

TOMASZ RAJPOLD*, KATARZYNA SZUBA**

WSTĘPNA OCENA WPLYWU RETENCJI POLDEROWEJ PONIŻEJ CZCHOWA NA WZROST PRZEPUSTOWOŚCI KORYTA WIELKIEJ WODY DUNAJCA

PRELIMINARY ASSESSMENT OF INFLUENCE OF POLDER RETENTION BELOW THE CZCHÓW RESERVOIR ON INCREASING FLOOD CAPACITY OF THE DUNAJEC RIVER

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwe lokalizacje sterowanej retencji polderowej rzeki Dunajec poniżej Czchowa. Zaprezentowano również metodę i wyniki oceny wpływu retencji polderowej na wzrost przepustowości koryta wielkiej wody.

Słowa kluczowe: retencja powodziowa, zlewnia, polder, terasy zalewowe

Abstract

The article presents the possible locations for control retention polders of Dunajec river in the section below Czchów. It also presents the method and results of impact assessment on the growth of polder retention capacity of a large water trough.

Keywords: flood retention, catchment area, polder, flood-plain

* Tomasz Rajpold, WTU sp. zo.o. (stanowisko projektant).

** Mgr inż. Katarzyna Szuba, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Naturalna ochrona przeciwpowodziowa, wspomagana technicznie, w wielu miejscach i sytuacjach oferuje bardziej skuteczne, długotrwałe i zrównoważone rozwiązanie w odniesieniu do zagrożenia powodziowego niż inne środki techniczne lokalne (zwłaszcza zbiorniki retencyjne – często wielofunkcyjne) lub podłużne odcinające ludzi i ich majątek od powodzi (wały przeciwpowodziowe).

W wielu miejscach i sytuacjach strukturalne (techniczne) metody walki z powodzią będą odpowiednie, jednak warto zwrócić uwagę na naturalne sposoby ochrony dóbr. Wymaga to zmiany sposobu myślenia i ukierunkowania na zarządzanie ryzykiem powodziowym. Jednym z naturalnych rozwiązań jest wykorzystanie terenów zalewowych na czasowe przetrzymanie górnej części wezbrania powodziowego (poldery). Wykorzystując ich możliwości retencionowania wód powodziowych, a w konsekwencji opóźniania i redukcji kulminacji fali powodziowej, można w znaczny sposób wpłynąć na zmniejszenie częstotliwości występowania powodzi.

2. Analiza zagrożenia powodziowego koryta Dunajca poniżej Czchowa

W oparciu o analizę map sytuacyjno-wysokościowych w skali 1:10 000, wykonanych w ramach: *Studium określające granice obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią dla terenów nieobwałowanych w zlewni dolnego Dunajca od ujścia Popradu* zrealizowanego przez konsorcjum Neckart GIS Sp. z o.o., Integrated Engineering Sp. z o.o. oraz BlomInfoSp z o.o. na zlecenie RZGW Kraków, wykonano analizę przestrzenną zasięgu zagrożenia powodziowego na odcinku poniżej zapory Czchów w km 69+353 do przekroju wodowskazowego Żabno w km 17+400. Na mapach określono liniami ciągłymi granice zalewów o danym prawdopodobieństwie przewyższenia.

W wyniku analizy stref zalewowych o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 1\%$ oraz $p = 0,2\%$ wykonano charakterystykę odcinków rzeki Dunajec od przekroju w km 17+400 do km 70+000.

Z analizy wynika, że powyżej przekroju wodowskazowego Żabno (km 17+400) do ujścia rzeki Białej Tarnowskiej (km 30+300) brzegi Dunajca są obustronnie obwałowane. Wysokość wałów pozwala bezpiecznie przepuścić wodę o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% oraz 0,2%. W km 25+200 – 32+000 na terasach zalewowych znajdują się stawy wyrobiskowe żwiru. W km 19+600 usytuowany jest most drogowy, którego światło nie powoduje piętrzenia wód wysokich.

Powyżej ujścia Białej Tarnowskiej do przekroju w km 36+000 brzegi również są obwałowane. Tereny zawala są bardzo gęsto zabudowane. Na tym obszarze nie występuje zagrożenie przelania się wód 1% oraz 0,2%. W km 34+035 znajduje się most drogowy łączący trasę Ostrów–Tarnów, a w km 34+820 most kolejowy. Brak jest piętrzenia wód charakterystycznych. Na brzegu lewym w km 32+710 występuje erozja boczna wałów przeciwpowodziowych, co może zagrażać stateczności tych obiektów.

Powyżej przekroju w km 36+000 na prawym brzegu zanika wał powodziowy, który przechodzi w brzeg wysoki aż do km 51+000. Brzeg lewostronny na całej długości jest obwało-

wany. Do przekroju 42+000 zarówno woda o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,2%, jak i niższe rozlewają się w sposób bezpieczny pomiędzy wałem na lewym brzegu a brzegiem wysokim na prawym brzegu. Nie ma bezpośredniego zagrożenia dla budynków i infrastruktury na tym odcinku. Przekrój mostowy w km 39+170 powoduje zawężenie koryta, jednak nie powoduje piętrzenia wód. W km 42+000 – 43+000 na terasie zalewowej na brzegu prawym występują nieliczne zabudowania gospodarcze, co może powodować podtopienia lokalne przy przejściu wód katastrofalnych. W km 43+500 – 45+500 możliwe jest zalanie drogi oraz pobliskich domostw na brzegu prawym wodą o $p = 5\%$ i wyższą. W km 48+000 podczas przejścia wody powodziowej istnieje realne zagrożenie podtopienia kilku gospodarstw oraz pobliskiej drogi na brzegu prawym. W km 48+840 występuje duże przewężenie koryta powodujące spiętrzenie wód wysokich i przelanie przez wały wody o $p = 1\%$ i wyższej. Przelanie to objęłoby odcinek km 48+000 – 49+000, powodując tym samym zalanie gospodarstw zlokalizowanych na zawalu w miejscowościach Sukmanie oraz Wielka Wieś.

