

Aleksandra Czajkowska*

KSZTAŁTOWANIE SIĘ ZASIĘGU STREF ZALEWOWYCH W NASTĘPSTWIE OBNIŻEŃ POWIERZCHNI TERENU WYWOŁANYCH PROGNOZOWANĄ EKSPLOATACJĄ WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie

Stosunki wodne w górnej części zlewni rzeki Kłodnicy są kształtowane w głównej mierze przez prowadzoną od dziesięcioleci działalność wydobywczą, która przyczynia się do powstawania podtopień i zalewisk w dolinie rzeki i jej dopływów. W artykule pokazano wpływ prognozowanych obniżeń terenu na zasięg i głębokość stref zalewowych, utworzonych w wyniku przejścia hipotetycznej fali powodziowej o prawdopodobieństwie pojawienia się $p=0,2\%$, a tym samym na wielkość zagrożenia powodziowego w tej części zlewni. Strefy zalewowe zostały wygenerowane w wyniku symulacji przeprowadzonych na opracowanym dwuwymiarowym modelu rzeki Kłodnicy, z wykorzystaniem oprogramowania MIKE FLOOD.

Słowa kluczowe: strefa zalewowa, osiadania powierzchni terenu, tereny górnicze, model hydrauliczny MIKE FLOOD

WPROWADZENIE

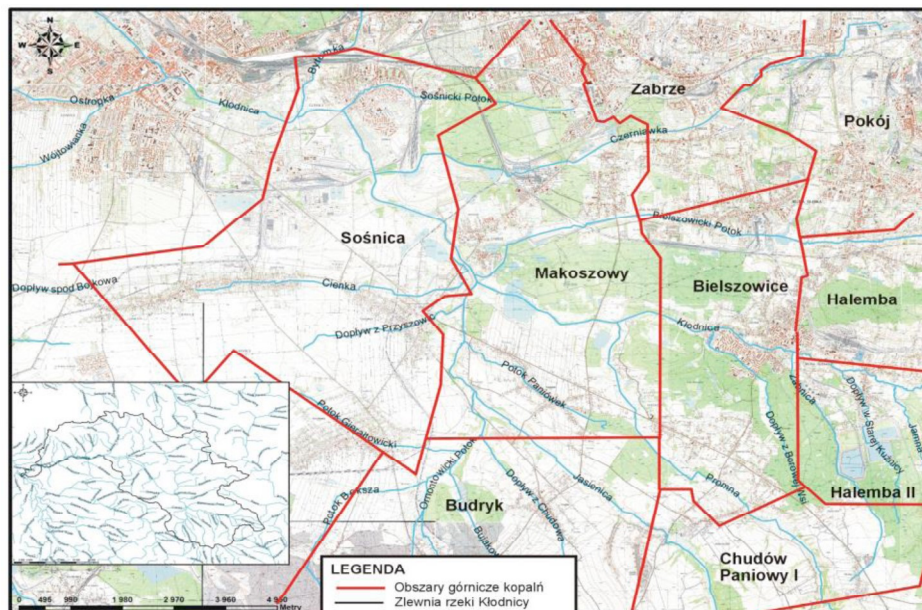
Działalność górnicza prowadzona od wieloletni na Górnym Śląsku spowodowała nieodwracalne zmiany powierzchni ziemi na znacznych obszarach. Jednym z charakterystycznych elementów krajobrazu terenów objętych wpływami podziemnej eksploatacji górniczej są zalewiska, powstałe w wyniku nagromadzenia wody w partii terenu obniżonej pod wpływem osiadań. O powstawaniu zalewisk oraz podtopień decydują wielkość i rozkład poeksploatacyjnych obniżeń powierzchni, a także uwarunkowania naturalne, związane z przepuszczalnością podłoża i ukształtowaniem terenu. Wpływ na zawodnienie powierzchni terenu

* Politechnika Śląska, Instytut Geologii Stosowanej, Gliwice

mają także zabiegi hydrotechniczne, podejmowane przez kopalnie dla likwidacji powstałych przekształceń, zmieniający się front robót eksploatacyjnych oraz zmienność warunków meteorologicznych. Obszarami najbardziej podatnymi na wystąpienie zawodnień są doliny rzeczne, ze względu na płytko występujące zwierciadło wody oraz niewielkie spadki hydrauliczne.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Kłodnica jest prawobrzeżnym dopływem Odry o długości 84 km. Swój bieg zaczyna w południowej części miasta Katowice na wysokości około 305 m n.p.m. na granicy dzielnic: Brynów, Muchowiec, Giszowiec i Ochojec w rejonie lasów murckowskich i uchodzi do Odry w Kędzierzynie Koźle (dzielnica Koźle) na wysokości około 164 m n.p.m. [Banaszak 2012]. Górna część zlewni rzeki Kłodnicy jest obszarem silnie przekształconym przez eksploatację górnictwa, przemysł oraz urbanizację. W krajobrazie tej części zlewni dominują antropogeniczne formy rzeźby terenu, takie jak: deformacje ciągłe (niecki osiadań), nieciągłe (zapadliśka), zalewiska bezodpływowe oraz składowiska odpadów pogórnictwa. Działalność wydobywczą prowadziły oraz nadal prowadzą kopalnie: Knurów - Szczygłowice, Sośnica - Makoszowy, Budryk, Bielszowice, Bolesław Śmiały, Halemba - Wirek, Pokój, Gliwice, Jadwiga (rys. 1).



