

## **TRANSFORMACJA FALI POWODZIOWEJ W WARUNKACH RENATURYZACJI RZEKI NIDY I JEJ DOLINY**

## **TRANSFORMATION OF FLOOD WAVE AFTER RENATURIZATION OF NIDA RIVER AND VALEY**

Andrzej Strużyński

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie:** Rzeka Nida płynie w województwie świętokrzyskim po obszarach zagospodarowanych przeważnie rolniczo. W chwili obecnej stwarza w dolnym biegu duże zagrożenie powodziowe, m.in. ze względu na brak małej retencji, która może być dostępna po likwidacji zbędnych obwałowań przeciwpowodziowych. Obliczono wpływ zwiększenia retencji poprzez otwarcie doliny na odcinku od Rębowa do Pińczowa na bezpośrednio poniżej leżące obszary Nidy nieuregulowanej. Za pomocą programu HEC-RAS wykonano obliczenia zasięgu zalewu 10,3 km odcinka rzeki. W tym celu przygotowano 103 przekroje poprzeczne odległe od siebie o średnio 100 m. Symulację wykonano dla szerokiego zakresu przepływów od  $1\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do  $Q_{1\%}$ .

**Abstract:** The Nida River flows in Świętokrzyskie district over the valley which is used mostly by agriculture. At present in it's lower run the river is quite danger during floods due to the lack of small retention. This could be easily restored after removing of the embankments. After the increase of the retention by the opening of the valley areas, the reflection of the river itself on the close to nature run was calculated. In the paper the results of the flooded zones on the reach length of 10.3 km are presented. For the case 103 cross-sections distributed every 100 meters were prepared. The simulations of flooding by discharges between  $1\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  and  $Q_{1\%}$  were performed.

