

Marta Łapuszek, Hanna Witkowska

WPLYW ZWIĘKSZENIA ROZSTAWU WAŁÓW NA POPRAWĘ WARUNKÓW EKOLOGICZNYCH ORAZ OCHRONĘ PRZECIWPOWODZIOWĄ

Streszczenie

Wieloletnie obserwacje prowadzone przez autorów na górskich dopływach Wisły wykazały, że zawężanie koryt i teras zalewowych spowodowało wystąpienie znacznej erozji dennej oraz zwiększenie kulminacji fali w korycie, w zawężonym znacznie terenie zalewowym. Jednocześnie zawężenie korytarza rzeki, nie zawsze tam, gdzie jest to konieczne, ograniczyło okresowy zalew okolicznych terenów i stało się powodem zniszczenia wielu ekosystemów.

W ostatnich latach zmieniło się podejście do regulacji rzek w kierunku proekologicznym (przyjęcie Ramowej Dyrektywy Wodnej), w wielu krajach przystąpiono do renaturyzacji czy też rewitalizacji rzek.

Autorzy prezentują analizę możliwości zwiększenia rozstawu wałów na odcinku Dunajca powyżej Nowego Sącza, gdzie na obszarze poza wałami znajdują się nieużytki i tereny zdewastowane, pod kątem odtworzenia środowiska naturalnego i ochrony przeciwpowodziowej przyległych terenów. Na odcinku miasta Nowy Sącz oraz poniżej układ obwałowania pozostawiono niezmienny. Dla tak stworzonych nowych warunków przeprowadzono numeryczną symulację zmian parametrów fali powodziowej jednowymiarowym modelem RubarBE. Otrzymane wyniki wykazują, że zwiększenie obszaru międzywała spowoduje zmniejszenie się kulminacji fali na odcinku powyżej Nowego Sącza, zmniejszą też kulminację podczas przejścia przez odcinek ściśle obwałowany w mieście.

Słowa kluczowe: powódź, wały przeciwpowodziowe, rewitalizacja międzywała, retencja, modelowanie przepływu nieustalonego

WSTĘP

Konstrukcja wałów przeciwpowodziowych, której celem jest ochrona przeciwpowodziowa, w rzeczywistości ogranicza tereny zalewowe rzek i powoduje zwiększenie stanów wody oraz prędkości przepływu. Obwałowanie odcinka rzeki chroni do pewnych granic tereny przyległe, ale jednocześnie na skutek zmniejszenia retencji doliny następuje wzrost poziomu fali i przyspieszenie jej przebiegu (np. powódzie na Renie, Mozeli, Łabie). Regulacje rzek polegające na prostowaniu i skracaniu biegu cieków oraz zawężaniu koryt zwiększa znacznie prędkość przepływu wody. Ciasne obwałowania i regulacje spowodowały w wielu przypadkach trwałą degradację korytarza rzeki, utratę walorów przyrodniczych dolin (zniszczenie lasów łęgowych, bogate flory i fauny) oraz zmniejszenie ich pojemności retencyjnych.

Obecnie zabiegiem stosowanym coraz częściej na rzekach Europy jest miejscowe poszerzanie korytarza rzeki na odcinkach, gdzie jest to możliwe [Adams, Perrow 1999]. Takie poszerzenie terenu zalewowego prowadzi do poprawienia ekosystemu rzecznoego, polegającego na większej zmienności warunków środowiska wodnego, a wzrost dynamiki morfologicznej koryta spowoduje zwiększenie różnorodności gatunków i ilości ryb oraz populacji bezkręgowców [Habersack i in. 1995; Hunzinger i in. 1998].

