

WYKORZYSTANIE MODELU MATEMATYCZNEGO SSIIIM DO ANALIZY ROZKŁADÓW PRĘDKOŚCI: ZBIORNIK JEZIORSKO NA RZECE WARCIE

Mateusz Hämmerling, Natalia Walczak, Ewelina Szalkiewicz
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki rozkładów prędkości uzyskanych z modelu matematycznego SSIIM (*Simulation of Sediment movements In water Intakes with Multiblock*). Prędkości obliczono dla geometrii wyboju lokalnego pomierzonego w 2007 r. na i poniżej progu numer 4 (km 479+225) zlokalizowanego poniżej zbiornika retencyjnego Jeziorsko. Wykorzystany model zweryfikowano na podstawie własnych badań terenowych [Hämmerling 2011]. W artykule obliczenia rozkładów prędkości średniego z wielolecia (1995–2010), który wynosił $52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przedstawiono graficzną analizę prędkości charakterystycznych (średniej, przydennej, maksymalnej) w wybranych pionach hydrometrycznych (tachoidy), przekrojach poprzecznych (izotachy) oraz profilach podłużnych. Wskazano na uniwersalność zastosowanego oprogramowania, które z dużym powodzeniem można wykorzystać do dokładniejszej analizy zjawiska kształtowania się wyboju poniżej progów piętrzących.

Słowa kluczowe: rozkład prędkości, modelowanie matematyczne, zbiornik retencyjny, wybój lokalny

WSTĘP

Budowa przegrodzenia poprzecznego rzeki znacząco wpływa na morfologię koryta rzecznoego. Przegrodzenie powoduje zmiany warunków transportu rumowiska oraz sprzyja powstawaniu erozji podłużnej i lokalnej poniżej zapory zbiornika, a także osadzenie się rumowiska powyżej zapory czołowej w zbiorniku. Badania związane ze zjawiskiem erozji lokalnej i podłużnej prowadziło wielu badaczy m.in. Oliveto i in. [2007], Termini i Sammartano [2010]. Głowski i Parzonka [2007] oraz Bagiński [2007] w swoich pracach badali charakterystykę wybojów lokalnych poniżej istniejących stopni wodnych oraz ich problemy eksploatacyjne.

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Mateusz Hämmerling, dr inż. Natalia Walczak, mgr inż. Ewelina Szalkiewicz, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94A, 60-649 Poznań, e-mail: mhammer@up.poznan.pl.

W pracy przeanalizowano rozkłady prędkości pomierzone i obliczone w tworzącym się poniżej progu nr 4 na rzece Warcie wyboju lokalnym. Progi stabilizujące budowane są w celu zmniejszenia spadku podłużnego zwierciadła wody w rzece oraz zabezpieczenia budowli wodnych przed nadmiernymi procesami erozyjnymi. Poniżej zbiornika Jeziorsko na rzece Warcie wybudowano cztery progi stabilizujące. Zadaniem pierwszych dwóch było zabezpieczenie budowli hydrotechnicznej przed nadmiernym procesem erozji lokalnej, natomiast następne spowodowały ustabilizowanie spadku zwierciadła wody. Budowa progów stabilizujących prowadzi do zmniejszenia procesu erozji podłużnej, powoduje jednak powstanie erozji lokalnej. Powstały poniżej progu stabilizującego wybój lokalny jest niebezpieczny ze względu na duże głębokości, jakie może osiągnąć.

Wyróżnia się cztery fazy rozwoju wyboju lokalnego :

- Faza I – polega na obniżeniu dna poniżej umocnień na skutek krótkotrwałego oddziaływania prędkości większych od rozmywających,
- Faza II – cechuje ją maksymalne rozmycie występujące pomiędzy końcem umocnienia a przekrojem maksymalnego rozmycia,
- Faza III – polega na wydłużeniu powstałego wyboju w kierunku głównego przepływu wody oraz stabilizacji jego głębokości,
- Faza IV – cechuje ją stabilizacja wymiarów powstałego wyboju [Zawadzki 1998].

Celem pracy było sprawdzenie możliwości wykorzystania programu komputerowego SSIIM do modelowania rozkładów prędkości w wyboju lokalnym.

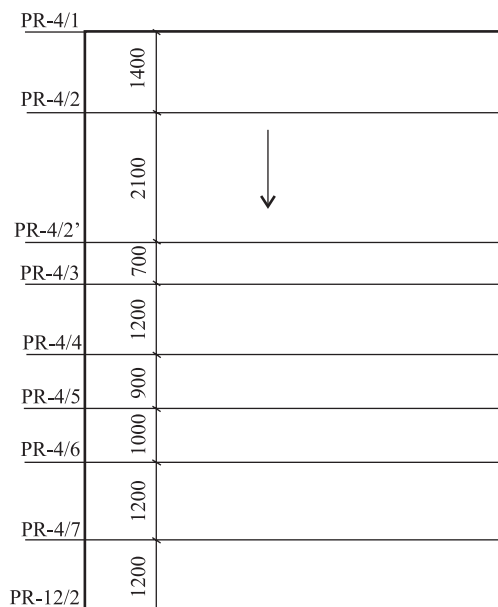
MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano badania terenowe, które zostały wykonane przez zespół pracowników Katedry Inżynierii Wodnej i Sanitarnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w 2007 r. poniżej i na progu numer 4 w km 479+225, zlokalizowanego poniżej zbiornika Jeziorsko na rzece Warcie. Badania terenowe wykonano z wykorzystaniem sondy drążkowej, niwelatora, urządzenia pomiarowego GPS oraz młynka hydrometrycznego.