**Słowa kluczowe:** Nida, odcinek uregulowany, odcinek bliski naturze, zasięg zalewu

**Key words:** Nida River, regulated reach, close-to-nature reach, inundation zones.

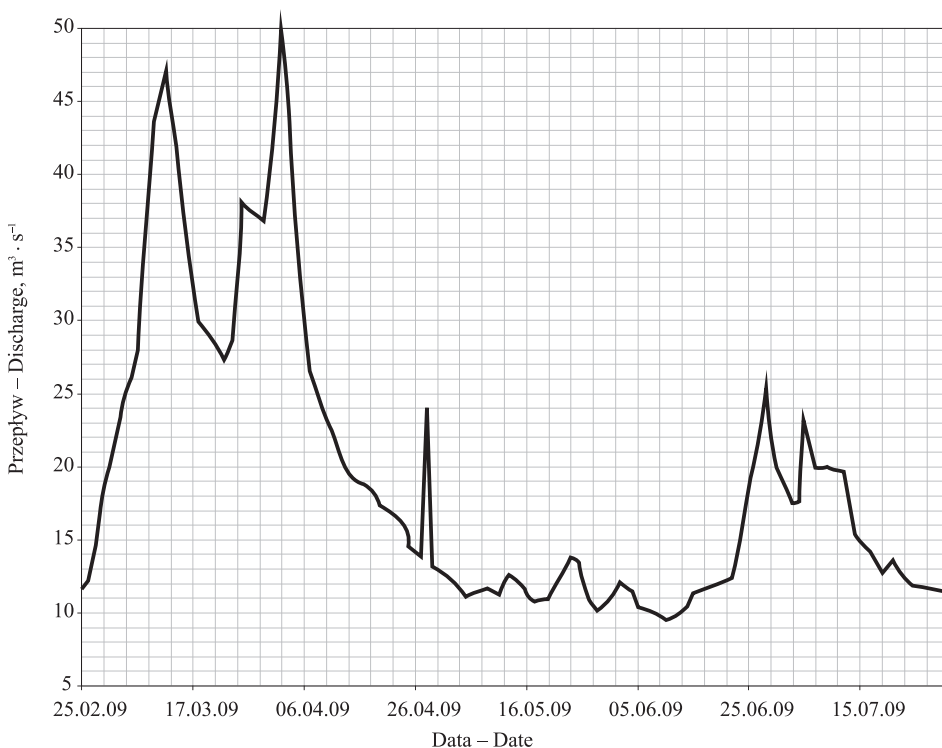
## WSTĘP

Rzeka Nida przepływa przez południową część Polski. Swym zasięgiem obejmuje głównie teren województwa świętokrzyskiego. Jest lewobrzeźnym dopływem Wisły, uchodząc do niej w 175,4 km jej biegu. Powierzchnia zlewni Nidy wynosi 3865,4 km<sup>2</sup>, a długość rzeki to 151,2 km. Przepływa przez tereny o bardzo zróżnicowanej budowie geologicznej i bardzo różnorodnej rzeźbie. Jest rzeką dość nietypową. Lokalizacja jej górnego biegu określana jest od źródeł leżących w miejscowości Moskorzew do ujścia Czarnej Nidy. Zarówno Biała Nida, jak i Czarna Nida są rzekami częściowo uregulowanymi. Biała Nida płynie przez tereny rolnicze i jest uregulowana na całym swym biegu z wyjątkiem tzw. morza chęcińskiego. Znacznie większą dynamiką przepływów charakteryzuje się wypływająca z Gór Świętokrzyskich i mniej przekształcona Czarna Nida. Połączona Nida, stanowiąca do ujścia Mierzawy środkowy odcinek rzeki, płynie w szerokiej dolinie charakteryzując się dość dużą dynamiką przepływów. Na tym odcinku dno rzeki stanowią głównie piaski drobne. Przed regulacją na całej długości Nida miała bieg meandrowy, obecnie bieg naturalny zachował się na niewielu odcinkach. W przeważającej części środkowego biegu rzeka jest uregulowana, a od Pińczowa do ujścia przeważają odcinki zbliżone do naturalnych. W latach 80. XX wieku w rejonie tzw. delty śródlądowej (dolny odcinek środkowego biegu Nidy) przeprowadzone zostały regulacje techniczne i zabiegi melioracyjne, których celem była intensyfikacja produkcji rolnej na obszarach znajdujących się na I terasie zalewowej. Inwestycje te należy dziś uznać za nieudane. Wskutek niekorzystnego oddziaływania na środowisko i system wodny doliny regulacja środkowego odcinka Nidy zachwiała równowagę hydrodynamiczną rzeki na odcinkach leżących niżej i przyczyniła się do wzrostu gwałtowności degradacji gleb, siedlisk fauny i flory oraz intensywności wezbrań wiosennych (roztopowo-opadowych). Niewielki spadek dolnego odcinka rzeki wahający się w granicach 0,5–0,2‰ dodatkowo wpływa na zwiększenie zagrożenia powodziowego w regionie. Szybki odpływ ze zlewni Czarnej Nidy i bardzo kręty bieg dolnej Nidy sprawiają, że czas spływu wód znacznie się wydłuża. Średni przepływ wynosi 22 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>, a maksymalny 519 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. W chwili obecnej dokonuje się stopniowa zmiana użytkowania polskich dolin. Proces ten dotyczy również zlewni Nidy. Następuje powolna, lecz stała sukcesja obszarów zurbanizowanych. W odcinku dolnego biegu Nidy zlokalizowanych jest kilka miejscowości w tym Wiślica i Nowy Korczyn. Bliżej leżące osady często narażone są na lokalne podtopienia podczas stosunkowo niewielkich wezbrań roztopowo-opadowych, tymczasem zdolności retencyjne środkowego biegu Nidy mogą zostać zwiększone poprzez likwidację niepotrzebnych już dziś wielu odcinków obwałowań izolujących rzekę od teras zalewowej.

## DANE HYDROLOGICZNE

Dane przepływów odczytane z posterunku IMGW w Pińczowie pochodzą z okresu od 24 lutego do 31 lipca 2009 (rys. 1). Wodowskaz ten zlokalizowany w km 56,8 zamyka zlewnię o powierzchni 3352 km<sup>2</sup>. Maksymalny przepływ przedstawiony na wykresie, wynoszący 49,71 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>, zaobserwowano 2 kwietnia 2009. Przepływy charakterystyczne

w rejonie Pińczowa wynoszą  $Q_{50\%} = 150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $Q_{10\%} = 280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $Q_{1\%} = 430 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Przedstawiony rozkład przepływów jest typowy dla tej rzeki. Od roku 2004 autor prowadzi okresowe pomiary terenowe na Nidzie i w tym czasie pojawiały się średnio w cyklu dwuletnim duże wezbrania roztopowo-opadowe powodujące w środkowym biegu rzeki liczne uszkodzenia wałów przeciwpowodziowych, prowadzące do zalewu ugorów, łąk i nielicznych pól uprawnych [Bartnik i in. 2004, Łajczak 2006, Strużyński 2006, 2011].



Rys. 1. Zapis przepływów z posterunku wodowskazowego w Pińczowie  
Fig. 1. Flow chart from water gauge in Pińczów

Należy podkreślić, że podczas zaobserwowanych wezbrań wiosennych występowały przepływy mniejsze od  $Q_{50\%}$ , jednak ich skutki są dotkliwe dla mieszkańców [Madeyski i in. 1998]. Ze względu na taniec dużej ilości śniegu w zlewni Czarnej Nidy czas trwania wezbrań jest dość długi – wynosi tydzień lub dłużej [Bik i in. 2006].