Rys. 1. Obszary górnicze w zlewni rzeki Kłodnicy
Fig. 1. Mining areas in the basin of Kłodnica river

Wieloletnia podziemna eksploatacja węgla kamiennego i będące jej konsekwencją osiadania powierzchni terenu, przyczyniły się do zaburzenia stosunków wodnych na powierzchni. Na skutek utrudnionego odpływu wód z niecek osiadań w wielu rejonach doszło do utworzenia zalewisk bezodpływowych oraz terenów podmokłych. Uciążliwości spowodowane działalnością górnictwem pojawiły się na terenach zagospodarowanych rolniczo oraz na terenach o luźnej i zwartej zabudowie. Zaburzenia stosunków wodnych w glebie spowodowały zmniejszenie, a w niektórych przypadkach utratę przydatności gruntu do wykorzystania zgodnie z przeznaczeniem [Projekt badawczy N N524 468839... 2015]. Największe nagromadzenie zalewisk obserwuje się na terenie gminy Gierałtów (sołectwo Przyszowice) oraz miast: Zabrze, Ruda Śląska (dzielnica Halemba).

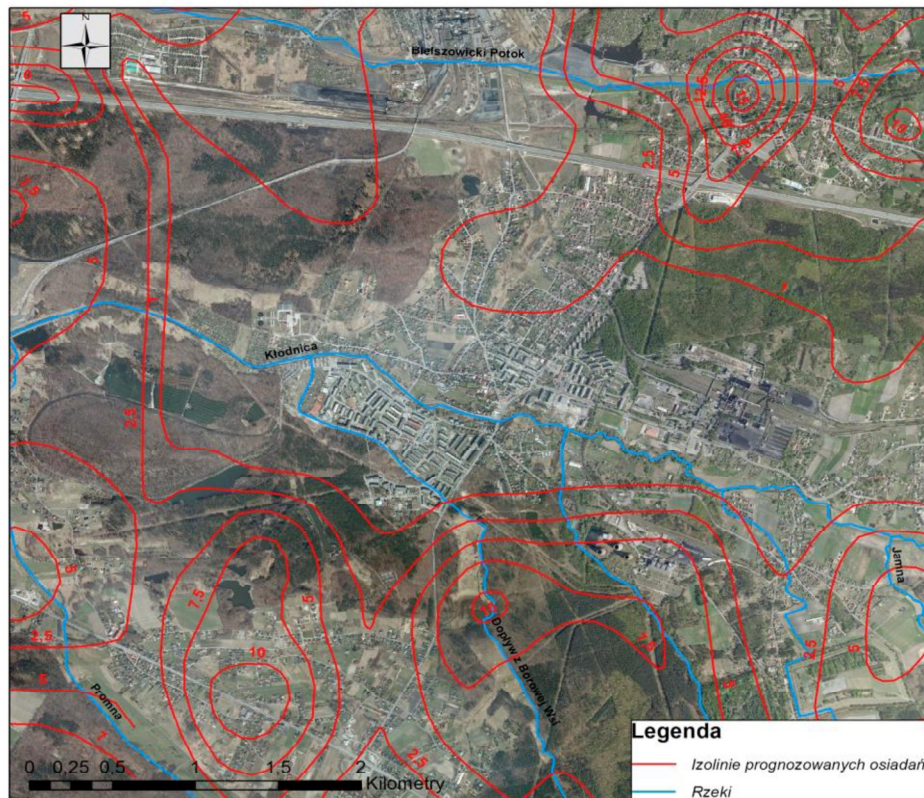
Następstwem prowadzonej eksploatacji są również deformacje koryta rzeczno-ego Kłodnicy i jej dopływów oraz powstawanie przeciwpadków, zakłócających warunki grawitacyjnego spływu wód i zwiększających zagrożenie powodziowe w zlewni. Dla zabezpieczenia terenów bezodpływowych przed zawodzeniem zabudowano w tych rejonach systemy sztucznego przetłaczania wód, zaś koryto Kłodnicy podlegało systematycznej regulacji i obwałowaniom. W ramach przywracania terenu do stanu pierwotnego zrealizowano także zasypywanie niektórych powstałych niecek bezodpływowych [Ekspertyza... 2012]. Jednakże w perspektywie dalszej eksploatacji węgla kamiennego istniejące zabezpieczenia, głównie o charakterze miejscowym, nie będą w stanie zmniejszyć w sposób istotny zagrożenia powodziowego w omawianym obszarze [Czajkowska, Osowska 2016c].