Przeprowadzone pomiary poniżej i na progu numer 4 (km 479+225) obejmowały następujące przekroje poprzeczne: PR-4/1, PR-4/2', PR-4/3, PR-4/4, PR-4/5, PR-4/6, PR-4/7 oraz PR-12/2. Na ryc. 1 przedstawiono szkic rozmieszczenia przekrojów poprzecznych dla progu numer 4 w km 479+225 wraz z odległościami pomiędzy nimi, które podano w metrach.

Układ zwierciadła wody wyznaczono za pomocą urządzenia GPS i niwelatora, który został ustawiony na pomierzone przekroje poprzeczne. Natomiast do pomiaru rozkładów prędkości w wybranych pionach hydrometrycznych wykorzystano młynek hydrometryczny HEGA-2.

W tab. 1 zestawiono rozmieszczenie pionów hydrometrycznych, w których wykonano 20 czerwca 2007 r. pomiary rozkładów prędkości przy odpływie wody ze zbiornika $28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Wykonane pomiary posłużyły do etapu początkowego modelowania (identyfikacji i weryfikacji modelu).



Ryc. 1. Szkic rozmieszczenia przekrojów poprzecznych dla progu numer 4 w km 479+225 [Hämmerling 2011]

Fig. 1. Sketch of the distribution of cross sections for the sill number 4 in km 479+225 [Hämmerling 2011]

Tab. 1. Rozmieszczenie pionów hydrometrycznych poniżej progu numer 4 (km 479+225) w przekroju poprzecznym PR-4/5 (km 479+172), 2007 r.

Tab. 1. Hydrometric vertical distribution below the sill number 4 (km 479+225) in cross section PR-4/5 (km 479+172), 2007 year

	Pion hydrometryczny	Odległość od brzegu lewego, m
Przekrój PR-4/5	Pion I	12,5
	Pion II	26,5
	Pion III	36,5

Do modelowania rozkładów prędkości wykorzystano matematyczny model SSIIM (*Simulation of Sediment movements In water Intakes with Multiblock*) [Olsen 2007, 2009], który został opracowany przez Norweski Uniwersytet Nauki i Technologii w Trondheim. Trójwymiarowy obszar przepływu wody został opisany na podstawie uśrednionego równania Naviera-Stokesa [Hämmerling i in. 2013]:

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho \partial x_j} \left[- \left(P + \frac{2}{3} k \right) \delta_{ij} + \rho v_T \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \rho v_T \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right] \quad (1)$$

gdzie:

U_i – chwilowa lub średnia składowa w kierunku x_i , $m \cdot s^{-1}$,

t – czas, s

ρ – gęstość wody, $kg \cdot m^{-3}$,

x_{ij} – współrzędne w zapisie tensorowym,

ν_T – turbulentna lepkość burzliwa, $m^2 \cdot s^{-1}$,

P – ciśnienie, $N \cdot m^{-2}$,

k – kinetyczna energia turbulencji na jednostkę masy, $m^2 \cdot s^{-2}$

δ_{ij} – delta Kroneckera, która przyjmuje wartość 1, kiedy $i = j$, a w pozostałych przypadkach jest równa 0.

Warunki brzegowe w programie SSIIM zostały przyjęte następująco: na brzegu dopływowym dla prędkości przepływu przyjęto warunek Dirichleta. Na odpływie zadano warunek znanej wartości pochodnej dla wszystkich zmiennych, czyli tzw. warunek Neumana. Na zwierciadle wody dla prędkości zgodnych z kierunkiem głównego przepływu zadano zerowy gradient, czyli tzw. warunek Neumana.

W programie SSIIM przeprowadzono obliczenia ustalonego przepływu wody z wykorzystaniem stworzonej na podstawie pomiarów terenowych siatki numerycznej, znanego natężenia przepływu, znanej rzędnej zwierciadła wody w końcowym przekroju poprzecznym i określonego z wykorzystaniem programu HEC-RAS współczynnika szorstkości. Przeprowadzono obliczenia dla dwóch natężeń przepływów [Hämmerling 2011]. Przy identyfikacji i weryfikacji modelowanie wykonano dla przepływu z pomiarów terenowych, a przy analizie porównawczej dla przepływu średniego z wielolecia, który wynosił $52 m^3 \cdot s^{-1}$.