Powyżej km 51+000 na brzegu prawym kończy się wał przeciwpowodziowy, który przechodzi w drogę nr 975. Na prawym brzegu teren jest obwałowany. Korona drogi na brzegu prawym na odcinku w km 51+000 – 56+000 oraz km 58+000 – 59+400 jest zbyt niska by chronić ten obszar przed wezbraniami o $p = 1\%$ i wyższymi. Przy przejściu fali powodziowej wiele gospodarstw wsi Roztoka oraz Zawada Lanckorońska może zostać zalanych.

Powyżej km 59+400 rozpoczyna się obwałowanie brzegu lewego, które w sposób skuteczny ogranicza zasięg wód katastrofalnych na tym brzegu. Obwałowanie rozciąga się na długości 3 km i kończy w km 62+400, przechodząc w brzeg wysoki na lewej terasie zalewowej. Z analizy map wynika, że woda $p = 1\%$ i wyższa utrzyma się w korycie tylko do km 64+000. Powyżej wyleje, zalewając infrastrukturę drogową oraz pompownię na lewym brzegu, dochodząc pod samą granicę miejscowości Równia.

Powyżej km 65+500 zanika również obwałowanie na prawym brzegu. Od tego miejsca aż do zapory Czchów woda o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 1\%$ i wyższa wdziera się w ląd, powodując podtopienia budynków, dróg oraz gospodarstw w miejscowościach: Czchów, Nowa Wieś, Równie, Pęchry oraz Owsiska. Tereny te ze względu na obecność zbiornika Czchów nie były brane pod uwagę w niniejszym artykule.

3. Możliwe lokalizacje retencji polderowej

W celu powiększenia retencji dolinowej lub sterowania nią jest obniżenie kulminacji fal wezbraniowych. Analiza map miała za zadanie znalezienie takich miejsc pomiędzy zaporą w Czchowie a przekrojem wodowskazowym Żabno, które w sposób efektywny obniżyłyby poziom zwierciadła wody poniżej projektowanych dodatkowych obszarów zalewowych – polderów. Redukcja kulminacji nie była jedynym kryterium jakie posłużyło do wytypowania miejsc odpowiednich na lokalizację zbiorników suchych. Ważnym argumentem były również aspekty społeczno-ekonomiczne oraz warunki sytuacyjno-wysokościowe danej lokalizacji oraz terenów znajdujących się poniżej.

Ze względu na bardzo dobrą przepustowość wód wezbraniowych w międzywalu na odcinku poniżej ujścia Białej Tarnowskiej, obszaru tego nie brano pod uwagę w analizie. Natomiast na odcinku powyżej znaleziono 3 lokalizacje, które w sposób racjonalny spełniają wszystkie kryteria.

Dokonując szczegółowej analizy warunków topograficznych, zabudowy i usytuowania obwałowań w dolinie Dunajca zdecydowano, że jedynym racjonalnym rozwiązaniem dodatkowej retencji są **poldery boczne sterowane**. Aby zapewnić ich efektywne wykorzystanie, należy je potraktować jak zbiorniki napełniane w czasie przejścia powodzi przez przelewy boczne.

Zlokalizowano trzy takie poldery, które swymi warunkami pojemnościowymi są w stanie znacząco powiększyć retencję dolinową Dunajca.

a) Mikołajowice, km 36+500 (przelew zasilający w km 36+250)

W km 36+500 na brzegu lewym pomiędzy miejscowościami Sieciechowice, Mikołajowice i Łętowice znajdują się rozległe tereny rolnicze. Jest to teren płaski z licznymi i rozległymi obszarami bezodpływowymi. W celu utworzenia zbiornika należałoby podwyższyć rzędną korony drogi lokalnej łączącej Sieciechowice i Mikołajowice leżące po zachodniej stronie tych miejscowości oraz wybudować wały ograniczające od strony północnej i południowej. Połączenie z korytem Dunajca nastąpiłoby przez obniżenie wału w km 36+250 do rzędnej 194,80 m n.p.m. na długości 200 m. Przy założonej średniej niwelecie terenu 194,00 m n.p.m. wielkości zbiornika szacowanego na 1,89 km² oraz przy napełnieniu zbiornika do rzędnej przelewu daje on pojemność 1,511 mln m³. Proponowana maksymalna rzędna korony obwałowania jest równa rzędnej obwałowania Dunajca na tym odcinku (197,30 m n.p.m.), co w przeliczeniu na objętość maksymalną zbiornika daje 6,234 mln m³.



Rys. 1. Projektowany polder (zbiornik suchy) „Mikołajowice” w km 36+500

Fig. 1. Planned polder (dry reservoir) „Mikołajowice” at km 36+500

Ze względów społeczno-ekonomicznych teren pod budowę zbiornika jest bardzo korzystny. Obszar ten jest wykorzystywany rolniczo, nie posiada zabudowy stałej. Jedynym mankamentem są dwie drogi przecinające zbiornik z północy na południe w dwóch miejscach, co wiąże się z budową przepustów lub mostów umożliwiających szybkie i bezpieczne rozprowadzenie wody wezbraniowej w zbiorniku. Na terenie projektowanego obszaru znajduje się lewostronny dopływ Ulga.

b) Wielka Wieś, km 44+500 - 48+600 (przelew zasilający w km 47+3625)

Drugim proponowanym obszarem pod budowę polderu jest obszar znajdujący się na lewym brzegu Dunajca, pomiędzy km 44+500 – 48+600. Projektowane korony wałów ograniczające polder zlokalizowane są od strony zachodniej, równoległe do drogi nr 975, w odległościach umożliwiających „obejście” gospodarstw znajdujących się w pobliżu. Od północy teren ogranicza wał równoległy do drogi przebiegającej przez miejscowość Kolonia Druga, od południa natomiast wyprofilowany wał umożliwiający płynne przejście z wału istniejącego w projektowany na zachodniej stronie. Areal powierzchniowy szacowany jest na 1,74 km², co czyni go mniejszym od polderu „Mikołajowice”. Natomiast racjonalna objętość, która przy średniej rzędnej terenu waha się w granicach 205,00 m n.p.m. i rzędnej przelewu 207,30 m n.p.m. wynosi 2,605 mln m³. Maksymalna pojemność zbiornika przy założeniu rzędnych wałów równych rzędnych korony obwałowania Dunajca na tym odcinku wynoszących 208,65 m n.p.m. wynosi 6,340 mln m³, co daje większą pojemność retencyjną niż porównywany wcześniejszy polder. Przelew wykonany będzie na zasadzie obniżenia w wale do projektowanej rzędnej w km 47+3625 na długości 400 m.