## CEL I METODYKA

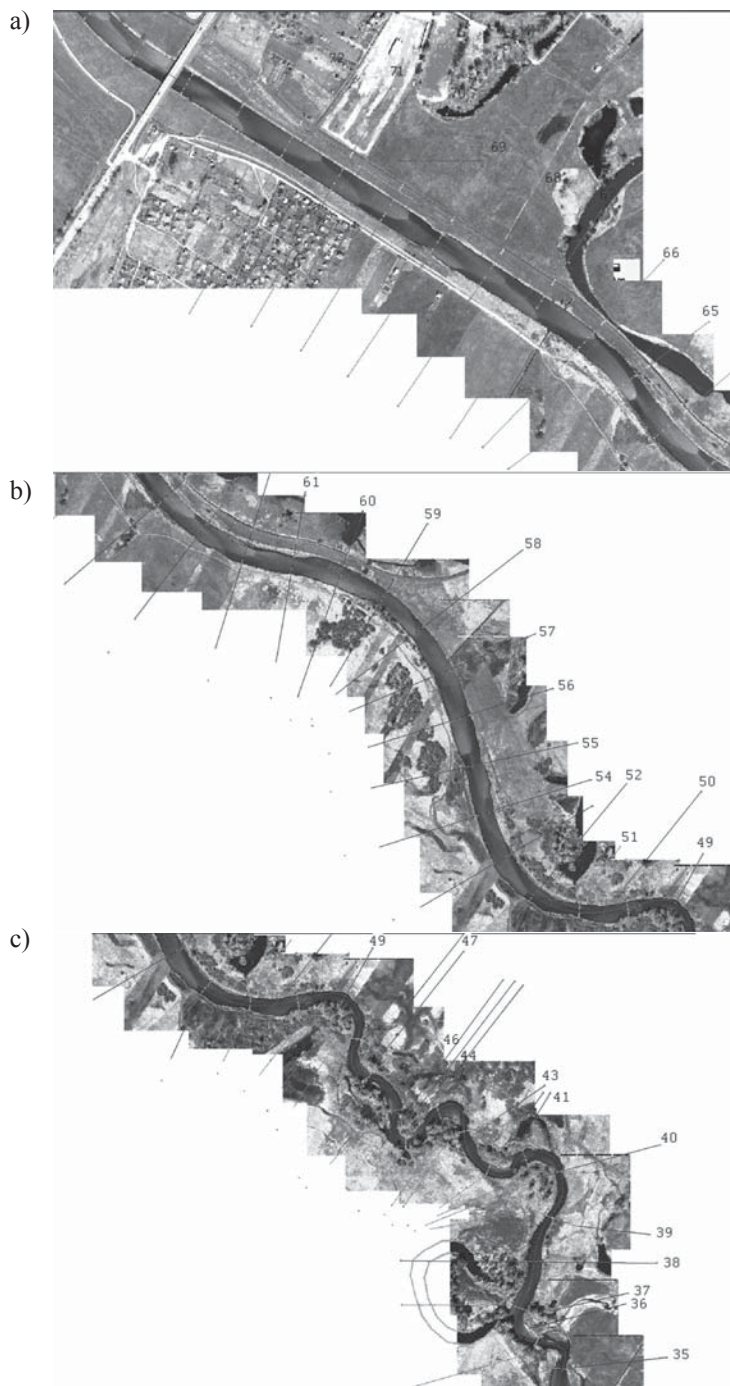
Celem wykonanej symulacji jest określenie propagacji wezbrań wiosennych i katastrofalnych na odcinku poniżej Pińczowa przed renaturyzacją uregulowanego odcinka Nidy od Rębowa do Pińczowa i po renaturyzacji. Symulację zasięgu wezbrania wyko-

nano dla przepływów występujących w dniach od 15 marca do 10 kwietnia 2009 oraz dla wybranych przepływów charakterystycznych. Ponieważ wydaje się możliwe odzyskanie dużych obszarów retencyjnych (obj.  $Q_{50\%}$  – 2,1 mln m<sup>3</sup>, obj.  $Q_{1\%}$  – 6,83 mln m<sup>3</sup>, pow. zalewu 11,81 km<sup>2</sup>) w rejonie od Motkowic do Pińczowa [Bartnik i in. 2004] i od Rębowa do Motkowic (poj. doliny 2,4 mln m<sup>3</sup>, pow. zalewu 1,6 km<sup>2</sup>) [Bik i in. 2006], w niniejszej pracy wykonano obliczenia redukcji przepływów po otwarciu znajdujących się tam obwałowań. Symulacje zasięgu zalewów zostały wykonane w programie HEC-RAS. Przekroje korytowe i dolinowe Nidy poniżej Pińczowa wykonane zostały na odcinku 10,3 km w odległościach około 100 m (rys. 1). W celu przygotowania danych do programu HEC-RAS zmierzono 5 przekrojów uregulowanych i 2 naturalne. Interpretacja kształtu i położenia pozostałych przekrojów wykonana została na podstawie obliczonych krzywych wydatku, interpretacji ortofotomap i uśrednionego spadku rzeki na poszczególnych odcinkach. W części dolinowej zastosowano numeryczny model terenu w skali 1 : 25 000. Szerokość przygotowanych przekrojów poprzecznych opisujących koryto i dolinę Nidy w części bliskiej naturze waha się od 200 do 2000 m. Nieco węższe przekroje poprzeczne, o szerokości do 550 m, wykonano dla przekrojów uregulowanych. Ze względu na spodziewane wylewy na taras zalewowy, w celu określenia parametrów przepływu współczynnik szorstkości do wzoru Chezy'ego-Manninga oznaczono nie tylko na obszarze zajęтым przez koryto rzeki, ale również na terenach przyległych. Wartości współczynnika zostały przyjęte z tablic Ven Te Chow i in. [1988] odpowiednio: powierzchnie utwardzone – 0,015; pastwiska z trawą koszoną – 0,03; obszary pokryte wysoką trawą – 0,035; roślinność trawiasta i Nieliczne zakrzaczenia – 0,05; luźne zadrzewienie i krzewy – 0,06; poszycie lasu z gałęziami powyżej poziomu zalewu – 0,1.