W górnej części zlewni Kłodnicy projektowana jest podziemna eksploatacja pokładów węgla kamiennego, która docelowo obejmie okres do 2045 roku. Przewiduje się, że eksploatacja prowadzona będzie głównie systemem z zawalem stropu [Projekt badawczy N N524 468839... 2015].

Zmiany warunków wodnych w zlewni Kłodnicy, na terenach podlegających intensywnym wpływom górnictwa, określono w oparciu o wyniki modelowania hydraulicznego, przeprowadzonego z wykorzystaniem oprogramowania MIKE FLOOD, pozwalającego określić wzajemne oddziaływanie rzeki i terenów zalewowych, dzięki połączeniu modelu jednowymiarowego (MIKE 11) i dwuwymiarowego (MIKE 21). Modelem jednowymiarowym objęto odcinek rzeki Kłodnicy od km 67+313 (wodowskaz Kłodnica) do km 48+988 (wodowskaz Gliwice). Zasięg modelu dwuwymiarowego ograniczono do części zlewni obejmującej obszar górniczy KWK Ruda, powstałej w wyniku restrukturyzacji z połączenia kopalń: Bielszowice, Halemba-Wirek i Pokój. Obszar ten obejmuje trasę przepływu rzeki od wodowskazu Kłodnica do km 62+964.

Na podstawie danych dotyczących wpływów projektowanej docelowej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu, opracowano mapę prognozowanych osiadań poeksploatacyjnych [Projekt badawczy N N524 468839... 2015] (rys. 2).

W następstwie eksploatacji prowadzonej przez KWK Ruda - Ruch Halemba powstaną dwie niecki obniżeniowe, o głębokościach 15m i 10 m i obejmą dolinę Potoku Bielszowickiego - prawobrzeżnego dopływu Odry. Na lewym brzegu Kłodnicy utworzą się niecki obniżeniowe o głębokościach dochodzących do 10m, obejmujące tereny zabudowane sołectwa Borowa Wieś oraz dolinę Dopływu z Borowej Wsi, będącego lewobrzeżnym dopływem Odry. Dopływ Żabnica znajdzie się w strefie obniżenia terenu dochodzących do 7,5 m, a Promna 5 m (rys. 2).



Rys. 2. Mapa prognozowanych osiadań powierzchni terenu
Fig. 2. Map of forecasted land subsidence

METODYKA OPRACOWANIA MODELU DWUWYMIAROWEGO MIKE FLOOD

Wyznaczenie zasięgu stref zalewowych wymagało opracowania modelu rzeki Kłodnicy na odcinku jej przepływu przez obszary górnicze kopalń węgla kamiennego. Jako narzędzie do konstrukcji modelu wykorzystano oprogramowanie

MIKE FLOOD Duńskiego Instytutu Hydrauliki (DHI). Narzędziem wspomagającym proces modelowania było oprogramowanie ArcGIS Desktop firmy ESRI. Funkcje i narzędzia programu wykorzystano do przygotowania, obróbki zasobów danych przestrzennych, niezbędnych w procesie tworzenia modelu, a także do przeprowadzenia analiz przestrzennych i wizualizacji wyników modelowania. Program ArcGIS Desktop posłużył także do modyfikacji (obniżenia) Numerycznego Modelu Terenu (NMT) o wielkość prognozowanych osiadań, jakie będą miały miejsce w zlewni w wyniku podziemnej eksploatacji górniczej [Czajkowska, Osowska 2016a].

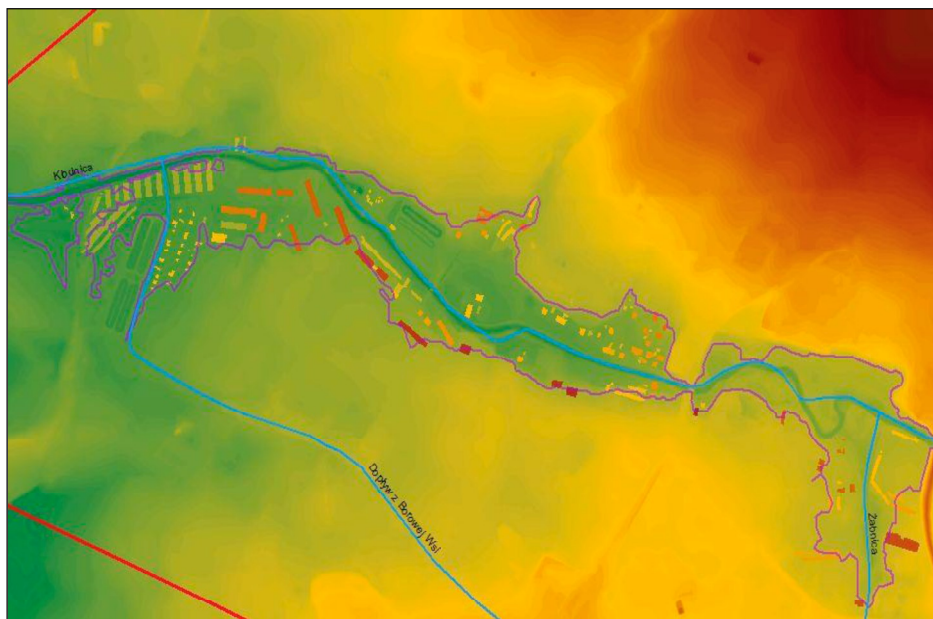
Budowa modelu hydraulicznego MIKE FLOOD opierała się na stworzeniu niezależnych modeli MIKE 11 i MIKE 21, będących jego składowymi, oraz prawidłowym zdefiniowaniu połączeń między nimi. Modele bazują na metodzie "fali dynamicznej", opisanej zintegrowanymi równaniami Saint-Venanta, opartymi na prawach zachowania masy i pędu, które rozwiązywane są za pomocą różnic skończonych, przy wykorzystaniu 6-punktowego schematu Abbotta-Ionescu [MIKE FLOOD 2011, MIKE 11 2011].