WYNIKI I DYSKUSJA

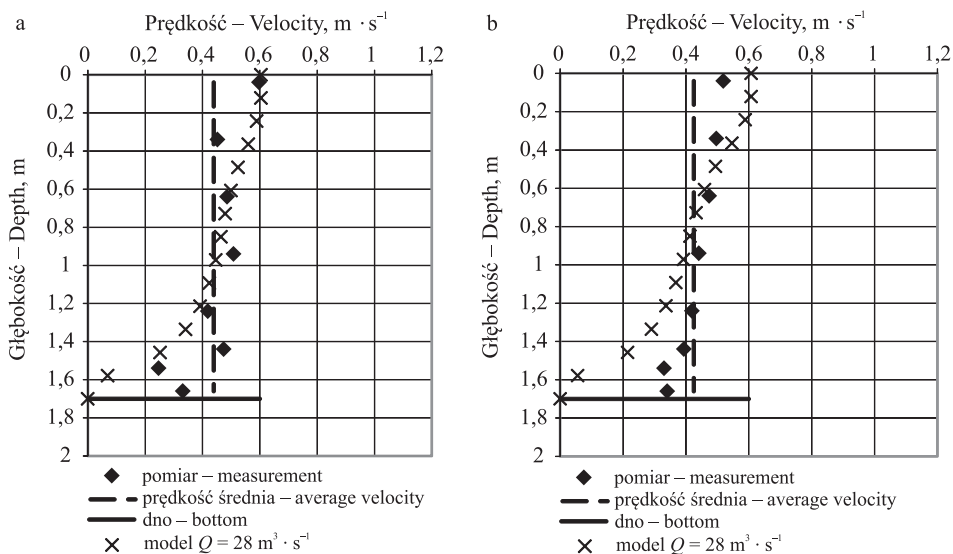
Identyfikacja i weryfikacja modelu matematycznego została przedstawiona przez Hämmerlinga [2011] na podstawie pomiarów terenowych opisanych powyżej.

Ryc. 2 i ryc. 3 pokazują porównanie profilu prędkości pomierzonego w terenie z profilem wyliczonym modelem matematycznym.

Profil prędkości policzony modelem matematycznym ma podobny kształt jak profil pomierzony w terenie. Prędkości zasymulowane przyjmują zbliżone wartości w części przypowierzchniowej pionu hydrometrycznego, natomiast w części przydennej różnią się między sobą.

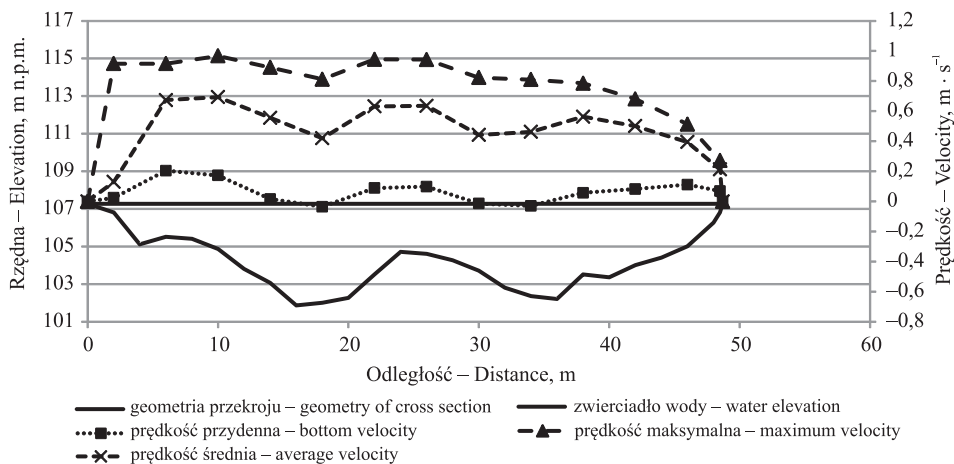
W dalszej części pracy przedstawiono wyniki prędkości zamodelowane dla przepływu średniego z okresu 1995–2010 ($52 m^3 \cdot s^{-1}$). Przeanalizowano zmiany prędkości charakterystycznych (maksymalnej, minimalnej oraz średniej) w przekrojach poprzecznych. Przekroje te były zlokalizowane w charakterystycznych miejscach profilu podłużnego, takich jak np. koniec umocnień progu (PR-4/2'), maksymalna głębokość wyboju (PR-4/3) oraz miejsce wypłynania się wyboju (PR-4/5).