## CHARAKTERYSTYKA ODCINKA

Górny odcinek o długości 5,20 km symulowanej trasy Nidy, rozpoczynający się na wysokości lotniska aeroklubu w Pińczowie, jest uregulowany (rys. 2a), a model odcinka bliskiego naturze, leżący poniżej, został przygotowany dla odcinka o długości 5,1 km (rys. 2b i 2c). W części przekształconej trasa rzeki prowadzona jest odcinkami prostymi bądź łukami kołowymi. Materiał wleczony stanowią piaski średnie i grube. Nida płynąca naturalnie jest rzeką meandrującą, tworzącą często ciasne zakola o kątach przekraczających 180°. Krętość rzeki wynosi średnio 1,34, a w niektórych miejscach przekracza wartość 2,00. Z tego powodu dolina Nidy na odcinku uregulowanym rozciąga się na długości 4,97 km, a na odcinku naturalnym – jedynie 3,09 km. Szerokość koryta na odcinku uregulowanym wynosi 40 m. Na odcinku naturalnym zmienia się ona w granicach od 10 do 57 m.

Na całym badanym obszarze doliny Nidy widoczne są liczne aktywne zarośnięte lub zanikające starorzecza. Na tych ostatnich prowadzona jest gospodarka rolna, leżą tam też ogródki działkowe i obszary rekreacyjne Pińczowa. Spadek dna wynosi w części uregulowanej 0,65‰, a w części nieuregulowanej bywa zwykle znacznie mniejszy. Analiza zdjęć lotniczych potwierdza dużą aktywność morfodynamiczną charakterystyczną dla rzeki meandrującej.



Rys. 2. Odcinki Nidy na obszarze poddanym modelowaniu HEC-RAS  
Fig. 2. Sections of Nida River modeled by the HEC-RAS program

## OKREŚLENIE WIELKOŚCI FALI POWODZIOWEJ W REJONIE PIŃCZOWA

Formowanie zalewu na obszarze poniżej Pińczowa zależy bezpośrednio od zagospodarowania zlewni leżącej powyżej, w rejonie tzw. delty śródlądowej. Dwumodalne wezbranie zaobserwowane w marcu 2009 roku było stosunkowo łagodne. Pierwsza kulminacja trwała około 4, a druga 9 dni. Największy przepływ zaobserwowano podczas przejścia drugiego maksimum. Lewobrzeżny basen od Rębowa do Motkowic może zostać zagospodarowany jako obszar zalewowy lub jako polder. Pojemność polderu wynosi 2,4 mln m<sup>3</sup>, a istniejący kanał doprowadzający wodę ma przepustowość 5 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Napełnienie polderu może trwać ponad 5 dób, powodując zmniejszenie kulminacji wezbrania w modelowanych przekrojach. Dla przepływu wód  $Q_{50\%}$  pojemność całkowita doliny od Motkowic do Pińczowa wynosi około 2,5 mln m<sup>3</sup>. Po otwarciu obszaru bagien rzeki Branki możliwe jest uzyskanie sumarycznej pojemności dla przepływu  $Q_{50\%}$  wynoszącej 3,1 mln m<sup>3</sup>. Ze względu na przewidywany naturalny zalew obszarów doliny nastąpi znaczne zmniejszenie i opóźnienie kulminacji w Pińczowie. Analiza danych przedstawionych przez Bartnika i in. [2004] oraz przez Strużyńskiego [2011] pozwoliła na obliczenie parametrów opóźnienia fal powodziowych przechodzących przez rejon delty na odcinku od Rębowa do Pińczowa. Obliczenia przeprowadzono przy zastosowaniu równania Chezy'ego i analizy geometrycznej powierzchni zalewu dla 7 odcinków o długości od 750 do 1069 m. Szerokość doliny Nidy na tym odcinku waha się od 1580 do 2357 m. Wyniki obliczeń pozwoliły na określenie czasu opóźnienia kulminacji który dla przepływów  $Q_{1\%}$  i  $Q_{10\%}$  wyniesie 13 godz., a dla przepływu  $Q_{50\%}$  16 godz. Każdy kilometr otwartej doliny w tym rejonie powoduje opóźnienie kulminacji o ponad 2 godz. dla przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 50%, a dla przepływów większych – od 1,5 do 2 godz. Niestety, wskazuje to, że otwarcie tylko rejonu delty nie spowoduje wystarczającego spłaszczenia fali powodziowej, aby powódź trwająca kilka dni bezpiecznie przemieściła się przez miejscowości leżące poniżej Pińczowa. Z drugiej jednak strony, obszar ten – zależnie od stopnia uwilgotnienia gleby może przechwycić również dodatkowe ilości wody przepływającej w czasie wezbrania. Ponadto należy zauważyć, że po otwarciu doliny przemieszczenie wezbrania będzie wolniejsze.

## WYNIKI MODELOWANIA UZYSKANE ZA POMOCĄ PROGRAMU HEC-RAS

W symulacji uwzględniono przejście wezbrania w części korytowej i w terenie zalewowym. W jednym modelu znajdują się 3 odcinki: uregulowany, przejściowy i naturalny – rozróżniono je w wyniku modelowania, określając przepustowość koryta głównego.