Ze względów społeczno-ekonomicznych również i ten polder jest bardzo satysfakcjonujący. Na projektowanym obszarze nie ma gospodarstw. Teren jest wykorzystywany rolniczo. Brak głównych dróg łączących miejscowości, występujące na tym odcinku trakty spełniają jedynie dróg dojazdowych do pól i terenów przywała. Na terenie znajduje się jeden prawostronny dopływ.

c) Zakliczyn, km 56+400 – 54+700 (przelew zasilający w km 56+200)

Na lewym brzegu Dunajca w km 56+400 – 54+700 zlokalizowano trzeci obszar proponowany dla zwiększenia retencji dolinowej Dunajca. Jest to najmniejszy polder, jego powierzchnia wynosi jedynie 1,18 km². Jednak miejsce jego lokalizacji jest bardzo istotne, ponieważ na brzegu lewym nie ma wałów przeciwpowodziowych i (co wynika z analizy *Studium określającego granice obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią dla terenów nieobwałowanych w zlewni dolnego Dunajca od ujścia Popradu*) obszar ten jest bardzo zagrożony podtopieniami przez wody o prawdopodobieństwie przewyższenia większym niż 1%. Sama lokalizacja obiektu bardzo ładnie wpisuje się w krajobraz przestrzenny okolicy. Od wschodu i zachodu zbiornik byłby ograniczony lokalnymi drogami, od południa natomiast niweletą terenu, która jak wynika z analizy wcześniej wspomnianego studium jest wystarczająca by pomieścić wodę $p = 0,2\%$ (bez uwzględnienia wałów przeciwpowodziowych). W samym środku zbiornika przebiega obustronnie obwałowany ciek Wolanka. Rzędna przelewu zlokalizowanego w wale w km 56+200 jako 400 metrowe obniżenie wynosi 217,00 m n.p.m. Średnia wysokość wałów na brzegu prawym na tym odcinku wynosi 219 m n.p.m. Teren zawala w tym miejscu jest zróżnicowany wysokościowo, jednak średnia rzędna terenu wynosi 214,5 m n.p.m., co umożliwia retencję dużej objętości wody na tym obszarze.

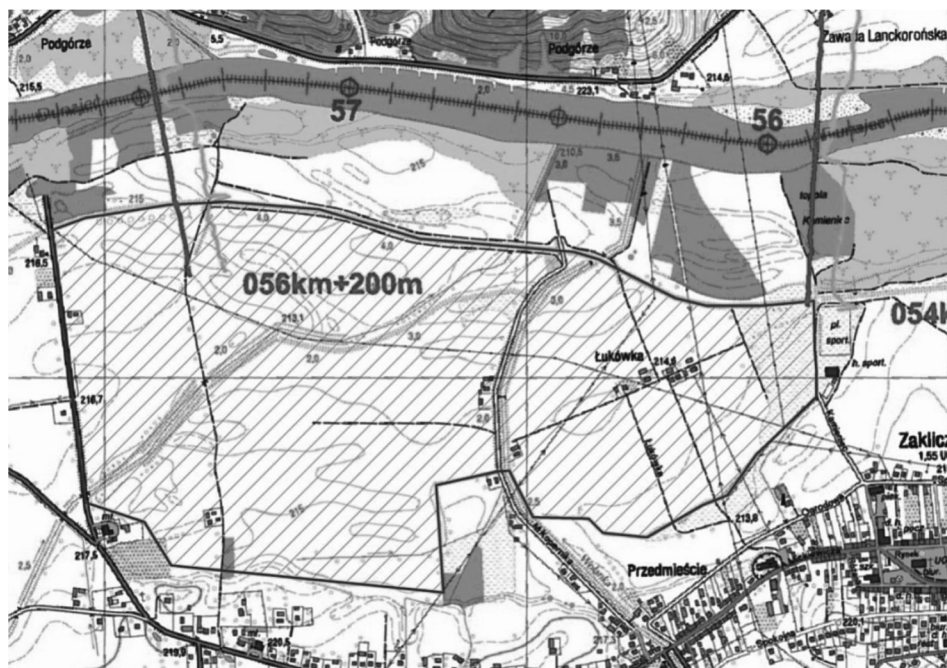


Rys. 2. Projektowany polder (zbiornik suchy) „Wielka Wieś” w km 44+500 – 48+600

Fig. 2. Planned polder (dry reservoir) „Wielka Wieś” at km 44+500 – 48+600

Objętość do rzędnej korony wynosi 2,945 mln m³, natomiast maksymalna pojemność 5,300 mln m³.

Ze względów społeczno-ekonomicznych polder ten ma największe „minusy” spośród pozostałych. W wyniku jego budowy należałoby przesiedlić całą miejscowość Łukówka (około 14 gospodarstw).



Rys. 3. Projektowany polder (zbiornik suchy) „Zakliczyn” w km 56+400 – 54+700

Fig. 3. Planned polder (dry reservoir) „Zakliczyn” at km 56+400 – 54+700

Zaprojektowane poldery „Mikołajowice”, „Wielka Wieś” oraz „Zakliczyn” stanowią racjonalną odpowiedź na zapotrzebowanie retencyjne doliny Dunajca poniżej zapory w Czcho-wie. Niestety nie mają one wpływu na sytuację powyżej przekroju w km 58+000. Ochro-nę miejscowości zagrożonych pomiędzy terenem znajdującym się powyżej tego przekroju a zaporą należałoby wykonać w inny sposób. Budowa zbiorników suchych w tych okolicach nie jest możliwa ponieważ nie ma na to wystarczającego miejsca w zawału na brzegu pra-wym. Wybór innych lokalizacji polderów niż te wskazane, na odcinku poniżej km 58+000 a ujściem Białej Tarnowskiej wydał się niekorzystny ze względu na zbyt małą retencję w zbiorniku lub koniecznością dużej liczby przesiedleń – co wiązałoby się z dużymi koszta-mi oraz problemami społecznymi.