Na ryc. 3 przedstawiono rozkłady prędkości charakterystycznych w przekroju poprzecznym PR-4/2'. Nie zaobserwowano gwałtownych zmian prędkości w przekroju poprzecznym. Jedynie przy brzegu lewym następuje nagły skok wartości prędkości. Można zauważyć zależność między prędkością przydenną, średnią, maksymalną, a zmianą geometrii koryta. Wraz ze wzrostem głębokości maleje prędkość, i odwrotnie. W odległości około 16,5 m oraz 32 m od brzegu lewego występują najmniejsze wartości



Ryc. 2. a) Profil prędkości PR4/5 26,50 m od BL. b) Profil prędkości PR4/5 12,50 m od BL, z pomiarów terenowych i modelu matematycznego

Fig. 2. a) The velocity profile of PR4/5 26,50 m from BL. b) The velocity profile of PR4/5 12,50 m from BL, the field measurements and the mathematical model



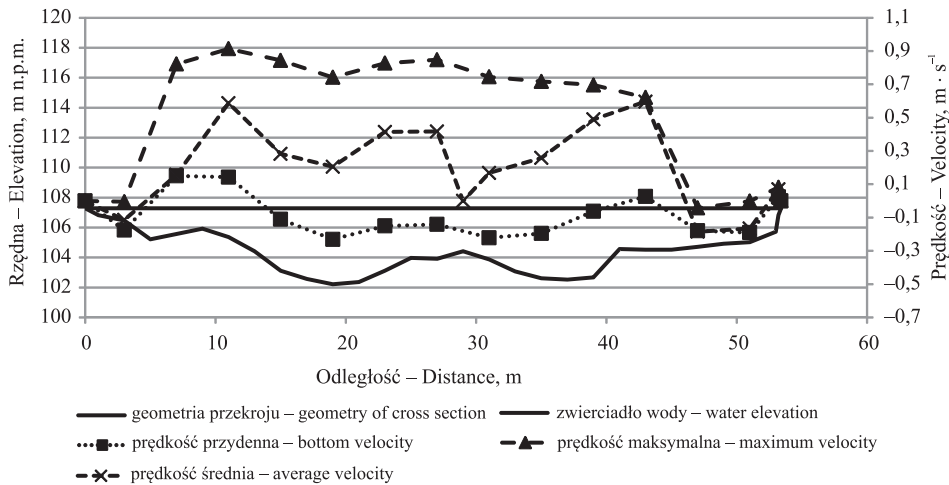
Ryc. 3. Zmiany prędkości charakterystycznych (przydennej, średniej, maksymalnej) w przekroju poprzecznym PR-4/2' (km 479+197)

Fig. 3. Changes of the characteristic velocity (bottom, average, maximum) in the cross section PR-4/2' (km 479+197)

poszczególnych prędkości. Związane jest to ze zmianą geometrii koryta, w którym głębokość powiększyła się maksymalnie o 3,5 m. Natomiast w odległości około 8 m oraz 24 m od brzegu lewego woda w rzece osiąga największe prędkości około $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Prędkość średnia zmieniała się od $0,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

W przekroju PR-4/3 (ryc. 4) wartości prędkości są zróżnicowane i występują gwałtowne zmiany pomiędzy poszczególnymi pionami hydrometrycznymi. Przy brzegach prędkości przyjmowały wartości ujemne, świadczy to o występowaniu zawirowań (co potwierdziły obserwacje w czasie badań terenowych). Na ponad połowie szerokości przekroju poprzecznego prędkości przydenne przyjmowały wartości ujemne, co dowodzi o występowaniu tzw. walca dennego w wyboju lokalnym.

W odległości około 4 m od brzegu lewego prędkość średnia nie różni się zbytnio od prędkości przydennej. Podobną sytuację można zaobserwować w odległości około 42 m od brzegu lewego. Natomiast w odległości około 42 m wartość prędkości średniej zbliżona jest do wartości prędkości maksymalnej. Prędkość średnia w przekroju zmieniała się od około $0,19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do około $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

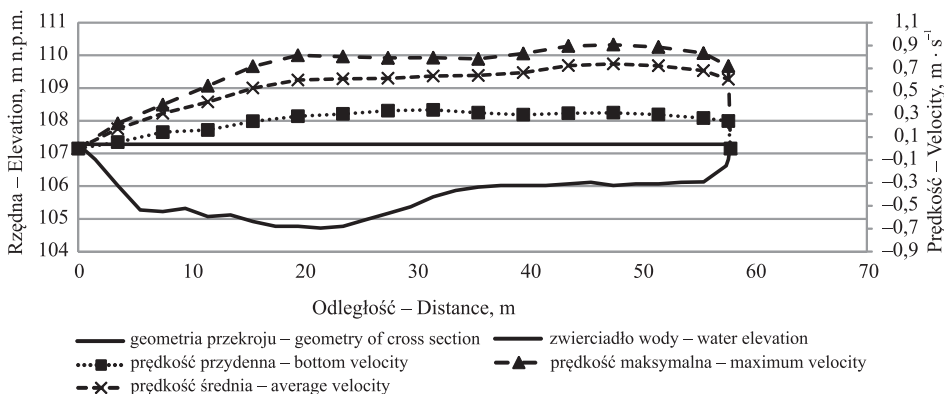


Ryc. 4. Zmiany prędkości charakterystycznych (przydennej, średniej, maksymalnej) w przekroju poprzecznym PR-4/3 (km 479+193)