Za pomocą modelu MIKE 11 odwzorowano przepływ wody w korycie Kłodnicy. Konstrukcja modelu jednowymiarowego wymagała zdefiniowania kształtu i przebiegu sieci rzecznej w oparciu o NMT i ortofotomapy oraz odwzorowania geometrii koryta cieku i teras zalewowych na podstawie przekrojów poprzecznych (korytowych i dolinowych), wykonanych w miejscach charakterystycznych dla geometrii cieku oraz w miejscach występowania budowli inżynierskich tj. obiektów mostowych i hydrotechnicznych. Geometria mostów w modelu została odwzorowana jako układ dwóch struktur hydraulicznych, opisujących przepływ wody pod mostem (praca obiektu na zasadzie przepustu) oraz ponad nim (praca obiektu na zasadzie przelewu) [Czajkowska, Osowska 2016b]. Kluczowy wpływ na transformację przepływu wielkich wód mają opory przepływu występujące na granicy kontaktu terenu z przepływającą wodą, które w modelu jednowymiarowym zostały zdefiniowane za pomocą współczynników szorstkości „n” (wg Manninga) dla każdego z przekrojów poprzecznych. Wartości współczynników szorstkości na terasach zalewowych ustalono w oparciu o rodzaj użytkowania i zagospodarowania terenu wzdłuż całego przekroju dolinowego. Przyjęto warunki początkowe niezbędne do uruchomienia obliczeń modelowych w pierwszym kroku obliczeń iteracyjnych (głębokość wody 0,5 m, przepływ $1\text{ m}^3/\text{s}$) oraz warunki brzegowe. Jako górny warunek brzegowy do modelu wprowadzono hydrogram przepływu, natomiast jako dolny warunek brzegowy przyjęto krzywą natężenia przepływu $Q(H)$. Sformułowano również wewnętrzne warunki brzegowe, w miejscach występowania dopływów bocznych (dopływ boczny skupiony lub rozłożony). Dopływy boczne skupione definiowane były w miejscach ujścia dopływów do Kłodnicy jako hydrogramy przepływów o określonym prawdopodobieństwie pojawiania się, opracowane przy wykorzystaniu metody Reitza - Krebsa [Ciepielowski, Dąbkowski 2006]. Dopływy boczne, rozłożone wzdłuż

rzeki na pewnym jej fragmencie, stosowane były do opisu zasilania ze zlewni różnicowej [Projekt badawczy N N524 468839... 2015].

Wszystkie dane zostały wprowadzone do modelu za pomocą wewnętrznych edytorów, a następnie połączone ze sobą w edytorze parametrów symulacji, będącym obiektem sterującym dla wykonania obliczeń modelowych. Obliczenia symulacyjne przeprowadzono dla fal hipotetycznych o różnym prawdopodobieństwie pojawienia się, których bezpośrednim efektem były rzędne stanu wód w korycie w poszczególnych przekrojach poprzecznych.

Po wystąpieniu wody z koryta Kłodnicy na terasy zalewowe symulacja przepływu została odwzorowana w modelu dwuwymiarowym MIKE 21. Dla modelowania dwuwymiarowego niezwykle istotny jest numeryczny model terenu (NMT), na którego siatce prowadzone są obliczenia rzędnych zwierciadła wody, prędkości oraz kierunków przepływu. W celu właściwego odzwierciedlenia przepływu wody na terasach zalewowych dokonano wektoryzacji wszystkich obiektów kubaturowych z obszaru objętego modelowaniem 2D, z ich podziałem na 5 klas przestrzennych: budynki mieszkalne, budynki gospodarcze, budynki usługowe i użyteczności publicznej, magazyny oraz garaże [Czajkowska, Osowska 2016b]. Zwektoryzowane obiekty kubaturowe zostały następnie włączone do Numerycznego Modelu Terenu (rys. 3).