Zaprojektowane poldery zlokalizowane są w miejscach, gdzie retencja, a co za tym idzie obniżenie wielkości fali będzie największe. Całkowita pojemność retencyjna trzech wskaza-nych obszarów wynosi około 18 mln m³, a obszar zalewu 4,81 km².

4. Zastosowana metoda i warunki analizy i oceny wpływu retencji polderowej na wzrost przepustowości koryta wielkiej wody dolnego Dunajca

Do oceny wpływu retencji dolinowej na obniżenie kulminacji fali powodziowej zastosowano metodę opierającą się na budowie scenariuszy powodziowych.

Scenariusze powodziowe rozumiane są jako scenariusze hydrologiczne. Podstawą ich budowy są wartości przepływów wysokich o określonym prawdopodobieństwie występowania. Na ich podstawie oblicza się układy zwierciadła wody na długości koryt rzecznych. Układom tym przypisuje się poszczególne stopnie zagrożenia powodziowego.

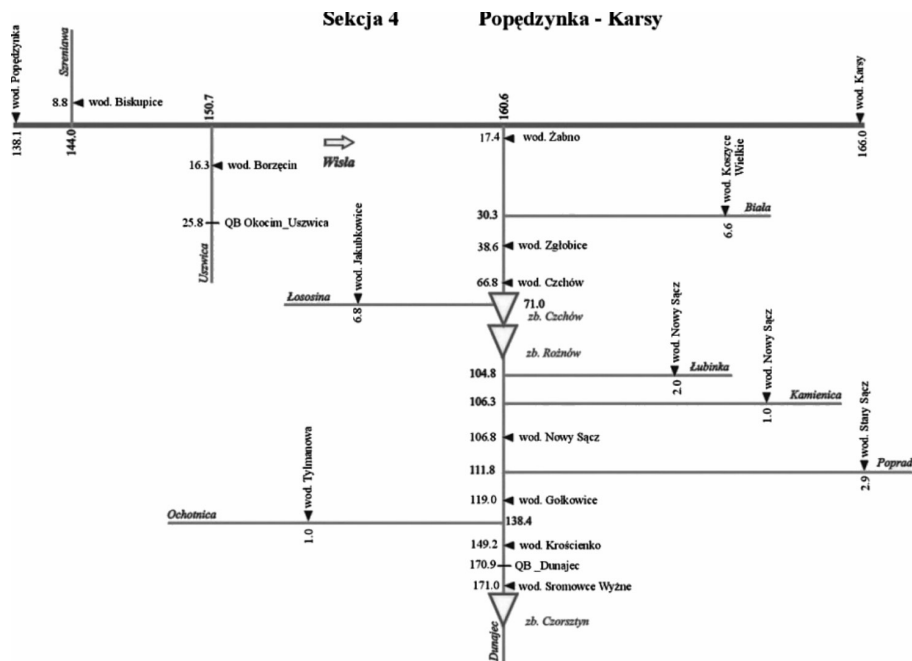
- | | |
|---|--|
| I. stopień dla Q spełniającego warunki: | $Q_{\text{przy stanie alarmowym}} < Q \leq Q_{20\%}$ |
| II. stopień dla Q spełniającego warunki: | $Q_{20\%} < Q \leq Q_{10\%}$ |
| III. stopień dla Q spełniającego warunki: | $Q_{10\%} < Q \leq Q_{2\%}$ |
| IV. stopień dla Q spełniającego warunki: | $Q_{2\%} < Q \leq Q_{1\%}$ |
| V. stopień dla Q spełniającego warunki: | $Q_{1\%} > Q \leq Q_{0,1\%}$ |

W oparciu o opracowane scenariusze powodziowe dokonywana jest przez OKI interpretacja przestrzennego zasięgu i stopnia zagrożenia powodziowego w czasie rzeczywistym.

Założono, że dodatkowa retencja dolinowa powinna obniżyć kulminację fali powodziowej o przepływie maksymalnym odpowiadającym $Q_{1\%}$. Odpowiada to IV. stopniowi zagrożenia powodziowego.

Aby zrealizować taki scenariusz należy określić dwa warunki:

1. Co będzie podstawą konstrukcji fali hipotetycznej o kulminacji 1%?
2. Jak uwzględnić boczne zasilanie Dunajca na odcinku Czchów–Żabno w warunkach przejścia fali hipotetycznej?



W tym celu wykorzystano bazę danych OKI Kraków, a potrzeby realizacji modelu rozwoju powodzi w dorzeczu górnej Wisły z użyciem pakietu MIKE 21. Powyżej przedstawiono schemat sekcji 4 dorzecza, na którym zaprezentowano układ hydrograficzny Wisła–Dunajec.

Dla powyższego schematu ustalony został scenariusz rozkładu na długości przepływów prawdopodobnych $Q_{1\%}$. Odpowiada on rozwojowi powodzi wzdłuż Dunajca.

Następnie w wyniku analizy historycznych fal powodziowych przyjęto, że podstawą budowy hydrogramu fali hipotetycznej o $Q_{\max} = Q_{1\%}$ będzie fala z 1997 r. Jest ona niekorzystna z punktu widzenia redukcji kulminacji za pomocą dodatkowej retencji dolinowej, gdyż jest falą o 2 kulminacjach. Stanowi ona jednak realny scenariusz, który może wystąpić.

Przyjęto, że fala hipotetyczna ma taką samą podstawę czasową jak fala z 1997 r., natomiast jej wysokość w każdym punkcie hydrogramu jest wyższa w proporcji $Q_{1\%}/Q_{\max 1997}$.