Fig. 4. Changes of the characteristic velocity (bottom, average, maximum) in the cross section PR-4/3 (km 479+193)

Osiągnięte wartości prędkości charakterystycznych w przekroju poprzecznym PR-4/5 (ryc. 5) wykazują niewielkie zmiany. Analizowane prędkości rosną od brzegu lewego do odległości około 20 m, a następnie nie zmieniają się znacznie do brzegu prawego. Nagłe zwiększenie wartości prędkości przy brzegu prawym rzeki wynika ze znacznego zmniejszenia głębokości wody w porównaniu z przekrojem PR-4/3 (o około 2 m). Prędkość średnia mieści się w przedziale od $0,17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

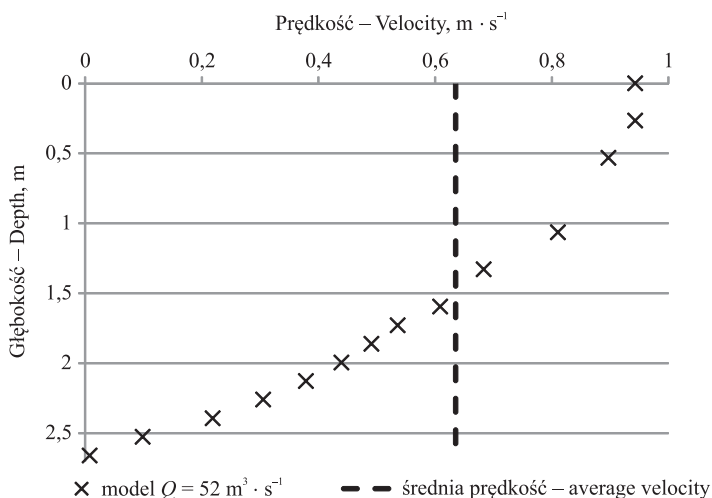
Do analizy zasymulowanych rozkładów prędkości wybrano pion hydrometryczny znajdujący się w osi analizowanych przekrojów poprzecznych.



Ryc. 5. Zmiany prędkości charakterystycznych (przydennej, średniej, maksymalnej) w przekroju poprzecznym PR-4/5 (km 479+172)

Fig. 5. Changes of the characteristic velocity (bottom, average, maximum) in the cross section PR-4/5 (km 479+172)

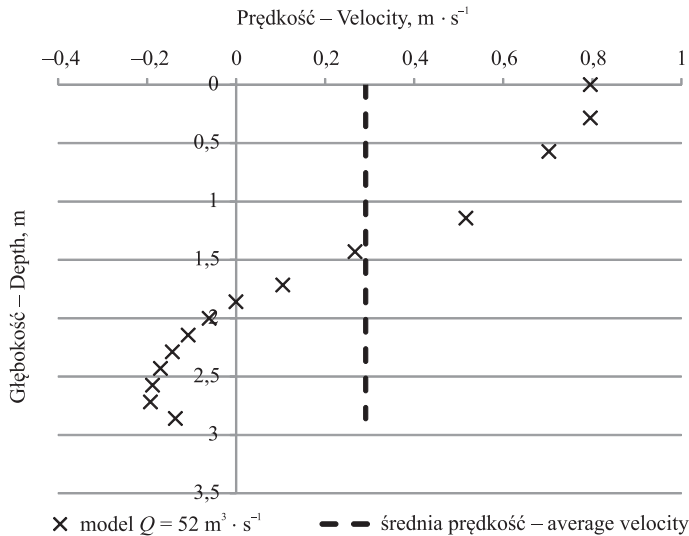
W pionie hydrometrycznym (ryc. 6) prędkość maleje wraz ze wzrostem głębokości. Najmniejsza wartość prędkości dla charakteryzowanego pionu (prędkość przydennej) występuje przy dnie koryta, na głębokości około 2,7 m poniżej zwierciadła wody i wynosi $0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Natomiast maksymalna prędkość lokuje się w części przypowierzchniowej i wynosi $0,94 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Prędkość średnia wynosi $0,64 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Kształt analizowanego pionu hydrometrycznego odbiega od logarytmicznego rozkładu z uwagi na jego lokalizację (koniec umocnienia programu).



Ryc. 6. Rozkład prędkości w pionie hydrometrycznym zlokalizowanym w osi przekroju PR-4/2' (km 479+197)

Fig. 6. The velocity distribution in the vertical axis of the hygrometric located in the cross section PR-4/2' (km 479+197)

W pionie hydrometrycznym zlokalizowanym w osi koryta głównego (przekrój PR-4/3 – ryc. 7) rozkład prędkości jest znacznie zróżnicowany. Prędkości w rzece na głębokości większej niż 2 m osiągnęły wartości ujemne, co świadczy o tworzeniu się walca dennego w wyboju lokalnym. Maksymalna prędkość wynosi $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, natomiast średnia prędkość równa jest $0,29 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Analizowany pion hydrometryczny charakteryzuje się największą głębokością (2,9 m).



