

## EROZJA KORYTA DOLNEGO ODCINKA RZEKI BYSTRZYCY

Marek Jarosław Łoś

Biuro Projektów Wodnych Melioracji w Lublinie

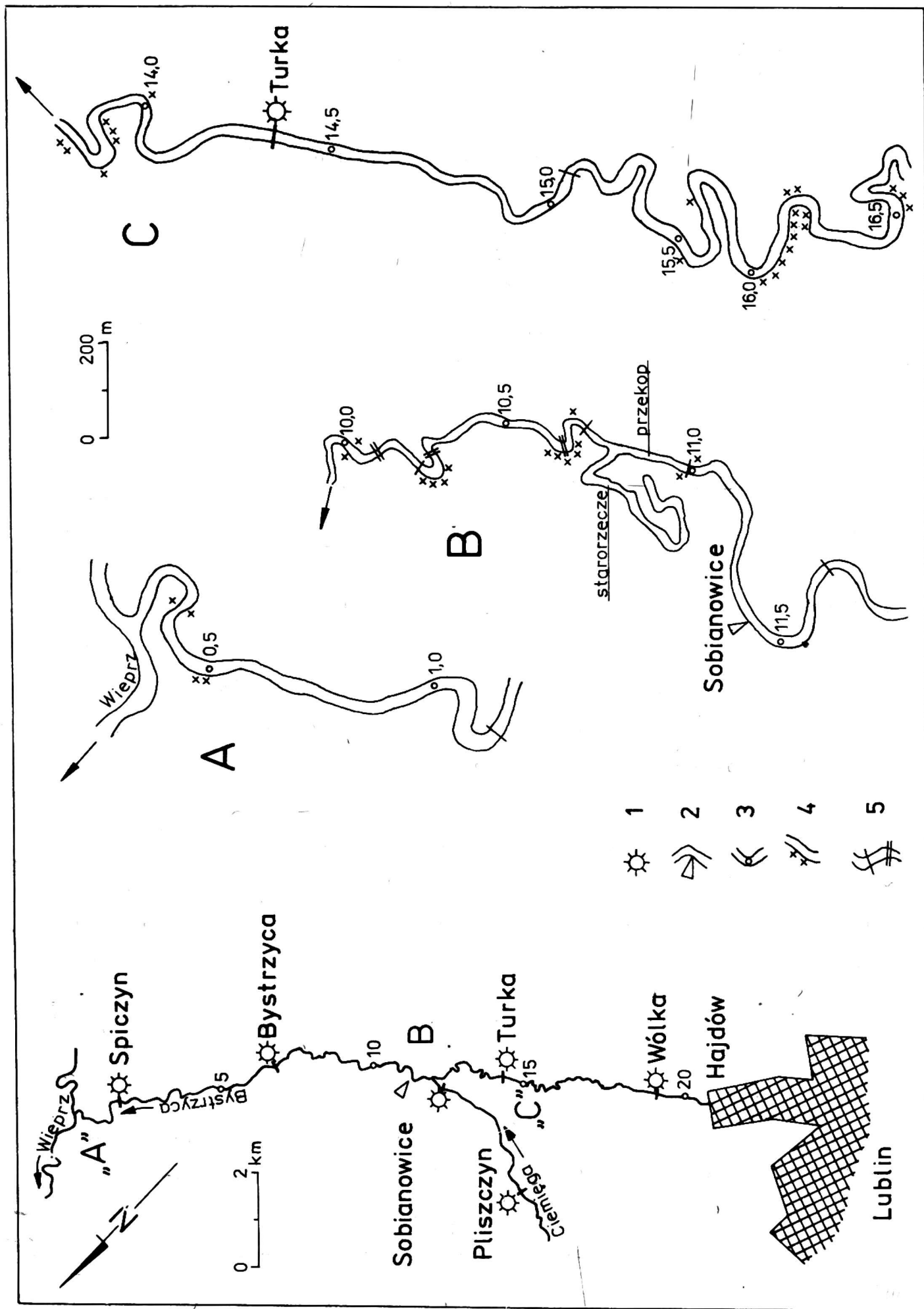
Dyrektor: mgr inż. A. Redzko

Bystrzyca, lewy dopływ Wieprza, może być uznana za rzekę charakterystyczną dla całego obszaru Wyżyny Lubelskiej. Przepływa ona przez obszary faliste, w znacznej mierze pokryte glebami wytworzonymi z lessów, podatnymi na procesy erozji. Dno doliny Bystrzycy, głęboko wcięte w margle i opoki, jest wypełnione piaskami i pospółkami pochodzenia fluwioglacjalnego, pokrytymi madami średnimi i ciężkimi oraz namułami mineralno-organicznymi i torfami. Powstanie mad średnich i ciężkich w dolinach Wyżyny Lubelskiej wiąże się z nasiloną erozją lessów związaną z następującym w ostatnim tysiącleciu procesem wylesiania i zwiększania powierzchni pól ornych. W ubiegłych stuleciach rzeka Bystrzyca wykorzystywana była jako źródło taniej energii wodnej poruszającej młyny, tartaki, kuźnie, papiernie i inne zakłady przemysłowe. Już dokument lokacyjny wystawiony dla Lublina przez Władysława Łokietka w 1317 r. wymienia młyny wodne na terenie miasta. Około 1950 r. na Bystrzycy eksploatowanych było jeszcze 20 młynów wodnych, z których w 1980 r. pozostały tylko dwa. Wraz z likwidacją młynów uległy dewastacji śluzy piętrzące, ustabilizowane dotychczas koryto rzeki poddane zostało nasilonej erozji dennej, a miejscami również brzegowej. Szczególnie trudna sytuacja powstała w dolnym odcinku Bystrzycy, poniżej Lublina.

## CHARAKTERYSTYKA BADANEGO ODCINKA

Badaniami objęto odcinek Bystrzycy od ujścia do Wieprza w rejonie Spiczyna do oczyszczalni ścieków Hajdów znajdującej się w granicach Lublina /rys. 1/. Długość odcinka wynosi 20,5 km, w tym 1,1 km o uregulowanym korycie i 19,4 km nie objętego pełną regulacją. Badania terenowe wykonano jesienią 1982 r. i wiosną 1983 r.

Wykonano pomiary geodezyjne koryta rzeki, ogółem 48 przekroi poprzecznych, oraz inwentaryzację istniejących budowli piętrzących i komunikacyjnych, roślinności brzegowej i form erozji brzegowej. Przy pracach polowych posługiwano się mapą w skali 1:10 000, co zapewniło



Rys. 1. Szkic sytuacji Bystrzycy na odcinku od Lublina do ujścia do Wieprza