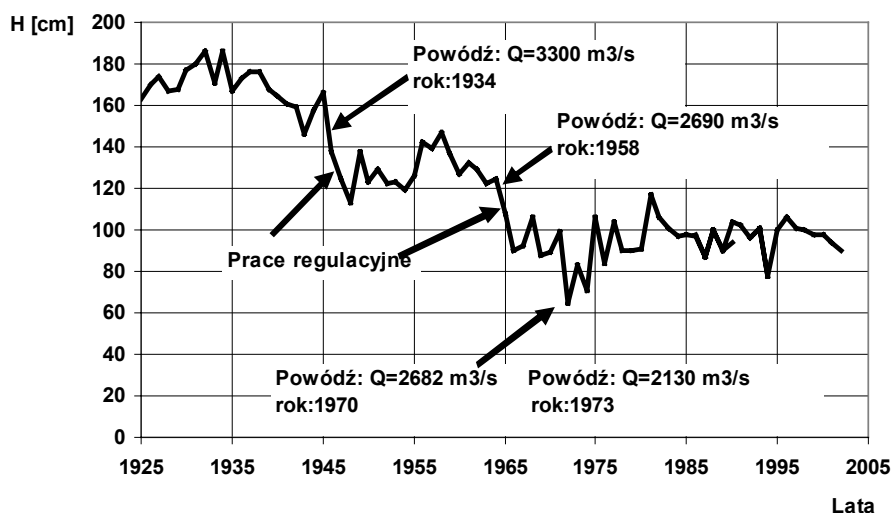
PRZYKŁADY POSZERZENIA I REWITALIZACJI TERENÓW MIĘDZYWAŁA

W ostatnich latach zwraca się uwagę na znaczenie ekologiczne i przeciwpowodziowe terenów zalewowych [Rohde 2004]. W wielu krajach przeprowadza się lokalne poszerzenia koryt [Jaeggi, Oplatka 2001; Simons i in. 2001; Tockner i in. 1998], odtworzenie starorzeczy oraz poszerzenie rozstawu wałów, czy też ich całkowite usunięcie. Wyniki tych poszerzeń dają pozytywne rezultaty, zwłaszcza jeżeli chodzi o morfologię rzeki. Działania te przeprowadzane są dotychczas na niewielkich odcinkach rzek i trudno stwierdzić ich wpływ na obniżenie kulminacji fali. Ze względu na niedługi okres istnienia poszerzeń nie ma jeszcze dokładnej analizy dotyczącej poprawy warunków ekologicznych. Najbardziej zaawansowany jest projekt poszerzenia Rodanu na terenie Szwajcarii, jest on jednak w fazie realizacji.

CHARAKTERYSTYKA STUDIALNEGO ODCINKA RZEKI DUNAJEC

W pracy zaprezentowano możliwości rozszerzenia rozstawu wałów na odcinku Dunajca w km 111+800-103+300 pod kątem odtworzenia środowiska naturalnego oraz ochrony przeciwpowodziowej przyległych terenów. Rozpatrywany odcinek rzeki rozpoczyna się w okolicy ujścia rzeki Poprad do Dunajca i przebiega wzdłuż miasta Nowy Sącz, a kończy się w km 103+300 poza miastem. Wzdłuż rzeki na całej długości rozpatrywanego odcinka po prawej stronie położone jest miasto Nowy Sącz, natomiast po stronie lewej znajdują się miejscowości Podrzecze, Świniarsko i Mała Wieś.

Dunajec na tym odcinku charakteryzował się licznymi meandrami i rozgałęzieniami koryta, które na skutek prac regulacyjnych prowadzonych w latach 20. i 30. XX wieku zostały całkowicie zlikwidowane. W wyniku tych prac koryto Dunajca uległo intensywnemu procesowi erozji dennej, potęgwanemu dodatkowo wezbrzeniami i powodzią pojawiającymi się często na omawianym odcinku rzeki (rys. 1) [Łapuszek 2003]. Obecnie koryto jest zwarte i ciasno obwałowane obustronnie.



Rysunek 1. Przebieg erozji dennej w przekroju wodowskazowym Nowy Sącz
Figure 1. The riverbed erosion observed in Nowy Sącz gauging station

Tabela 1. Parametry odcinka eksperymentalnego
Table 1. Parameters of the experimental reach

Km 106,9			
Powierzchnia zlewni: 4360 km ²			
Przepływy	Q [m ³ /s]	Wezbranie	Rok
Najniższy zaobserwowany	11	Q = 1720 m ³ /s	1955
Średni niski	14,2	Q = 2690 m ³ /s	1958
Średni roczny	60,7	Q = 2680 m ³ /s	1970
Najwyższy zaobserwowany w 1934 r.	3300	Q = 2130 m ³ /s	1973
Q 5%	2440	Q = 1850 m ³ /s	1997
Q1%	3530	Q = 1680 m ³ /s	2001

W okolicy km 111 koryto Dunajca osiąga szerokość ponad 100 m, a teren międzywala jest szeroki i płaski. Prawy niski brzeg Dunajca stanowią żwiry i średni piasek, a dalsze tereny porastają wysokie trawy oraz gęste krzaki. Natomiast z lewej strony na terenie międzywala utworzone zostały wielkie i głębokie poźwirowe stawy w Podrzeczu porośnięte wysokimi krzakami. Z eksploatacji złóż żwirów pochodzenia aluwialnego powstało 12 dużych stawów, stanowiących obecnie niszę ekologiczną dla różnych gatunków fauny i flory. Niektóre z tych stawów stanowią siedlisko rzadkich gatunków roślin i zwierząt.