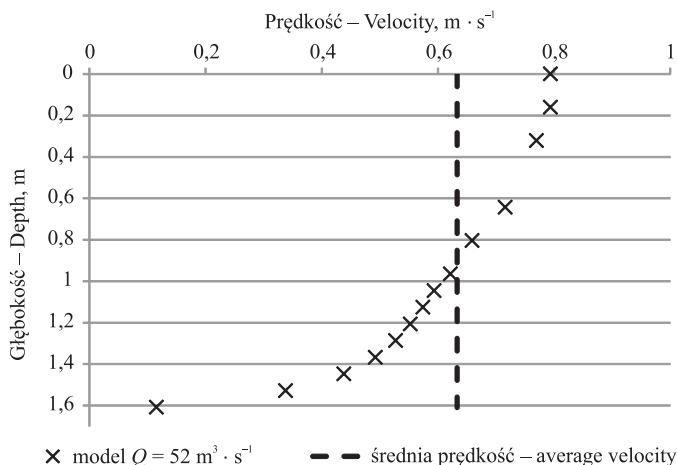
Ryc. 7. Rozkład prędkości w pionie hydrometrycznym zlokalizowanym w osi przekroju PR-4/3 (km 479+193)

Fig 7. The velocity distribution in the vertical axis of the hydrometric located in the cross section PR-4/3 (km 479+193)

Na ryc. 8 przedstawiono analizę rozkładu prędkości dla przekroju PR-4/5 zlokalizowanego w osi koryta głównego, którego maksymalna wartość prędkości wynosi $0,79 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, a prędkość średnia $0,62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Dla głębokości pionu równej 1,60 m prędkość przydenna osiąga wartość $0,12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rozkład prędkości omawianego pionu hydrometrycznego charakteryzuje się kształtem teoretycznym.

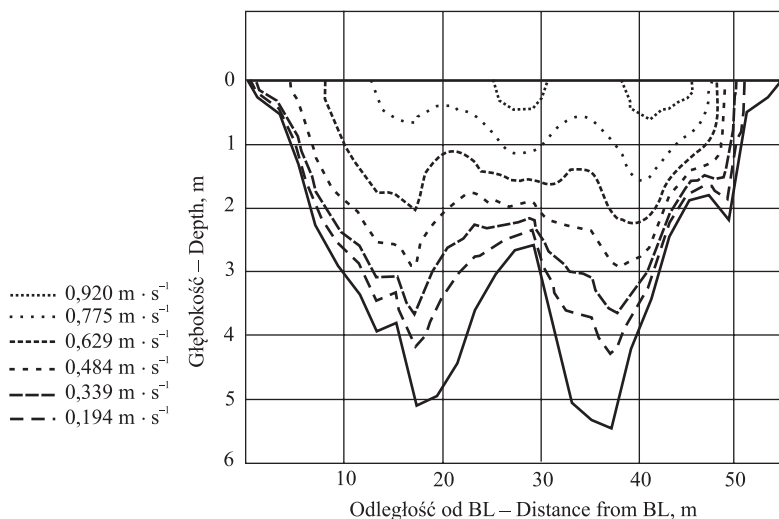
Poniżej zostały przedstawione graficznie rozkłady prędkości dla analizowanych przekrojów poprzecznych, których wartości wyznaczono z wykorzystaniem programu komputerowego SSIIM. Dodatkowo przedstawiono wektory prędkości dla profilu podłużnego zlokalizowanego w osi koryta głównego.

Prędkości w przekroju poprzecznym koryta rzeki PR-4/2' (ryc. 9) są zróżnicowane i zmieniają się od około $0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do około $0,92 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Graficzna interpretacja ryc. 9 potwierdza założenie zmniejszania się wartości prędkości wraz ze zwiększaniem głębokości. Przy dnie występują najmniejsze wartości prędkości, a wartości maksymalne w części przypowierzchniowej. W strefie przypowierzchniowej można zaobserwować skoncentrowanie prędkości o większych wartościach przy brzegu prawym.



Ryc. 8. Rozkład prędkości w pionie hydrometrycznym zlokalizowanym w osi przekroju PR-4/5 (km 479+172)