4.1. Model hydrodynamiczny

Do potrzeb badań zaadaptowano model komputerowy HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Centers River Analysis System*). Jest to pakiet modelowy opracowany przez US Corps of Engineers, sfinansowany przez władze USA.

Wykorzystano także model komputerowy dolnego Dunajca w środowisku HEC-RAS, opracowany przez IIGW Politechniki Krakowskiej dla ruchu ustalonego, adaptując go do warunków ruchu nieustalonego na odcinku Czchów – Żabno. Poldery (zbiorniki) powiększające retencję dolinową Dunajca zaprojektowano w postaci obiektów zamkniętych, zasilanych przelewami bocznymi i charakteryzowanymi powierzchnią zalewu i średnią rzędną dna, odpowiadającą średniej rzędnej terenu w obszarze zalewu.

W wersji nieustalonej model opisywany jest przez równania St. Venanta, postaci:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_b$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial Z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

Podstawowe obliczenia polegają na rozwiązaniu jednowymiarowego równania energii strumienia. Straty energii ujęte są przez tarcie (formuła Manninga) i kontrakcję (odpowiedni współczynnik mnożony przez zmianę wysokości prędkości). W miejscach, gdzie mamy do czynienia z ruchem szybkozmiennym, do obliczeń używa się równania ilości ruchu.

Moduł przepływów nieustalonych wykonuje symulacje przepływu niestacjonarnego w sieci rzecznej o dowolnej konstrukcji. Narzędzie typu solver równań niestacjonarnych powstał na bazie modelu UNET, zbudowanego przez Roberta L. Barkau. Do modelu włączone są procedury obliczeń hydraulicznych typu ustalonego w zakresie budowli wodnych i obszarów węzłowych.

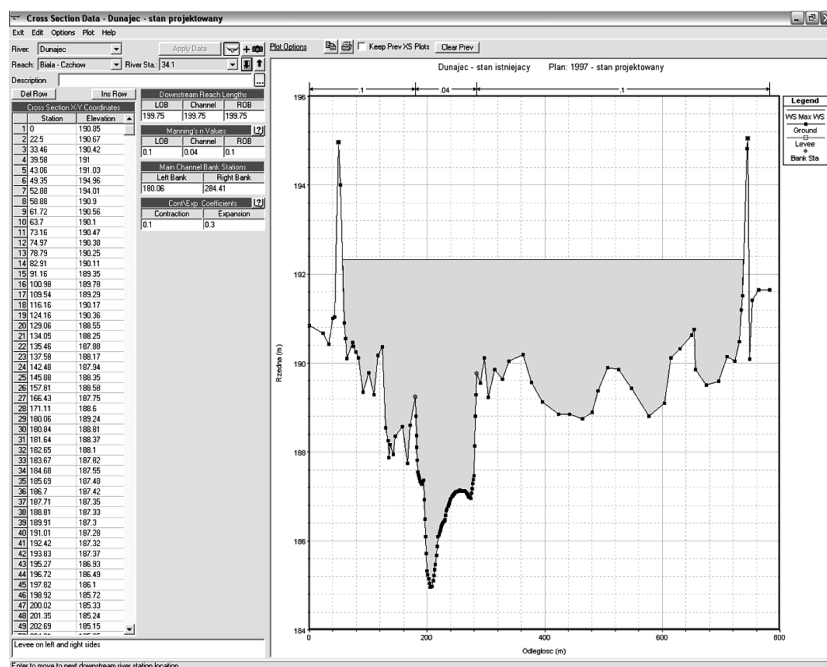
Przestrzenny zakres modelu hydrodynamicznego obejmował dolny odcinek rzeki Dunajec pomiędzy przekrojem wodowskazowym Czchów km 66+800 a wodowskazem Żabno (km 17+400). Bazą dla budowy modelu badanego obszaru były pomiarowe przekroje rzeki. Prawidłowe odwzorowanie dynamiki przepływów wymagało:

- ustalenia rzeczywistego kilometrażu,
- opisu geometrii obszaru węzłowego,

- identyfikacji granic koryta głównego (w rozumieniu hydraulicznym),
- identyfikacji wysokościowej charakterystyki obwałowań,
- identyfikacji stref nieaktywnych dynamicznie,
- interpolacji przekrojów poprzecznych.

W celu weryfikacji danych porównano zbudowany model z danymi opracowanymi w ramach *Studium ochrony przed powodzią województwa małopolskiego* opracowanego w IIGW PK.

Do kalibracji modelu wykorzystano przepływ $Q_{1\%}$ dla ruchu ustalonego.



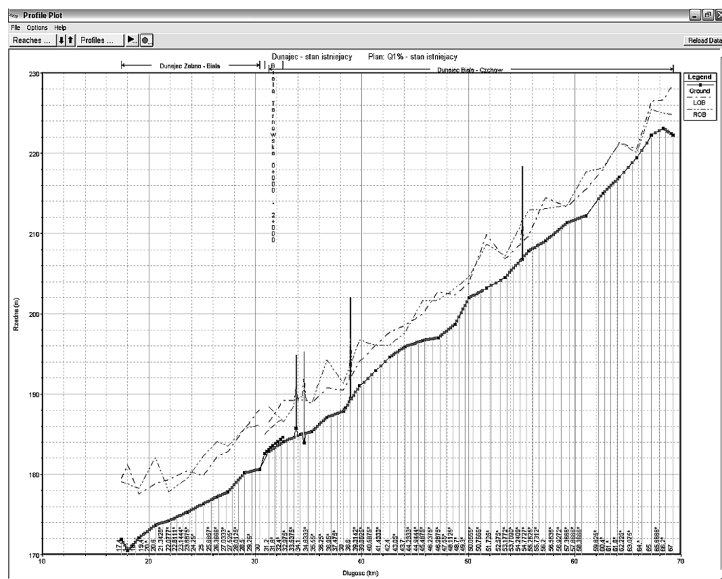
Rys. 4. Prezentacja graficzna zamodelowanego przekroju „bankowego” (km 34+100)

Fig. 4. Graphical presentation of modelled cross section at km 34+100

W celu analizy wpływu powiększenia retencji dolinowej dolnego Dunajca na obniżenie wielkości fali powodziowej należało zaproponowane poldery wprowadzić do obszaru modelu. Ich lokalizacja oraz powierzchnia pokrywały się z zaproponowanymi zbiornikami wskazanymi na podstawie analizy map.