**Przepustowość koryta.** Na odcinku uregulowanym (U1) fragment o długości 3,0 km jest obwałowany obustronnie, a poniżej, na odcinku 1500 m pozostawiono jedynie wał lewostronny. Na tym odcinku początkowo (U2, 0,5 km) prawa skarpa leży w odległości od koryta zbliżonej do obwałowań, by poniżej (U3, 1,0 km) stopniowo się oddalać. Odcinek nieobwałowany o długości 5,8 km można podzielić na 4 odcinki. Bezpośrednio poniżej odcinka uregulowanego znajduje się odcinek przejściowy (P1) o długości 1,5 km, a następnie P2 o długości 0,9 km. Oba odcinki charakteryzują się naturalnym rozwinięciem trasy, lecz różnią się przekrojami poprzecznymi koryta. Odcinek P1 charakteryzuje się około 2 razy większą przepustowością koryta głównego w porównaniu z odcinkiem P2

(tab. 1). Odcinki bliskie naturze BN1 i BN2 mają długość odpowiednio 1,9 i 1,5 km. Na odcinku BN1 Nida płynie w kierunku południkowym, a na odcinku BN2 – równoleżnikowym, co związane jest ze zmianą spadku koryta głównego i kierunku spadku doliny Nidy. W końcowej części odcinka BN2 rzeka opiera się o wysokie zbocze, na którym zlokalizowana jest wieś Kowala. Zbocze to zmusza rzekę do utworzenia prostoliniowego koryta. Po jego opłynięciu Nida znów meandruje, płynąc na południowy wschód. Przepustowość koryta Nidy w poszczególnych odcinkach przedstawiona została w tabeli 1. Zawiera ona informacje o wartości średniej (typowej), minimalnej i maksymalnej przepustowości obliczonej za pomocą programu HEC-RAS w każdym z badanych odcinków. Na odcinkach U1 i U2 obwałowania zabezpieczają dolinę przed wylewami wód dziesięcioletnich podczas których średnia prędkość przepływu wynosi około  $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Działania regulacyjne (zmiana geometrii koryta, układu poziomego, spadku dna) i koncentracja przepływu w międzywalu powoduje, że przepustowość koryta głównego jest większa i powyżej mostu w Pińczowie wynosi 18, a poniżej osiąga ponad  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Na odcinku nieuregulowanym przepustowość ta jest mniejsza i wynosi średnio około  $12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

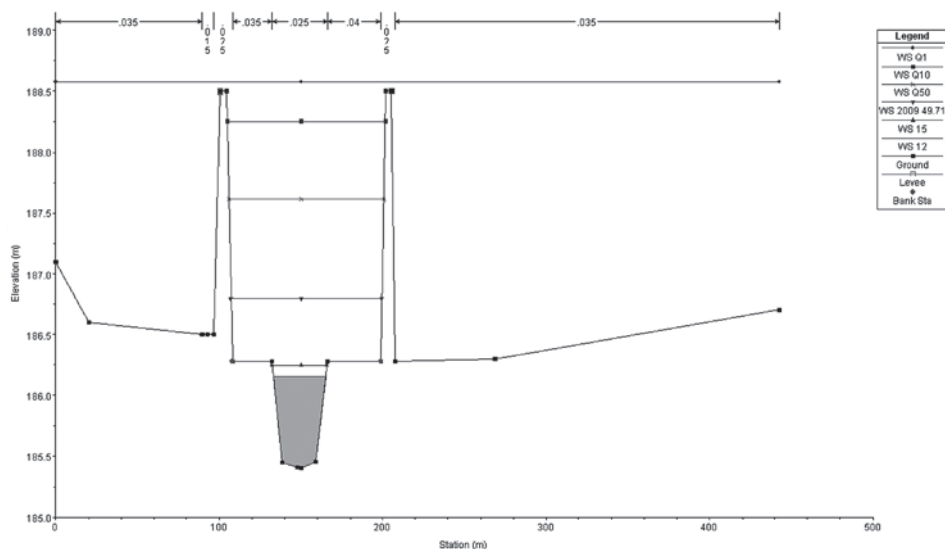
Tabela 1. Zestawienie przepływów korytowych  
Table 1. Summary table of channel flows

Nazwa odcinka Section name	U1	U2	U3	P1	P2	BN1	BN2	P1, P2, BN1
Długość Length, km	3,0	0,5	1,0	1,5	0,9	1,9	1,5	4,3
$Q_{\min}$ , $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	14,0	15,0	19,0	12,0	7,0	7,0	20,0	7,0
$Q_{\max}$ , $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	45,0	17,0	23,0	25,0	9,0	16,0	100,0	25,0
$Q_{\text{sr}}$ , $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	17,9	16,0	20,5	16,6	7,9	11,6	37,4	12,6