Rys. 3. Numeryczny Model Terenu z wprowadzonymi zwektoryzowanymi obiektami kubatorowymi

Fig. 3. Digital Terrain Model with entered vectorized cubic objects

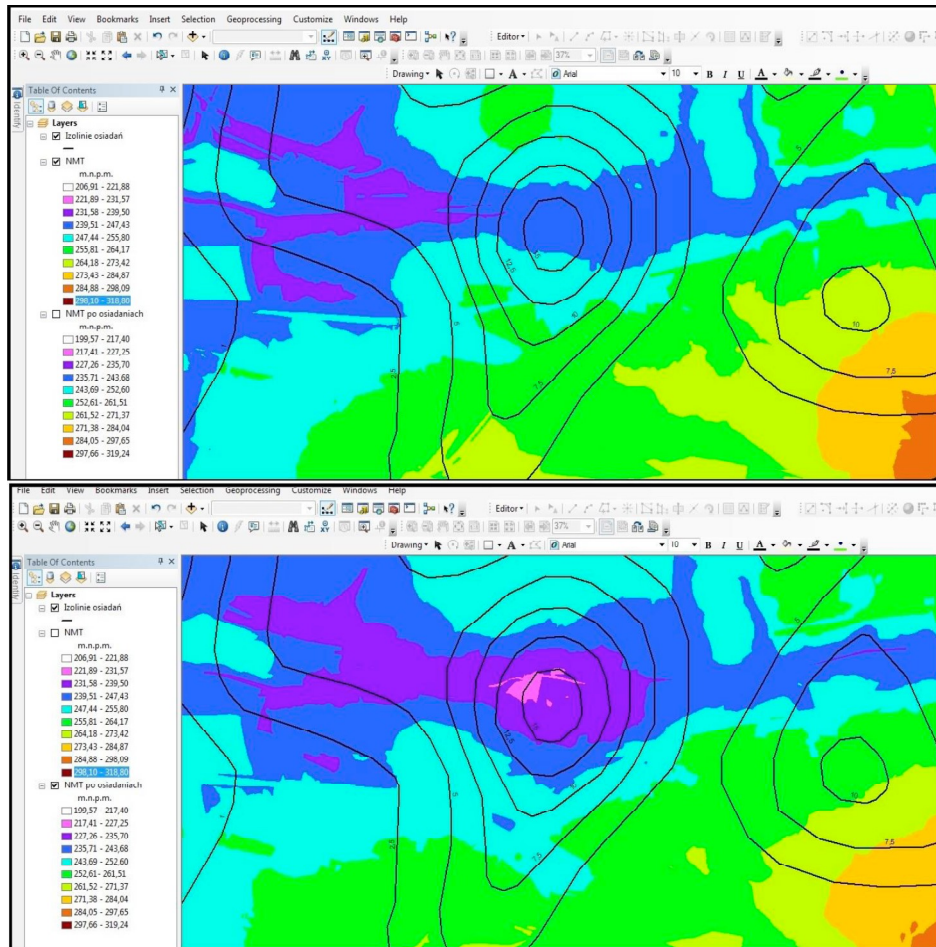
W kolejnym etapie budowy modelu, dla obszarów o podobnej charakterystyce zagospodarowania terenu ustalono współczynniki szorstkości, które są podstawowymi parametrami służącymi kalibracji w modelu hydrodynamicznym. Do ich określenia konieczna była wektoryzacja całego obszaru objętego modelem dwuwymiarowym. Wytypowano 9 klas przestrzennych obiektów (drogi, krzaki, las gęsty, las rzadki, łąki, tereny rolne, wody, zabudowa luźna oraz zabudowa zwarta), którym przypisano wartości współczynnika szorstkości. Na rys. 4 przedstawiono fragment obszaru ze zwektoryzowanymi klasami przestrzennymi.



Rys. 4. Zwektoryzowane klasy przestrzenne
Fig. 4. Vectorized spatial classes

Ustalając parametry początkowe modelu dwuwymiarowego, jako schemat obliczeniowy przyjęto Flow Model - model przepływu, ustalono typ obliczeń jako "cold start" tj. start obliczeń z warunków początkowych oraz założono, że model zasilany będzie z modelu jednowymiarowego. Za czas symulacji przyjęto 813 600 kroków czasowych o interwale 1 s. Po weryfikacji poprawności budowy modelu dwuwymiarowego, odzwierciedlającego przepływ wody na terasach zalewowych, dokonano jego połączenia z modelem jednowymiarowym koryta rzeki Kłodnicy, tworząc plik integrujący z rozszerzeniem *.couple. Dla właściwego zdefiniowania połączeń między modelami wykonano tzw. "lateral links" (połączenia równoległe) oraz "standard links" (połączenia standardowe), opisujące przepływ wody pomiędzy modelami [Projekt badawczy N N524 468839... 2015, Czajkowska, Osowska 2016b]. Przeprowadzono dynamiczne symulacje prezentujące rozwój wezbrania dla przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,1\%$, $0,2\%$, 1% i 10% .