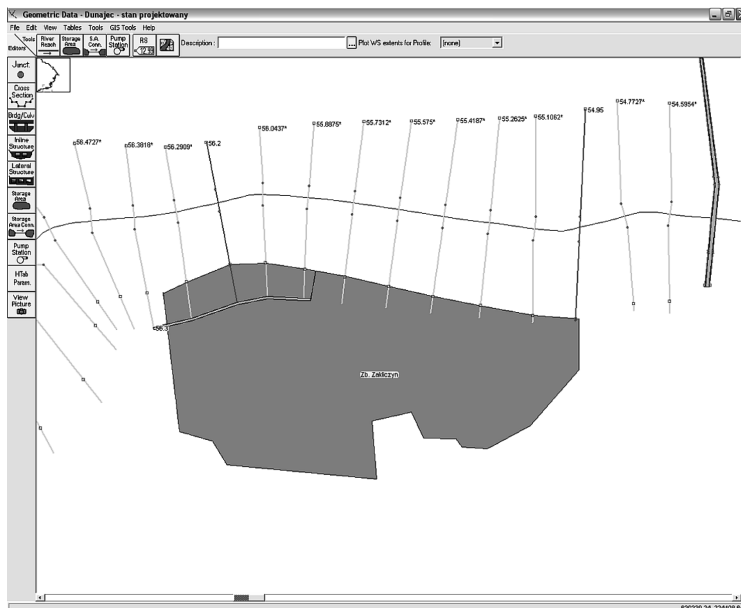
Aby polder mógł spełniać swoją rolę, w wałach przeciwpowodziowych zaprojektowano w bezpośrednim sąsiedztwie przelew boczny w postaci obniżenia rzędnej korony, tak aby w sposób najefektywniejszy mogła ona umożliwić napełnienie zbiornika, a tym samym obniżenie wysokości zwierciadła podczas kulminacji fali powodziowej.

Program umożliwia zamodelowanie przelewów zarówno stałych, jak i wyposażonych w zamknięcia. Model może zawierać dowolną kombinację wymienionych urządzeń. Przykładowy przelew boczny przedstawiono na rys. 7.



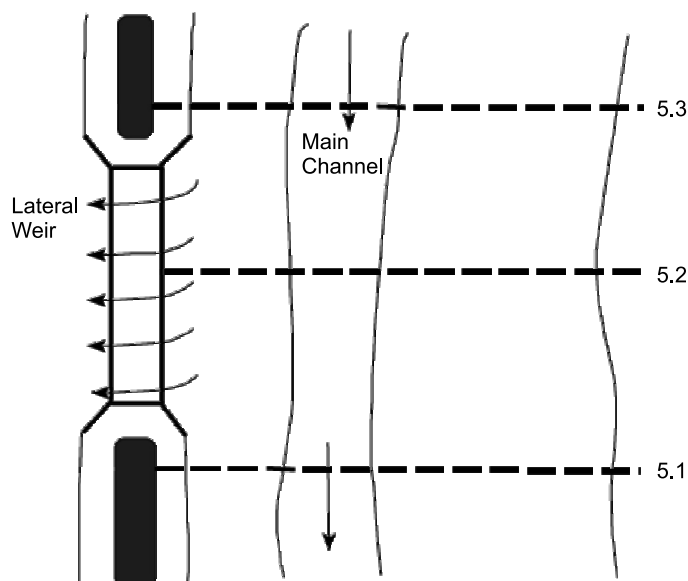
Rys. 5. Profil podłużny rzeki Dunajec oraz brzegu lewego i prawego na odcinku Czychów–Żabno (pionowe kreski na profilu określają lokalizację przekrojów mostowych)

Fig. 5. Longitudinal profile of the Dunajec river and its left and right bank along the Czychów–Żabno reach (vertical lines show localisations of bridge cross sections)



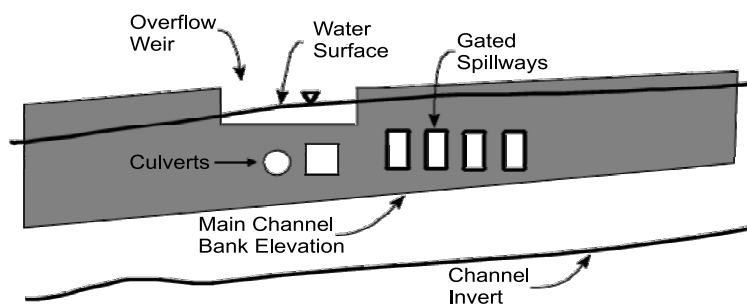
Rys. 6. Model zbiornika Zakliczyn w modelu HEC-RAS

Fig. 6. Model of the Zakliczyn reservoir obtained within the HEC-RAS software



Rys. 7. Przykład przelewu bocznego – plan

Fig. 7. Example of a side overflow – plan



Rys. 8. Przykład przelewu bocznego – przekrój podłużny

Fig. 8. Example of a side overflow – longitudinal section

Obliczenia wydatku przelewu bocznego mogą zostać wykonane w oparciu o położenie zwierciadła wody lub poziom linii energii. Standardowe równanie przelewu wyprowadzone zostało dla wysokości linii energii na górnym stanowisku, mierzonej od poziomu korony przelewu. W obliczeniach przelewu bocznego program domyślnie korzysta również z położenia linii energii. Użytkownik może jednak zażyczyć sobie, aby wydatek obliczany był na podstawie poziomu zwierciadła wody. Właściwym podejściem byłoby, gdyby przelew boczny umiejscowiony był w bliskiej odległości od koryta głównego. W takiej sytuacji energia prędkości związana jest z głównym kierunkiem przepływu, a nie z przepływem ponad koroną przelewu bocznego. Z tego względu poziom energii ponad koroną przelewu bocznego najlepiej opisać przez poziom zwierciadła wody w korycie głównym.