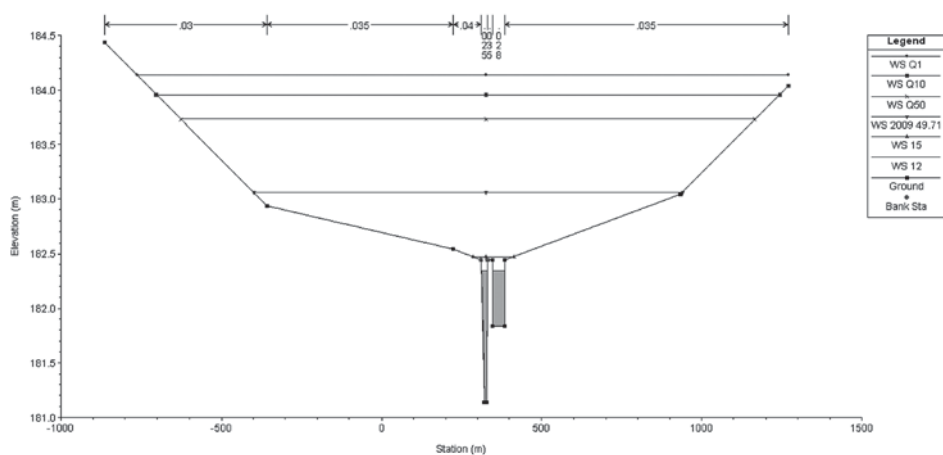
Jedynie na odcinku BN2 rzeka, dostosowując się do warunków, w sposób naturalny wytworzyła koryto o znacznie większej przepustowości. Znaczne zmniejszenie maksymalnego wydatku na odcinku P2 związane jest z zasypywaniem koryta Nidy dużą ilością materiału wlezonego transportowanego w korycie uregulowanym. Na odcinkach BN Nida wraca do warunków równowagi hydromorfologicznej. Symulacja wskazuje, że kulminacje występujące wiosną 2009 roku na całym odcinku zmieściły się w międzywalu, lecz występowały w wielu przekrojach z koryta głównego Nidy zarówno na odcinku naturalnym, jak i uregulowanym.

## PRZEPUSTOWOŚĆ WIELKICH WÓD NA POSZCZEGÓLNYCH ODCINKACH MODELOWANEGO KORYTA NIDY

Spadki hydrauliczne podczas przepływu wód wielkich układają się następująco: U1 – 0,6; U2 – 2,0; U3 – 1,4; P1 – 0,7; P2 – 0,2; BN1 – 0,02; BN2 – 0,3 promila. Przedstawione wyniki wskazują, że trasa Nidy uregulowanej została zaprojektowana poprawnie, jednak na ostatnim odcinku występuje duży spadek, który stwarza problemy na odcinku przejściowym, tym bardziej, że na odcinkach bliskich naturze jest on ponad dwukrotnie mniejszy od spadku regulacyjnego (rys. 3 i 4). Odcinki naturalne Nidy są



Rys. 3. Przykładowy przekrój poprzeczny Nidy na odcinku uregulowanym U1  
 Fig. 3. Exemplary Nida River cross-section of the regulated reach U1



Rys. 4. Przekrój poprzeczny Nidy na odcinku naturalnym BN1  
 Fig. 4. Exemplary river channel and valley cross-section within the natural reach B1

znacznie mniej obciążone hydraulicznie w porównaniu odcinkami uregulowanymi, na których podczas wezbrań występują zarówno większe napełnienia, jak i prędkości, powodujące częste rozmywanie obwałowań nawet podczas wezbrań wiosennych [Strużyński 2006]. Rozdział przepływającej wody w korycie i terasach zalewowych przedstawiony został w tabelach 2 i 3. W rzece obwałowanej stosunkowo nieduża jej



ilość płynie w międzywalu, co powoduje występowanie prędkości rozmywających w korycie [Strużyński i Wyrębek 2009]. Przy prędkościach rzędu 1,5 do 2,0 m · s<sup>-1</sup> istnieje poważne zagrożenie dewastacji koryta, a prędkość występująca w międzywalu, będąc niewiele mniejszą, stanowi zagrożenie dla obwałowań [Borys 2007], które nie mają na tym obszarze statusu wałów przeciwpowodziowych.

Tabela 2. Przepływy charakterystyczne  
Table 2. Characteristic flows

Nazwa odcinka Reach name	$Q_{10\%}$			$Q_{1\%}$		
	terasa lewa left terrace	koryto channel	terasa prawa right terrace	terasa lewa left terrace	koryto channel	terasa prawa right terrace
U1	24,5	239,7	15,8	86,6	261,7	81,7
U2	2,7	274,4	2,8	5,7	417,8	6,5
U3	0,7	154,7	124,7	1,2	207,6	221,2
P1	158,1	52,3	69,5	262,1	63,3	104,6
P2	164,3	22,4	93,3	256,2	30,0	143,8
BN1	110,5	17,5	152,1	169,5	24,2	236,3
BN2	42,0	72,7	165,3	66,1	92,5	271,4

Tabela 3. Prędkości.  
Table 3. Flow velocities.