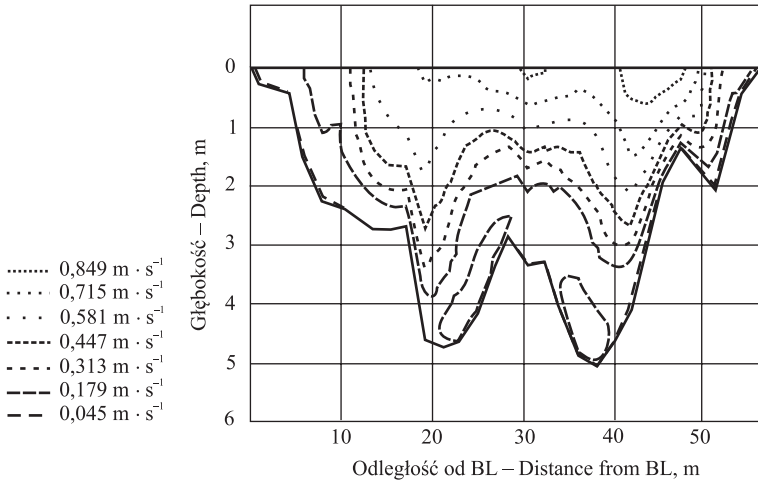
Fig 8. The velocity distribution in the vertical axis of the hygrometric located in the cross section PR-4/5 (km 479+172)



Ryc. 9. Zmiany prędkości w przekroju poprzecznym koryta dla PR-4/2' (km 479+197)

Fig 9. Changes in the velocity of the cross-section PR-4/2' (km 479+197)

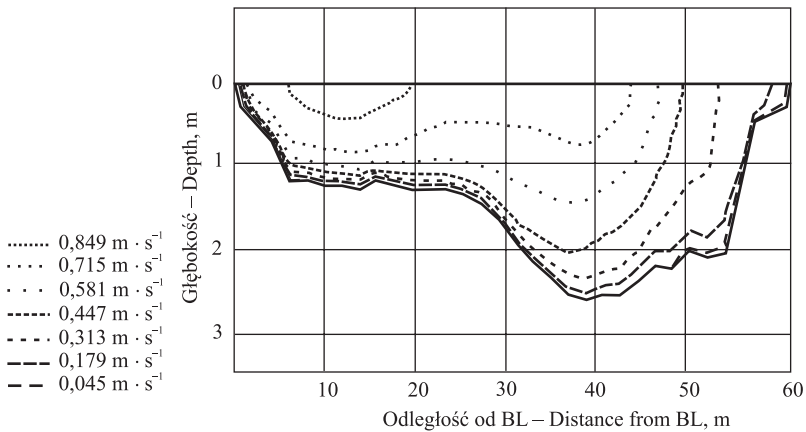
W przekroju poprzecznym PR-4/3 (ryc. 10) wartości prędkości obejmują przedział od 0,04 do 0,85 $m \cdot s^{-1}$. Największa wartość prędkości w przekroju PR-4/3 równa się 0,85 $m \cdot s^{-1}$ i jest mniejsza od prędkości maksymalnej w przekroju PR4/2'. Charakterystycznym zjawiskiem przy tworzeniu się wyboju lokalnego jest tzw. walec denny, którego obraz przedstawiają obszary świadczące o dużej turbulencji przy dnie koryta. Występujące tam prędkości odwrotne umożliwiają intensywny transport rumowiska.



Ryc. 10. Zmiany prędkości w przekroju poprzecznym koryta dla PR-4/3 (km 479+193)

Fig 10. Changes in the velocity of the cross-section PR-4/3 (km 479+193)

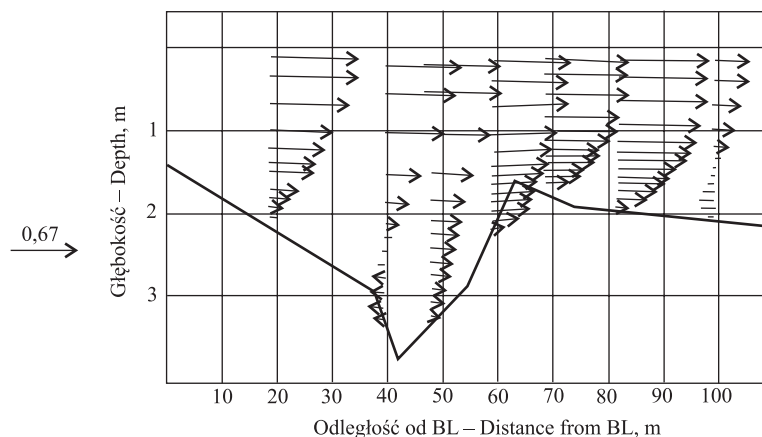
Na ryc. 11 przedstawiono zmiany prędkości w przekroju poprzecznym koryta rzeki PR-4/5, które niewiele różnią się od wcześniej analizowanych przekrojów. Zakres zmian wartości prędkości obejmuje ten sam przedział od około $0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Charakterystyczną cechą omawianego pionu jest to, że pole największych prędkości jest zlokalizowane przy brzegu prawym.