Oprócz przelewów wyposażonych w zamknięcia, użytkownik ma również możliwość zdefiniowania w tym samym przekroju przelewu stałego. Może on reprezentować przelew awaryjny lub przelew ponad całością konstrukcji wraz z przyczółkami. Wydatek przelewu obliczany jest wg równania:

$$Q = CLH^{3/2}$$

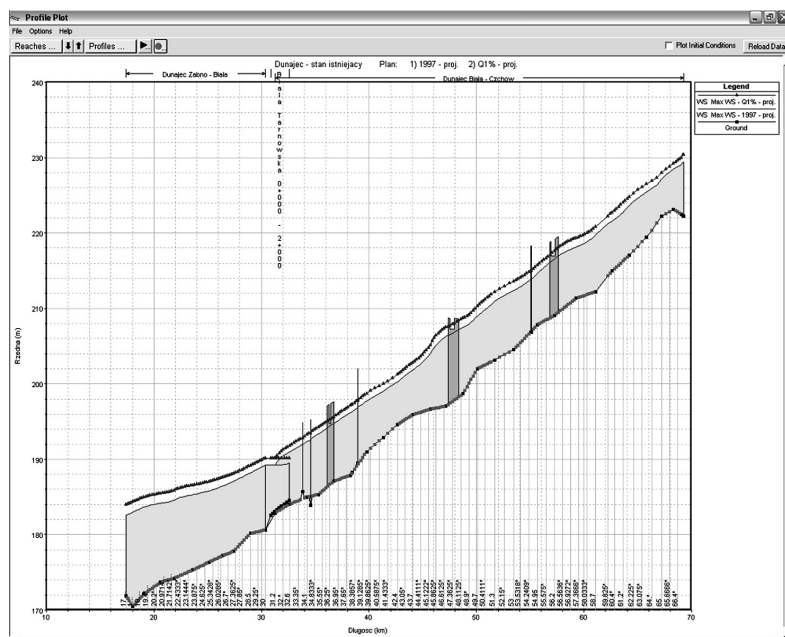
gdzie:

- C – współczynnik wydatku przelewu, którego wartość zawiera się zwykle w granicach 2,6 – 4,0 i zależy od kształtu przelewu,
- L – długość przelewu [m],
- H – wysokość energii strumienia na górnym stanowisku mierzona od korony przelewu [m].

Przelew stały zdefiniowano jako przelew o kształtach praktycznych. Program uwzględnia zmienność jego współczynnika wydatku w zależności od tego, czy wysokość energii strumienia na górnym stanowisku różni się od wysokości projektowej.

5. Uzyskane wyniki

Niniejszy sposób wykorzystania dodatkowej retencji dolinowej spowodował, że działa ona w warunkach przejścia fali 1%, zaś nie reaguje na falę z 1997 r. Ilustruje to rysunek profilu podłużnego rzędnych zwierciadła transformacji fali z 1997 r. i hipotetycznej 1%.



Rys. 9. Profil podłużny rzędnych zwierciadła transformacji fali z 1997 r. oraz hipotetycznej 1%

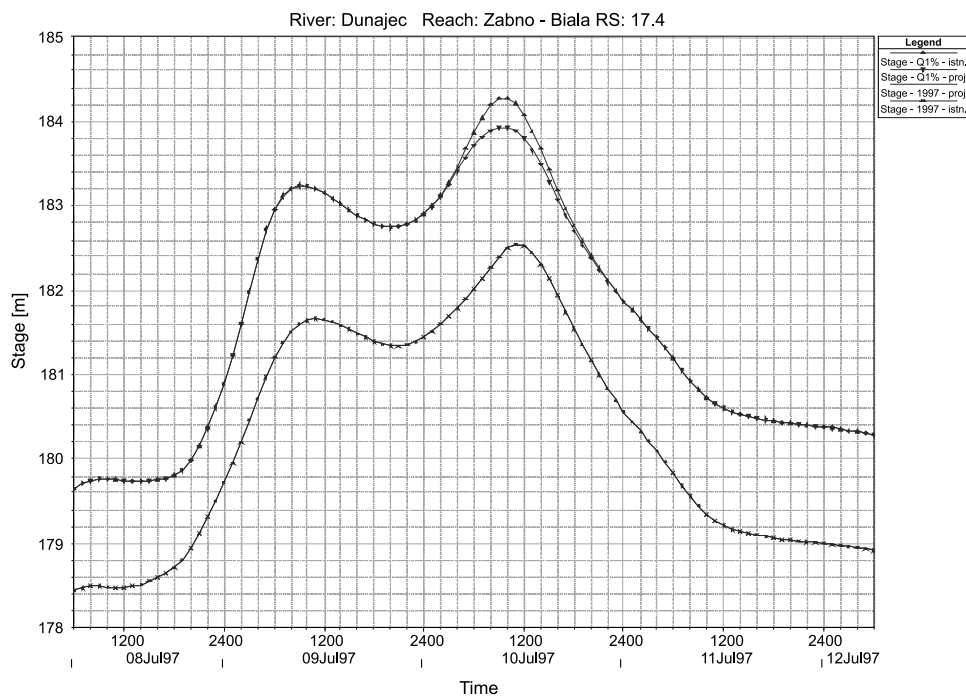
Fig. 9. Longitudinal profile of water elevations for transformation of flood wave from 1997 and hypothetical wave $Q_{1\%}$

Jak można zaobserwować na profilu, poziom wody dla Q_{\max} dla transformacji fali z 1997 r. (obszar zakolorowany na szaro) jest niższy niż rzędne zwierciadła przelewów bocznych dla trzech projektowanych zbiorników. Linia z trójkątami oznaczono poziom zwierciadła wody dla Q_{\max} dla hipotetycznej transformacji fali $Q_{1\%}$.