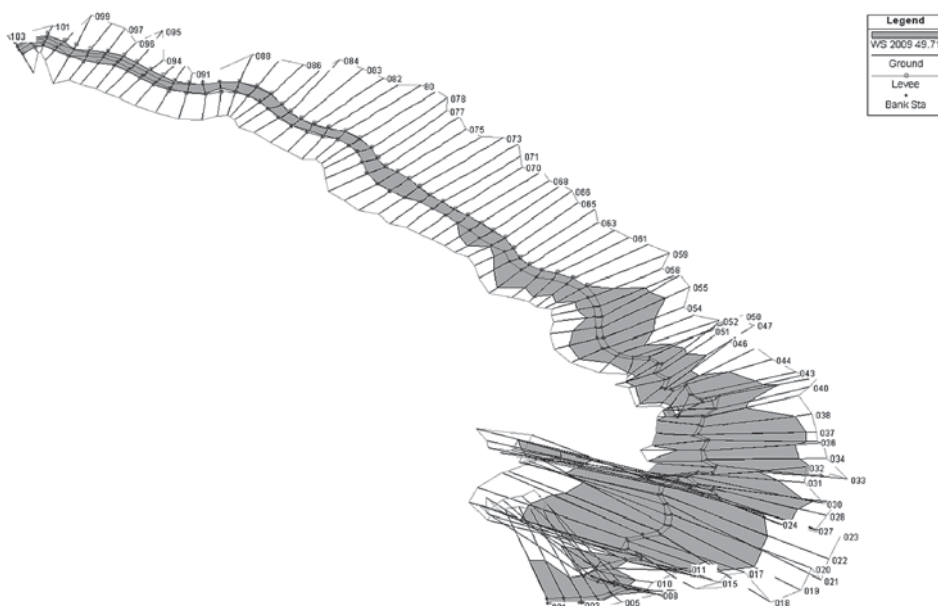
Nazwa odcinka Reach name	$Q_{10\%}$			$Q_{1\%}$		
	terasa lewa left terrace	koryto channel	terasa prawa right terrace	terasa lewa left terrace	koryto channel	terasa prawa right terrace
U1	0,9	1,5	0,8	1,0	1,6	0,8
U2	1,2	2,1	0,8	1,6	2,6	1,1
U3	0,8	1,8	0,9	1,0	2,1	1,2
P1	0,5	1,3	0,5	0,6	1,4	0,6
P2	0,3	0,6	0,3	0,4	0,8	0,4
BN1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
BN2	0,3	1,0	0,4	0,4	1,1	0,5

Występowanie tak dużych prędkości zwiększa prędkość propagacji wezbrania, utrudniając ewentualne działania przeciwpowodziowe. Wezbranie na obszarach bliskich naturze przemieszcza się zupełnie inaczej [Wyżga i Radecki-Pawlik 2011]. Woda w korycie naturalnym Nidy osiąga prędkości średnie niewiele przekraczające 1 m · s<sup>-1</sup>, a na terasie

zalewowej nie ma już energii kinetycznej zdolnej powodować mechaniczne uszkodzenia mogących się tam znajdować obiektów lub upraw. Ilość wody prowadzonej w korycie Nidy naturalnej jest zdecydowanie mniejsza od przepływu  $Q_{50\%}$ , natomiast ilość wody, która prowadzona jest w korycie uregulowanym, kieruje się na każdą z teras zalewowych. Niestety, obliczenia dla symulowanych przepływów największych większych od  $55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  są obarczone błędem metodycznym ponieważ szerokość doliny opisana przekrojami o długości 800–1000 m okazała się za mała na odcinkach naturalnych. Ta niedokładność może być przyczyną wystąpienia w rzeczywistości nieco mniejszych napełnień i prędkości przepływu wody poza korytem Nidy.

### **WPLYW ZWIĘKSZENIA RETENCJI DOLINOWEJ W REJONIE DELTY NA PARAMETRY PRZEPŁYWU PONIŻEJ PIŃCZOWA**

Ze względu na tajanie dużej ilości śniegu w zlewni Czarnej Nidy czas trwania wezbrań jest dość długi (tydzień lub dłużej) [Bik i in. 2006]. Z tego powodu budowa obiektów małej retencji tylko na tym obszarze nie przyczyni się wcale do zmniejszenia zagrożenia w czasie wezbrań. Retencja rzeki w górnym biegu (do połączenia Nidy Białej i Czarnej) jest trudna do zmiany. W zlewni Białej Nidy poza tzw. Morzem Chęcińskim prowadzona jest intensywna polityka rolna, natomiast Czarna Nida, pomimo że przepływa przez tereny zamieszkałe, zachowuje warunki bliskich naturalnym. Obszar leżący poniżej Pińczowa jest w przewadze otwarty na zalewy. Utrzymując parametry zwolnienia przejścia kulminacji określone dla doliny zlokalizowanej powyżej Pińczowa, obszar poddany modelowaniu po całkowitym otwarciu umożliwi uzyskanie sumarycznej pojemności retencyjnej około  $4,5 \text{ mln m}^3$ , czyli dwukrotne jej zwiększenie w stosunku do stanu po otwarciu obszaru doliny od Rębowa do Skowronna. Spowoduje to dodatkowe spłaszczenie i opóźnienie nadejścia kulminacji do miejscowości leżących poniżej, a w szczególności Wiślicy, Nowego Korczyna i licznych wsi w Dolinie Nidy. Krótkie wezbrania wiosenne, trwające 2–3 dni, mogą zostać w całości zretencjonowane. Na rys. 5 przedstawiony został obszar zalewu doliny dla przepływu zanotowanego wiosną 2009 roku. Poniżej odcinka uregulowanego następuje rozlanie wody na dolinę Nidy. Jak to zostało określone w poprzednich rozdziałach, może być to wynikiem splotu kilku czynników: nienaturalnej zmiany spadku poniżej odcinka uregulowanego, istnienia przyspieszonego spływu w korycie obwałowanym, naturalnej przepustowości koryta bliskiego naturze, naturalnego podpiętrzenia wywołanego przez prostopadłe do doliny ułożone wzgórze wsi Kowala.