Dla pokazania zmian zasięgu stref zalewowych w następstwie planowanej eksploatacji w obszarze badań, kluczowym elementem prac była modyfikacja Numerycznego Modelu Terenu, wprowadzanego do modelu dwuwymiarowego w postaci pliku z batymetrią. Polegała ona na "obniżeniu" powierzchni terenu o wielkość prognozowanych osiadań. Do tego celu wykorzystano narzędzia programu ArcGIS Desktop [Czajkowska, Osowska 2016a]. Fragment zmodyfikowanego NMT pokazano na rys. 5.

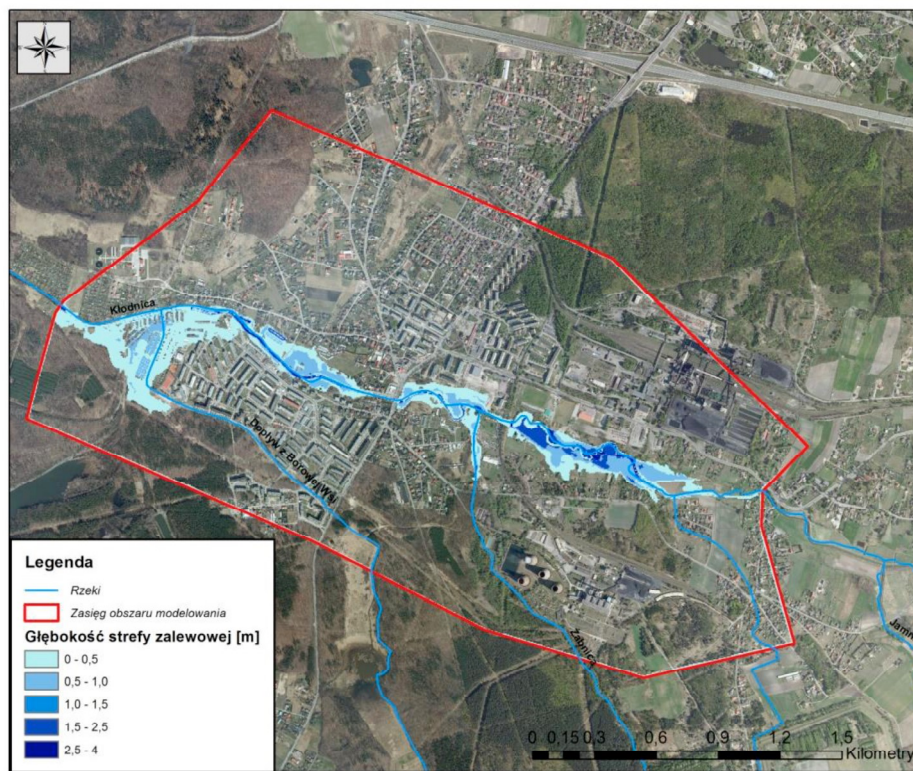


Rys. 5. Numeryczny Model Terenu przed i po obniżeniu o wielkość prognozowanych osiadań

Fig. 5. Digital Terrain Model before and after lowering by size of forecasted subsidences

Dokonano również zmian w ukształtowaniu koryta Kłodnicy i teras zalewowych w modelu jednowymiarowym, poprzez korektę współrzędnych "Z", w poszczególnych punktach przekrojów poprzecznych. Modyfikacji dokonano w pliku zawierającym informacje o geometrii przekrojów poprzecznych (cross section). Obliczenia symulacyjne przeprowadzono dla przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,1\%$, $0,2\%$, 1% i 10% . W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki symulacji w postaci stref zalewowych wygenerowanych dla przepływu o prawdopodobieństwie $p=0,2\%$ przy aktualnym ukształtowaniu terenu i po prognozowanych osiadaniach.

STREFY ZALEWOWE



Rys. 6. Zasięg strefy zalewowej przed osiadaniem

Fig. 6. Range of floodplain before subsidence

W wyniku przejścia fali powodziowej o prawdopodobieństwie pojawienia się $p=0,2\%$ powstaną tereny zalewowe wzdłuż całego odcinka rzeki Kłodnicy objętego modelem (rys. 6). Powierzchnia utworzonej strefy zalewowej wyniesie

0,461 km². Na odcinku pomiędzy ujściem Dopływu ze Starej Kuźnicy a Żabnicą strefa zalewowa utworzy się na prawym i lewym brzegu Kłodnicy sięgając do maksymalnie 120 m od koryta rzeki na brzegu prawym i ok. 180 m na brzegu lewym. Zalaniu ulegną głównie tereny zadrzewione, łąki i pola uprawne. Głębokość zalewu w tej części strefy będzie największa i wynosić będzie 1,5 - 2,5 m, a miejscami 4 m (rys. 6).

Pomiędzy ujściem Żabnicy i Dopływu z Borowej Wsi powstaną tereny zalewowe głównie na prawym brzegu Kłodnicy, w odległości 100 - 170m od koryta rzeki, a głębokość wody wynosić będzie 1-2 m. Strefa zalewowa w tym rejonie stwarzać będzie zagrożenie dla zabudowy mieszkaniowej dzielnicy Halemba w Rudzie Śląskiej (rys. 6).