Poniżej tego odcinka koryto Dunajca jest węższe. Zawężeniu ulegają również znacznie tereny zalewowe. I tak już właściwie zostaje do Nowego Sącza. Na przeważającej części odcinka widać wyraźnie skutki intensywnej erozji brzegowej. Na brzegach płaskich i wypukłych odkładają się też liczne odsypiska i łachy.

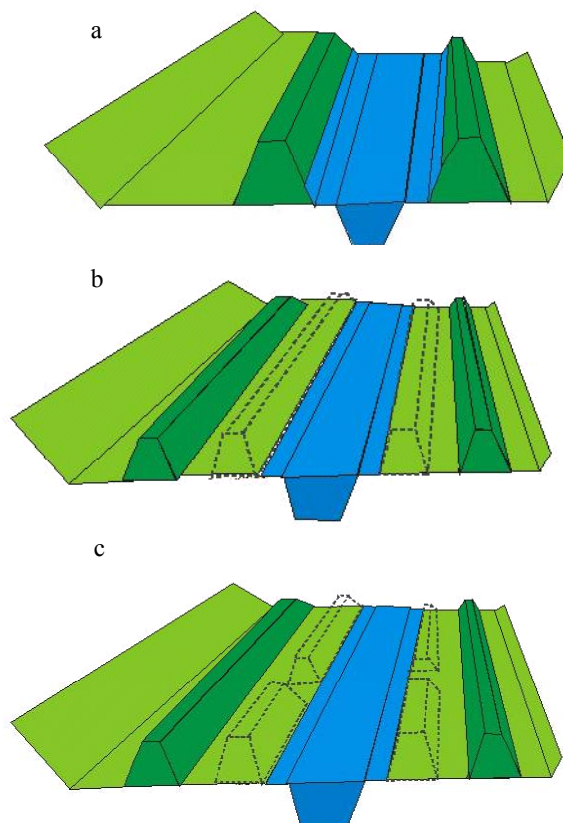
Obecny teren międzywala jest w przeważającej części porośnięty drzewami, takimi jak: wierzby, osiki, jodły, sosny. Na niektórych odcinkach teren przybrzeżny porośnięty jest wąskim pasem wikliny, a dalsze tereny, aż do wału, zajmują pola orne, łąki i nieużytki.

Wał przeciwpowodziowy rzeki Dunajec przepływającej przez Nowy Sącz stanowi nasyp ziemny ciągnący się prawie równolegle do koryta rzeki. Charakterystyczny przekrój nasypu ma szerokość korony 3,0 m, wysokości 3,0–3,5 m oraz nachylenie skarp 1:2. Wały te nie posiadają ławeczek. Rozstaw wałów na tym odcinku waha się między 350–450 metrów. Stan techniczny korpusu wału jest w miarę dobry.

W obrębie analizowanego odcinka rzeki Dunajec można stwierdzić jednoznacznie, że tereny zawala to obszary zdewastowane ekologicznie. Są to w przeważającej mierze nieużytki.

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA ROZSTAWU WAŁÓW I REWITALIZACJI MIĘDZYWAŁA

Odsunięcie wałów od koryta rzeki przynosi znaczne korzyści. Wały mogą być wtedy niższe, a dzięki większej pojemności międzywala obniży się poziom wzebrań, zmniejszy się prędkość przepływu wód powodziowych, mniejszemu zniszczeniu ulegną brzegi rzeki i roślinność. Większa powierzchnia dna doliny poprawi warunki filtracji wód powodziowych przez podłoże, zwiększy się retencja dolinowa, zmniejszając ryzyko katastrofalnych powodzi na niżej położonych odcinkach rzeki. Jeśli likwidacja wałów lub ich odsunięcie od koryta jest niemożliwe, wówczas można wykonać w nich przepusty lub miejscowe obniżenia w celu umożliwienia kontrolowanego zalewania terenów zawala przy wyższych stanach wód w rzece.



