizowanego obszaru z uwzględnieniem prognozowanych osiadań terenu powinny stanowić punkt wyjścia do właściwego zagospodarowania tych terenów. Zagospodarowanie to powinno być dostosowane do istniejącego zagrożenia powodziowego i uwzględniać działania zmniejszające zagrożenie i ryzyko powodziowe oraz korzystnie wpływające na stan środowiska przyrodniczego. Istniejące zabezpieczenia oraz działania (głównie o charakterze miejscowym) dotychczas podejmowane przez gminy znajdujące się w granicach obszaru objętego modelem, nie są w stanie istotnie zmniejszyć zagrożenia powodziowego na omawianym terenie, jak również nie wpływają na zmniejszenie fali powodziowej w zlewni Kłodnicy.

Literatura

- Banaszak i in. 2012 – Banaszak, K., Hobot, A., Komosa, M., Stachura, A., Misiewicz, M., Cichy, J., Gajda, M. i Pradela, A. 2012. *Charakterystyka zlewni Kłodnicy*. Gliwice, „Pectore-Eco” Sp. z o.o.
- Ciepielowski, A. i Dąbkowski, Sz.L. 2006. *Metody obliczeń przepływów maksymalnych w małych zlewniach rzecznych (z przykładami)*. Bydgoszcz, Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO.
- Czajkowska, A. i Osowska, J. 2014. Wykorzystanie oprogramowania ArcGIS Desktop i MIKE 11 do wyznaczenia stref zagrożenia powodziowego. *Geochemia i geologia środowiska terenów uprzemysłowionych*. [W:] *Geochemia i geologia środowiska terenów uprzemysłowionych*. Monografia pod red. M. Pozzi. Gliwice, Wydawnictwo PA NOVA, 220–235.
- Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w zlewni rzeki Kłodnicy 2004. ARCADIS Ekokonrem Sp. z o.o. Wrocław.
- Eksperytyza dotycząca możliwości do przeprowadzenia działań hydrotechnicznych, mających na celu ochronę przed powodzią terenów położonych na obszarach granicznych Gminy Gierałtówice i Miasta Zabrze oraz w dalszym biegu rzeki Kłodnicy na terenie Miasta Gliwice* 2012. GIG Katowice Zakład Ochrony Wód. Katowice.

- MIKE 11 – A modelling system for rivers and channels. Short Introduction, Tutorial. MIKE by DHI, 2011.
- MIKE FLOOD – 1D-2D Modelling. Automated flood modelling and mapping. User Manual. MIKE by DHI 2011.
- Opracowanie ekofizjograficzne do Planu Zagospodarowania województwa śląskiego. 2004, [Online] Dostępne w: www.slaskie.pl [Dostęp: 1.07.2016].
- Pozzi i in. 2009 – Pozzi, M., Cempiel, E. i Czajkowska, A. 2009. Likwidacja zagrożenia powodziowego na terenach zdegradowanych działalnością górniczą na przykładzie gminy Gierałtów. [W:] *Rekultywacja i rewitalizacja terenów zdegradowanych*. Praca zbiorowa pod red. G. Maliny. Poznań, Wydawnictwo Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Wielkopolski, s. 345–354.
- Pozzi i in. 2008 – Pozzi, M., Cempiel, E., Czajkowska, A. i Marcisz, M. 2008. *Analiza istniejących i projektowanych rozwiązań hydrotechnicznych na terenie gminy Gierałtów w celu wypracowania koncepcji likwidacji zagrożenia powodziowego gminy Gierałtów w Gierałtowie*. Materiały niepublikowane, archiwum Instytutu Geologii Stosowanej, Gliwice.
- Projekt badawczy N N524 468839 2015: *Określenie zagrożenia powodziowego w zlewni na terenach Górniczych z wykorzystaniem modelowania matematycznego na przykładzie rzeki Kłodnicy*, Gliwice.