Zalewem objęte zostaną także dopływy Kłodnicy: Żabnica i Dopływ z Borowej Wsi na odcinku od ujścia do 350 m w górę cieku (Żabnica) i do 400 m (Dopływ z Borowej Wsi). Głębokość wody w strefie zalewowej utworzonej przy ujściu potoku Żabnica wynosić będzie 0,5 - 1 m, miejscami może dochodzić do 2,5 m. Zalaniu ulegną tereny zielone w promieniu 20-40 m od osi cieku. Strefa zalewowa utworzona przy ujściu Dopływu z Borowej Wsi do Kłodnicy będzie miała większy zasięg przestrzenny. Zalewem objęte zostaną tereny do 200 m od koryta Dopływu z Borowej Wsi. Woda będzie stwarzać zagrożenie dla istniejącej zabudowy mieszkaniowej oraz ogródków działkowych. Głębokość wody w tej części strefy zalewowej wynosić będzie 0,5 - 1 m (rys. 6).

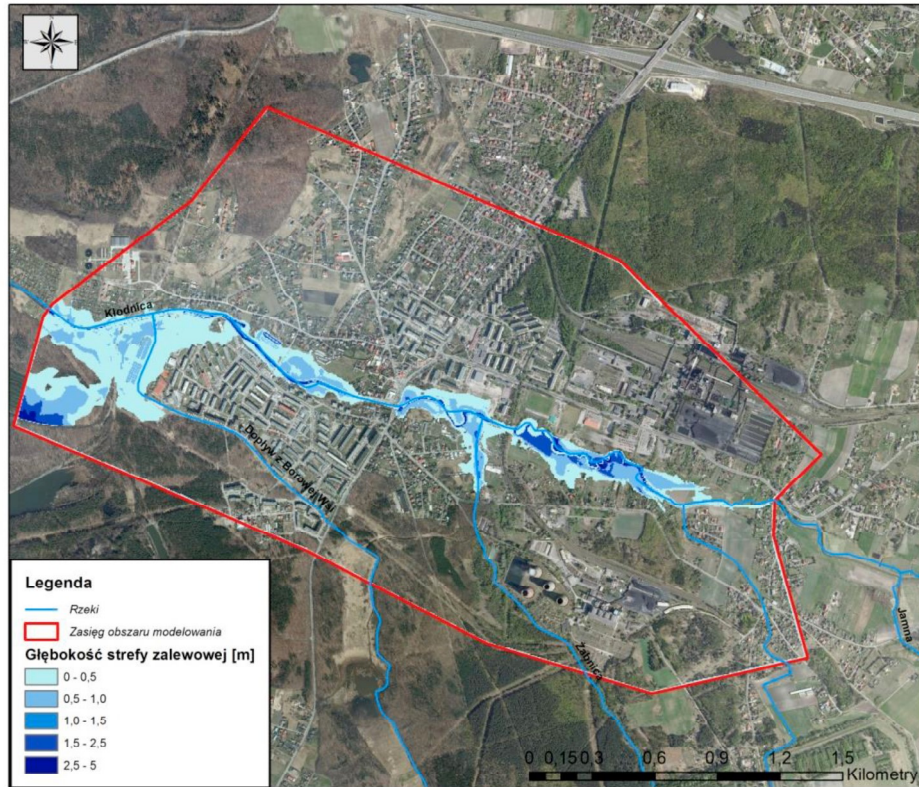
Przy zachodniej granicy obszaru modelowania, strefa zalewowa obejmie tereny położone na lewym brzegu rzeki Kłodnicy w odległości do 90 m od jej koryta. Są to obszary zabudowy jednorodzinnej. Głębokość wody wynosić tu będzie ok. 0,5 m, a przy samym korycie, miejscami dojdzie do 4 m (rys. 6).

Przejście fali powodziowej o prawdopodobieństwie pojawienia się $p=0,2\%$ w modelowanym obszarze, przekształconym pod wpływem prognozowanych osiadań, spowoduje pogłębienie i powiększenie zasięgu strefy zalewowej. Jej powierzchnia wyniesie 0,614 km², a głębokość wody zwiększy się miejscami do 5m (rys. 7).

Na lewym brzegu Żabnicy, powyżej ujścia do Kłodnicy strefa zalewowa zwiększy swój zasięg do 80-90 m od osi cieku, sięgając do obszarów zabudowanych. Poniżej ujścia Żabnicy, zasięg obszarów objętych zalewem zwiększy się do ok. 80 m na prawym brzegu Kłodnicy oraz do ok. 60 m na brzegu lewym. Przy korycie rzeki głębokość wody wynosić będzie 5 m (rys. 7).

Największe zmiany wystąpią przy zachodniej granicy obszaru objętego modelem, w dolinie Dopływu z Borowej Wsi oraz na obydwu brzegach Kłodnicy. Na lewym brzegu Kłodnicy woda sięgać będzie do 520 m od jej koryta, a głębokość wody wyniesie maks. 5 m. Zalewem objęte zostaną przede wszystkim tereny leśne oraz nieużytki. Na prawym brzegu Kłodnicy zasięg obszaru objętego zalewem będzie mniejszy, maksymalnie do 90 m od koryta rzeki. Zalaniu ulegną

ogródki działkowe, a głębokość wody w tym miejscu wynosić będzie ok. 1m (rys. 7).