Rysunek 2. Możliwości zmiany rozstawu wałów
Figure 2. Scheme of proposed dikes replacing

MODEL MATEMATYCZNY

Symulacje zostały wykonane jednowymiarowym modelem matematycznym RubarBE [Paquier 2003]. Model ten opracowano we francuskim Instytucie Naukowym CEMAGREF w Lyonie. Model rozwiązuje zagadnienie związane z ruchem nieustalonym wody z uwzględnieniem transportu rumowiska w korycie cieku. Model rozwiązuje układ równań Saint Venanta dla przepływu wody:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} = -g \frac{Q^2}{K^2 A R^{4/3}} + kq \frac{Q}{A} \quad (2)$$

gdzie:

- t – czas (s),
- x – kierunek przepływu wody (m),
- A – pow.przekroju (m^2), Q przepływ (m^3/s),
- q – dopływ boczny (m^2/s), R promień hydrauliczny (m),
- z – poziom wody (m),
- g – przyspieszenie ziemskie (m/s^2),
- K – współczynnikManninga ($m^{1/3}/s$),
- β – współczynnik Boussinesq'a.

oraz równane ciągłości:

$$(1 - p) \frac{\partial A_s}{\partial t} + \frac{\partial Q_s}{\partial x} = q_s \quad (3)$$

gdzie:

- B – Q_s przepływ rumowiska (m^3/s),
- q_s – dopływ rumowiska (m^2/s).

Model rozwiązuje klasyczną formułę transportu rumowiska [Meyer-Peter, Müller 1948]:

$$C_s = \frac{8L_a \sqrt{g}}{(\rho_s - \rho) \sqrt{\rho}} \left(\rho J R - 0.047 D_{50} (\rho_s - \rho) \right)^{3/2} \quad (4)$$

gdzie:

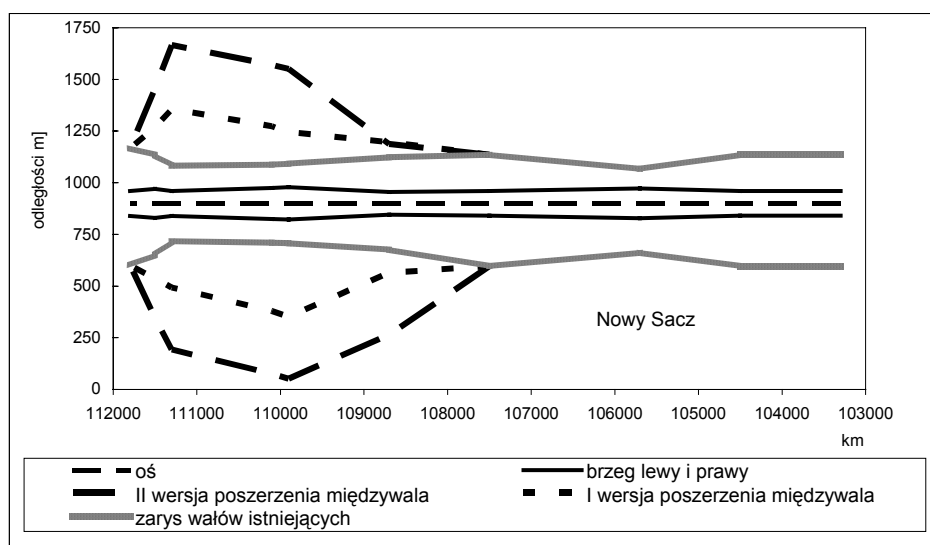
- C_s – współczynnik transportu rumowiska (m^3/s),
- D_{50} – średnica miarodajna rumowiska (m),
- J – spadek,

- La – szerokość aktywna (m),
- ρ_s – gęstość rumowiska (kg/m^3),
- ρ – gęstość wody (kg/m^3).

Formuła ta w zależności od zastosowania może być modyfikowana poprzez zmianę współczynników i może być dostosowana do konkretnego przypadku obliczeniowego. Materiał tworzący dno koryta jest reprezentowany przez średnicę D_{50} .