Rys. 5. Wizualizacja obliczeń zasięgu zalewu wody  $Q = 49,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  przeprowadzonej za pomocą programu HEC-RAS

Fig. 5. Visualized flooded area for the discharge of  $Q = 49,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  done by the use of HEC-RAS program

## PODSUMOWANIE

Na skutek regulacji rzeki Nidy w okolicach Pińczowa w bardzo dużym stopniu została zmniejszona retencja dolinowa. Jeżeli zostałaby ona przywrócona, dojdzie do opóźnienia kulminacji, które dla przepływów  $Q_{1\%}$  i  $Q_{10\%}$  wynosić będzie 13 godz., a dla przepływu  $Q_{50\%}$  – 16 godz. Każdy kilometr otwartej doliny w tym rejonie powoduje opóźnienie kulminacji o ponad 2 godz. dla przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 50%, a dla przepływów większych – od 1,5 do 2 godz. Ze względu na podobną szerokość doliny poniżej Pińczowa rozebranie obwałowań na tym odcinku może spowodować równie pozytywny skutek jak proponowane działania powyżej miasta. Problemem okazać się tutaj jednak zapewne likwidacja lub przeniesienie zlokalizowanych tam ogródków działkowych.

W przekrojach uregulowanych odcięte są liczne starorzecza Nidy. W międzywalu występują prędkości rozmywające dno utworzone z frakcji piaszczystej. Poniżej odcinka obwałowanego materiał jest akumulowany, powodując zwiększenie zagrożenia powodziowego na obszarach przyległych (Pińczów, Pasturka).

Przeprowadzone obliczenia komputerowe potwierdziły istnienie odcinka przejściowego występującego pomiędzy przekrojami 58 i 35, gdzie prędkość maleje na skutek zmiany spadku i geometrii koryta. Zjawisko to powoduje występowanie licznych problemów związanych z nadmierną akgracją materiału wleczonego i dodatkowym zmniejszeniem przepustowości Nidy jeszcze w granicach administracyjnych Pińczowa.

Przepływ korytowy na odcinku uregulowanym wynosi średnio  $18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Na odcinkach bliskich naturze jest przeważnie mniejszy, lecz ulega dużym zmianom w zależności od warunków lokalnych w granicach od  $8$  do  $37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Istniejące w środkowym biegu Nidy obwałowania nie mają statusu obwałowań przeciwpowodziowych – stanowią one jedynie usypane w przyzmy urobisko poregulacyjne. Ich stateczność jest niewielka, co powoduje powstawanie licznych awarii i dodatkowe, niespodziewane zagrożenia powodzią.

Otwarcie doliny powoduje dla przepływu  $Q_{1\%}$  zmniejszenie prędkości w korycie Nidy z  $2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  do średnio  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . W rzece naturalnej podczas występowania wód wielkich korytem płynie niewielka część całkowitego przepływu.

Obszary nieregulowane są zalewane na całej szerokości doliny, co przyczynia się do użytkowania gleb rolniczych, a także do opóźniania i obniżania kulminacji fali powodziowej – oznacza to zmniejszenie zagrożenia powodziowego dla wszystkich miejscowości leżących poniżej (m.in. Wiślica, Nowy Korczyn).

## PIŚMIENNICTWO

- Bartnik W., Deńko S., Strużyński A., Zajac T., 2004. Renaturyzacja obszaru zlewni Nidy. Koncepcja opracowana dla potrzeb ochrony zasobów przyrodniczych w związku z planami realizacji programu „NATURA 2000”. Drukrol Kraków, ss. 160.
- Bik P., Florek J., Strużyński A., 2006. Ochrona przed powodzią obszaru delty śródlądowej rzeki Nidy. Zesz. Nauk. AR Wrocław. 534, Inż. Środ. 15, 59–68.
- Borys M., 2007. Przepisy i wymogi oraz aktualny stan obwałowań przeciwpowodziowych w Polsce. Woda Środ. Obsz. Wiejs. 7, 2a(20), 25–44.
- Łajczak A., 2006. Regulacja rzeki a zagrożenie powodziowe, na przykładzie Nidy. Infrastr. Ekol. Ter. Wiejs. 4(1), 217–233.
- Madeyski M., Łajczak T., Zajac T., 1998. Uwagi na temat przeprowadzenia prac odwodnieniowych na terenie wsi Umianowice z jednoczesnym zachowaniem dotychczasowych stosunków wodnych w dnie Doliny Nidy warunkujących funkcjonowanie unikalnego ekosystemu rozlewisk wodnych. An expertize done for the Świątokrzyskie Landscape Parks in Kielce. Kielce.
- Strużyński A., 2006. Skutki powodzi roztopowej w roku 2006 w uregulowanym odcinku delty śródlądowej rzeki Nidy. Infrastr. Ekol. Ter. Wiejs. 4(1), 235–247.
- Strużyński A., 2011. Flood protection in high valued river ecosystem – Middle Delta system of the Nida River. EJPAU 14(2), <http://www.ejpau.media.pl/volume14/issue2/art-06.html>.
- Strużyński A., Wyrębek, M. 2009. Modelowanie wpływu kanału ulgi ze zbiornika pińczowskiego na procesy hydromorfologiczne w uregulowanym odcinku rzeki Nidy. Nauka Przyr. Technol. 3(3), 1–9.
- Ven Te Chow, Maidment, D.K., Mays, L.W. 1988, Applied of Hydrology. McGraw-Hill New York.
- Wyźga B., Radecki-Pawlik A., 2011. Jak zmniejszyć zagrożenie i ryzyko powodziowe w dorzeczu górnej Wisły? Gosp. Wodna 10, 414–421.

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 22.05.2013*