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki symulacji wskazują, że tak zaprojektowana dodatkowa retencja dolinowa Dunajca daje interesujący efekt praktyczny. Uzyskano wysoki wskaźnik wykorzystania pojemności polderów przy jednoczesnym „ścięciu” wierzchołka fali hipotetycznej ($Q_{\max} = Q_{1\%}$).

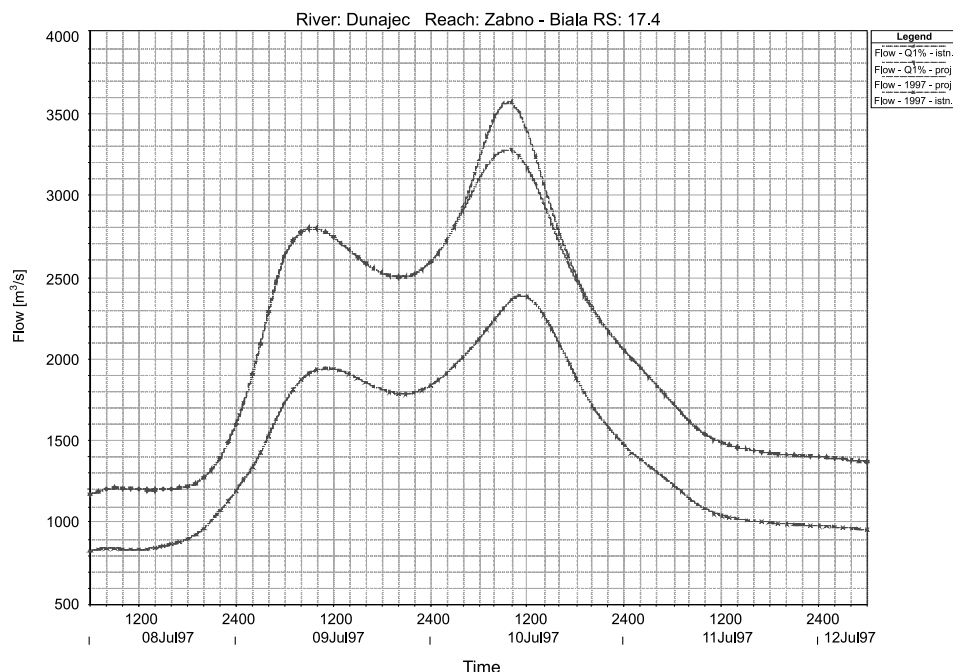
Poniżej przytoczono wartości wykorzystanej pojemności polderów:

1. Dla polderu „Zakliczyn” napełnienie wyniosło 2,28 m dzięki czemu uzyskano wypełnienie wielkości 2 684 650 m³,
2. Dla polderu „Wielka Wieś” napełnienie wyniosło 2,37 m dzięki czemu uzyskano wypełnienie wielkości 4 118 490 m³,
3. Dla polderu „Mikołajowice” napełnienie wyniosło 1,34 m dzięki czemu uzyskano wypełnienie wielkości 2 528 750 m³.



Rys. 10. Hydrogram ilustrujący rzędne zwierciadła wody dla fali powodziowej z 1997 r. oraz hipotetycznej $Q_{1\%}$ dla stanu istniejącego oraz projektowanego w wodowskaziu Żabno km 17+400

Fig. 10. Stage hydrogram showing water elevations of the flood wave from 1997 and of a hypothetical flood $Q_{1\%}$ at Żabno gauging station in case of existing state and planned hydrotechnical changes



Rys. 11. Hydrogram ilustrujący objętość przepływu dla fali powodziowej z 1997 r. oraz hipotetycznej $Q_{1\%}$ dla stanu istniejącego oraz projektowanego w wodowskazie Żabno km 17+400

Fig. 11 Flow hydrogram showing discharge of the flood wave from 1997 and of a hypothetical flood $Q_{1\%}$ at Żabno gauging station in case of existing and planned hydrotechnical changes

Dla udokumentowania realnego obniżenia kulminacji wezbrania stuletniego, na rys. 10 i 11 przedstawiono wartości obniżenia Q_{\max} i Z_{\max} na długości rzeki. Wartości te wskazują także na prawidłowe zastosowanie modelu. Drobne wahania wartości DZ_{\max} wynikają z rzadkiego rozmieszczenia przekrojów pomiarowych na Dunajcu i konieczności gęstej interpolacji tych przekrojów.

Literatura

- [1] *Dorzecze górnej Wisły*, Cz. 1, red. I. Dynowska, M. Maciejewski, PWN, Warszawa-Kraków 1991.
- [2] Gerritsen A.L., Haasnoot M., Hoffmann C.C., et al., *How to use floodplains for flood risk reduction*, M.S.A. Blackwell and E. Maltby, EUR EN, 2005.
- [3] Gręplowska Z., Książczyński K., Nachlik E., Potocki A., *Studium ochrony przed powodzią województwa małopolskiego*, IIGW PK, zeszyt 3, załącznik 4, Kraków 2006.
- [4] Kasina M., Pociask-Karteczka J., Nieckarz Z., *Tendencje występowania wysokich przepływów w dorzeczu Dunajca w II połowie XX wieku*, Folia Geographica, 2006–2007.
- [5] Matakiewicz M., *Regulacja Wisły*, Warszawa 1920.

- [6] Nachlik E., *Ograniczenia zagrożenia przed powodzią, Zeszyt Aktualne uwarunkowania stanu i potencjału ekologicznego rzek i potoków górskich w obszarze działania RZGW w Krakowie*, Kraków 2008.
- [7] *Roboty wodne i melioracyjne w południowej Małopolsce, Cz. III, Regulacja rzek górskich, zbiorniki wody i zabudowanie potoków górskich*, red. A. Kędzior, Lwów 1931.
- [8] Zawiejska J., Wyżga B., *Transformacja koryta Dunajca w XX wieku jako wynik ingerencji człowieka i zmian środowiskowych w zlewni*, Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty, red. B. Wyżga, Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków 2008.