ANALIZA WYNIKÓW

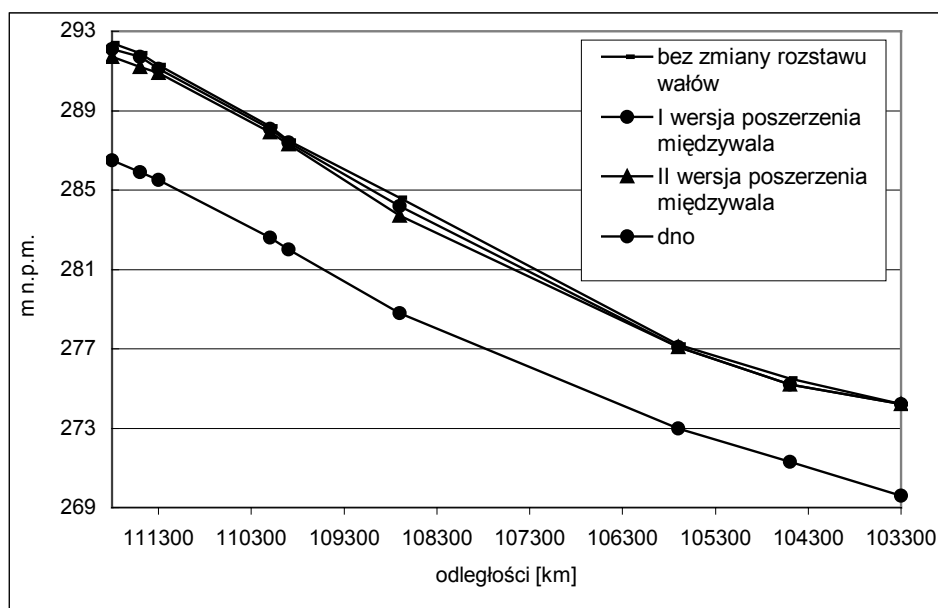
W pracy teoretycznie zbadano wpływ zwiększenia rozstawu wałów na przebieg fali powodziowej. Na analizowanym odcinku rzeki Dunajec od ujścia Popradu do Dunajca, na długości 3,5 km istnieje właśnie taka możliwość poszerzenia międzywala (rys. 3). Do symulacji wykorzystano hydrogram fali z 1970 roku o kulminacji $Q = 2680 \text{ m}^3/\text{s}$, która w przybliżeniu odpowiada przepływowi $Q_{5\%} = 2440 \text{ m}^3/\text{s}$ dla wodowskazu Nowy Sącz (km 106,9).



Rysunek 3. Schemat odcinka rzeki z uwzględnieniem zmian w lokalizacji wałów

Figure 3. Scheme of experimental reach and changes of dikes location

Pierwszą symulację przeprowadzono dla stanu istniejącego, następnie na wspomnianym odcinku powyżej Nowego Sącza przyjęto poszerzenie międzywala obustronnie o około 250 metrów i wykonano kolejne obliczenia. Wyniki wskazują na niewielkie zmiany w obniżeniu zwierciadła wody (rys. 4). Przeprowadzono więc symulację dla przypadku zwiększenia rozstawu wałów o kolejne 300 metrów. Wyniki wykazują obniżenie się poziomu zwierciadła wody średnio o ponad 50 cm na odcinku z poszerzonym międzywalem.



Rysunek 4. Obliczony poziom zwierciadła wody dla fali o kulminacji $Q = 2682 \text{ m}^3/\text{s}$

Figure 4. The water level computed for $Q = 2682 \text{ m}^3/\text{s}$

Zwiększenie rozstawu wałów na przedmiotowym odcinku spowoduje zwiększenie retencji doliny oraz opóźnienie i obniżenie kulminacji fali powodziowej. Wzrost kulminacji będzie tym mniejszy, im bardziej zwiększą się przekroje koryta wielkiej wody przy takich samych przepływach.

WNIOSKI

1. Ograniczenie terenów zalewowych poprzez budowę wałów przeciwpowodziowych ma niekorzystny wpływ na biosystem.

2. Analiza stanu cieków wykazała istnienie na przestrzeni ostatniego 100-lecia znaczących procesów erozji dna spowodowanych pracami regulacyjnymi (skrót i zawężanie koryt).

3. Na odcinku Dunajca powyżej Nowego Sącza rozstaw wałów jest zbyt mały, pomimo że tereny poza wałami są nieużytkami i obszarami zdewastowanymi pod względem ekologicznym.