Rys. 7. Zasięg strefy zalewowej po osiadaniach
Fig. 7. Range of floodplain after subsidences

PODSUMOWANIE

Mapy przedstawiające zasięg stref zalewowych stanowią podstawę dla racjonalnego planowania przestrzennego na obszarach narażonych na niebezpieczeństwo powodzi i powinny być uwzględnione na poziomie lokalnym, w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego oraz przy wydawaniu decyzji o lokalizacji inwestycji. Obszary podlegające dynamicznym zmianom na skutek prowadzonej podziemnej działalności wydobywczej, do których należy m. in. górna część zlewni rzeki Kłodnicy, należą do szczególnie newralgicznych, ze względu na dość szybko zmieniające się w czasie zagrożenie powodziowe. Zastosowanie modelowania dwuwymiarowego, wspomaganego narzędziami GIS,

stwarza możliwość pokazania zmian zasięgu i głębokości stref zalewowych w różnych horyzontach czasowych. Specyfika obszarów górniczych, stwarza konieczność ciągłej aktualizacji map zagrożenia powodziowego, uwzględniającej zmiany ukształtowania powierzchni terenu w następstwie prognozowanej podziemnej eksploatacji. Aktualne informacje o zagrożeniu powodziowym przyczynią się do właściwie ukierunkowanych działań minimalizujących powstawanie szkód powodziowych oraz ułatwią prowadzenie działań ratowniczych.

LITERATURA

1. BANASZAK, K.; HOBOT, A.; KOMOSA, M.; STACHURA, A.; MISIEWICZ, M.; CICHY, J.; GAJDA, M.; PRADELA, A.; 2012. Charakterystyka zlewni Kłodnicy. Gliwice, „Pectore-Eco” Sp. z o.o.
2. CIEPIEŁOWSKI, A.; DĄBKOWSKI, SZ. L.; 2006. Metody obliczeń przepływów maksymalnych w małych zlewniach rzecznych (z przykładami). Bydgoszcz, Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO.
3. CZAJKOWSKA, A.; OSOWSKA, J.; 2016a. ArcGIS desktop jako narzędzie wspomagające proces modelowania wezbrań powodziowych. Systemy Wspomagania Inżynierii Produkcji z. 5(17), s. 74-85. Tytuł zeszytu: Geochemia i geologia środowiska terenów uprzemysłowionych - red. M. Pozzi.
4. CZAJKOWSKA, A.; OSOWSKA, J.; 2016b. Opracowanie modelu hydraulicznego MIKE FLOOD na potrzeby wyznaczania stref zalewowych w górnej części zlewni Kłodnicy. Systemy Wspomagania Inżynierii Produkcji z. 5(17), s. 61-73. Tytuł zeszytu: Geochemia i geologia środowiska terenów uprzemysłowionych - red. M. Pozzi.
5. CZAJKOWSKA, A.; OSOWSKA, J.; 2016c. Wpływ prognozowanych obniżen terenu wywołanych eksploatacją górniczą na zasięg stref zagrożenia powodziowego. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN nr 94, s. 137-148.
6. Ekspertyza dotycząca możliwych do przeprowadzenia działań hydrotechnicznych, mających na celu ochronę przed powodzią terenów położonych na obszarach granicznych Gminy Gierałtowiec i Miasta Zabrze oraz w dalszym biegu rzeki Kłodnicy na terenie Miasta Gliwice; 2012. Główny Instytut Górnictwa, Zakład Ochrony Wód, Katowice.
7. MIKE 11 - a modelling system for rivers and channels. Short Introduction, Tutorial. MIKE by DHI, 2011.
8. MIKE FLOOD - 1D-2D Modelling. Automated flood modelling and mapping. User Manual. MIKE by DHI 2011.
9. Projekt badawczy N N524 468839: Określenie zagrożenia powodziowego w zlewni na terenach Górniczych z wykorzystaniem modelowania matematycznego na przykładzie rzeki Kłodnicy, Gliwice 2015.

SHAPING OF THE FLOODPLAIN BOUNDARIES FOLLOWING THE LAND AREA SLUMP CAUSED BY THE FORECASTED COAL MINING EXPLOITATION

S u m m a r y

In the upper part of the basin of Kłodnica river hydrographic conditions are shaped primarily by decades of mining activity, which contributes to the formation of flooding and fens in the river valley and its tributaries. The article presents impact of forecasted land area slump on the range and depth of floodplains created by the passage of hypothetical flood wave with probability of occurrence $p = 0.2\%$, and thus the size of the flood hazard in this part of the basin. The floodplains were generated by simulation carried out on the developed two-dimensional model of the Kłodnica river using MIKE FLOOD software.

Key words: floodplain, land subsidence, mining areas, hydraulic model MIKE FLOOD