Ryc. 11. Zmiany prędkości w przekroju poprzecznym koryta dla PR-4/5 (km 479+172)

Fig 11. Changes in the velocity of the cross-section PR-4/5 (km 479+172)

Na ryc. 12 przedstawiono analizę rozkładów wektorów prędkości. Największe wektory prędkości występują w części przypowierzchniowej koryta rzecznej i maleją w kierunku dna. W części najgłębszej opisywanego profilu (ryc. 12) zlokalizowanego 85 m od początku umocnień występują prędkości odwrotne. Ujemne wartości prędkości



Ryc. 12. Wektory prędkości dla profilu podłużnego zlokalizowanego w osi
 Fig 12. Velocity vectors for the longitudinal profile located in the axis

występują w miejscu wytworzenia walca dennego oraz poprzez kształtowanie strumienia wody przez odsypisko rumowiska wytworzonego w przekroju PR-4/7.

PODSUMOWANIE

Program SSIIM ma charakter interdyscyplinarny i można go wykorzystywać w procesie planowania, prognozowania i badania zjawisk hydraulicznych, które ze względu na swoją specyfikę nie zawsze można wykonać w terenie. Analizowany wybór jest ważnym elementem prognozy stabilizującego, a dokładniejsze poznanie procesu jego tworzenia można wykorzystywać w przewidywaniach ewentualnych zagrożeń. Niedoskonałością programu jest trudność w implementacji siatki numerycznej oraz graficzna interpretacja wyników, która może wprowadzić w błąd użytkownika poprzez niestandardowe rysowanie przekrojów poprzecznych z obliczonymi wartościami poszczególnych zmiennych od brzegu prawego, a nie jak się przyjęło od brzegu lewego.

Wartości prędkości uzyskane z modelowania dobrze korespondują z wartościami pomierzonymi w terenie, co uzasadnia zastosowanie tego programu do analizowanego zjawiska. W czasie badań terenowych zaobserwowano występowanie zawirowań, co potwierdziły wartości prędkości otrzymane z modelowania, szczególnie widoczne to było w strefie bezpośredniego oddziaływania wyboju. Na podstawie modelowania matematycznego stwierdzono występowanie ujemnych wartości prędkości przydennych, szczególnie w przekroju PR-4/3, co świadczy o występowaniu tzw. walca dennego.

PIŚMIENNICTWO

- Bagiński, L. (2007). Wybrane problemy stanu bezpieczeństwa stopnia Wodnego Włocławek. *Nauka Przyr. Technol.*, 1(2), 23–33.
- Głowski, R., Parzonka, W. (2007). Eksploatacja i oddziaływanie zbiornika Brzeg Dolny na rzece Odrze. *Nauka Przyr. Technol.*, 1(2), # 19.

- Hämmerling, M. (2011). Prognozowanie zmian erozyjnych dna koryta rzeki poniżej budowli piętrzących. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań, maszynopis.
- Hämmerling, M., Błazejewski, R., Walczak, N. (2013). Modeling of local scour in non-cohesive soils below sills using SSIIM Computer Code. *Rocz. Ochrona Środowiska*, 15, 538–550.
- Oliveto, G., Comuniello, V., Onarati, B. (2007). Local scour downstream of stilling basins. *River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, 2, 1227–1231.
- Termini, D., Sammartano, V. (2010). Flow kinematic characteristics in the scour hole downstream of a garde-control structure. International Congress on Environmental Modeling and Software Modeling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada
- Olsen, N.R.B. (2007). Numerical Modelling and Hydraulics. The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim
- Olsen, N.R.B. (2009). A three dimensional numerical model for simulation of sediments movements in water intakes with multiblock options. The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim
- Zawadzki, P. (1998). Lokalna erozja dna cieku w gruntach różnoziarnistych. Praca doktorska. Katedra Budownictwa Wodnego Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań, maszynopis.

USING MATHEMATICAL MODEL SSIIM TO ANALYSIS OF VELOCITY DISTRIBUTIONS: JEZIORSKO RESERVOIR ON THE WARTA RIVER

Abstract. The study presents results velocity distributions obtained from the mathematical model SSIIM (*Simulation of Sediment movements In water Intakes with Multiblock*). Velocity calculated for the geometry of the measured local scour in 2007, (number 4, km 479 +225) located below the Jeziorsko reservoir. Model used was verified on the basis of their research field [Hämmerling 2011]. In this paper the calculation of velocity distributions made to flow from the multi-year average. Shows a graphical analysis of the characteristic velocity (average, near-bottom, maximum) in selected verticals hydrometric, cross sections (isotach) and longitudinal profiles. Specified to the universality of the software used, which can be successfully used for precisely analysis of the phenomenon of formation of the local scour below of sill.

Key words: velocity distribution, mathematical modelling, water reservoir, local scour

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 16.06.2015

XXXIII OGÓLNOPOLSKA SZKOŁA HYDRAULIKI – Zakopane 2014

Zorganizowana pod patronatem

Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk

przez

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Dofinansowanie:

Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie

Wydanie publikacji zostało dofinansowane przez MGGP S.A.



Cytowanie – For citation: Hammerling, M., Walczak, N., Szalkiewicz, E. (2015). Wykorzystanie modelu matematycznego SSIIM do analizy rozkładów prędkości: zbiornik Jeziorsko na rzece Warcie. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 14(2), 81–92.