4. Symulacje dotyczące poszerzenia rozstawy wałów wykazały, iż poziom wody uległ obniżeniu i zmniejszyły się prędkości przepływu. Dzięki temu istnieje możliwość zmniejszenia tendencji erozyjnej koryta oraz stworzenia bliskiego naturze zagospodarowania terenów zalewowych. Na pozyskanych terenach zalewowych możliwe jest odtworzenie starorzeczy w międzywałach oraz wzbogacenie ekosystemów.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, W. M., Perrow, *Scientific and institutional constraints on the restoration of European floodplains*. S. 89-97 in *Marriott, S. B. and Alexander, J. (eds.) Floodplains: Interdisciplinary Approaches*, The Geological Society of London, London 1999.
- Habersack, H.-M. Nachtnebel, *Short-term effects of local river restoration on morphology, flow field, substrate and biota*. *Regulated Rivers: Research & Management* 10, 1995, s. 291-301.
- Hunzinger, L. M. *Flussaufweitungen – Morphologie, Geschiebehaushalt und Grundsätze zur Bemessung*. Vol. 159, VAW Mitteilungen, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Zürich 1998.
- Jaeggi M., Oplatka, M., *L'aménagement récent de la Thur – un exemple d'une politique multidisciplinaire de protection contre les crues et de revitalisation de rivière*. *Actes de la conférence internationale „Scientifiques et décideurs, agir ensemble pour une gestion durable des systèmes fluviaux”*, Lyon 6 au 8 juin 2001, atelier 3.
- Łapuszek M. Ratomski J. *Erozja denna koryta rzeki Dunajec*, *Gospodarka Wodna*, 1/2003.
- Meyer-Peter E., Müller R., *Formulas for bed-load transport*. Report on the Second Meeting IAHSR. Stockholm 1948.
- Neilsen, M. *Lowland stream restoration in Denmark: Background and examples*. *Journal of the chartered institution of water and environmental management* 16, 2002, s. 189-193.
- Paquier A. *What are the problems to be solved by a 1 – D river sediment transport model? Example of RubarBE software*. *Selected Problems of Water Engineering*, Politechnika Krakowska – Cemagref – results of cooperation, 9 – 11 October 2003, seminary, Cemagref Editions 2004, BP 44, 92163 Antony, France.
- Rohde S., *River restoration: Potential and limitations to re-establish riparian landscapes. Assessment & Planning*, praca doktorska Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2004.

- Simons, J. H. E. J., Bakker, J. P., Schropp, M. H. I., Jans, L. H., Kok, F. R. and Grift, R. E. *Manmade secondary channels along the River Rhine* (the Netherlands); results of post-project monitoring. *Regulated Rivers-Research & Management* 17, 2001, s. 473–491.
- Tockner, K., Schiemer, F. and Ward, J. V. *Conservation by restoration: The management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria*. Aquatic conservation - marine and freshwater ecosystems, 1998, s. 71–86.

Dr inż. Marta Łapuszek
Dr inż. Hanna Witkowska
Politechnika Krakowska
Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej
ul. Warszawska 24
31-155 Kraków
mlapuszek@iigw.pl
hwitkowska@iigw.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Parzonka*

Marta Łapuszek, Hanna Witkowska

IMPACT OF LEVEES DISTANCE WIDENING ON ECOLOGICAL CONDITIONS IMPROVEMENT AND FLOOD RISK DIMINISHING

SUMMARY

Long term observations of Upper Vistula tributaries, made by authors, showed that the narrowing and straightening of the rivers and their floodplains resulted in accelerated riverbed erosion and the increase of flood risks. River floodplains are widely acknowledged as being very important for biodiversity, therefore by their narrowing the floodplains lost their natural patterns with a consequence decline in habitat and species diversity.

In the last years appeared a new approach in river management and engineering, the EU Water Frame Directive consists an important step for more ecological river training. In consequence an increasing number of restoration projects have been initiated in the last years.

In the present paper the authors tried to check the possibilities of flood plain widening upstream of the Nowy Sącz City situated on Dunajec River (km: 111+900 - 107+500), where are devastated wastelands. In the urban area of Nowy Sącz the levees distance was left unchanged. For the new conditions the numerical simulation by 1D mathematical model RubarBE was carried on. The obtained results showed the significant decrease in the flood peaks upstream of Nowy Sącz and some in the town.

Key words: flood, levees, floodplain revitalization, retention, unsteady flow modelling