Fragmety trasy rzeki: A - w rejonie ujścia, B - w rejonie wodowskazu Sobianowice, C - w rejonie młyna w Turce, 1 - młyny wodne /obecnie zniszczone/, 2 - wodowskaz, 3 - kilometrów rzeki, 4 - erozja brzegów rzeki, 5 - zatory i grupy zatorów

znaczny stopień dokładności w lokalizacji elementów podlegających inwentaryzacji. Wyniki prac terenowych, to jest mapę i profil podłużny rzeki porównano z materiałami archiwalnymi dotyczącymi pomiarów z lat 1956-1957 i 1963-1964, przeprowadzonych w związku z opracowaniem projektów regulacji rzeki i melioracji doliny Bystrzycy.

Powierzchnia zlewni wynosi przy ujściu  $1320 \text{ km}^2$ , a  $1031 \text{ km}^2$  na końcu odcinka. W km 12+010 wpada do Bystrzycy jej lewy dopływ Ciemięga, która była obiektem badań erozyjnych prowadzonych pod kątem wpływu zniszczeń budowli młyńskich na stan koryta [6]. Poniżej ujścia Ciemięgi znajduje się wodowskaz Sobianowice /km 11+420/, dla którego dane hydrologiczne z lat 1951-1980 przedstawiają się następująco: powierzchnia zlewni  $1264 \text{ km}^2$ , przepływ najniższy  $0,70 \text{ m}^3/\text{s}$ , przepływ średni  $5,16 \text{ m}^3/\text{s}$ , przepływ wielki 50%  $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , przepływ wielki 1%  $158,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Okolo roku 1956 na omawianym odcinku rzeki istniały cztery młyny wodne /rys. 1/ o łącznej wysokości piętrzenia  $9,55 \text{ m}$ , co stanowiło 70% spadku na rzece. Piętrzenia te stopniowo zostały zniszczone i w 1982 r. tylko na ruinach śluzy młyńskiej w Turce powstawał spad wody ok.  $1,2 \text{ m}$ . W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych wykonano kilka przekopów ścinających zakola rzeki, co spowodowało skrócenie trasy o  $1,36 \text{ km}$ . Parametry charakteryzujące omawiany odcinek Bystrzycy zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Parametry charakterystyczne koryta Bystrzycy na odcinku Spiczyn - Hajdów

Charakterystyka	1956 r.	1982 r.
Długość koryta, km	21,86	20,50
Spad ogółem, m	13,67	12,36
Spad na budowlach, m	9,55	1,20
Średni spadek, ‰	0,63	0,60
Spadek zredukowany, ‰	0,19	0,55
Długość doliny, km	14,17	14,17
Wskaźnik rozwinięcia, x	1,54	1,45

Spadki zwierciadła wody są bardzo zróżnicowane. Przy średniej wartości  $0,55\text{‰}$  wahają się od  $1,64\text{‰}$  ok. km 1+700, tj. w sąsiedztwie zniszczonej śluzy młyńskiej w Spiczynie, do  $0,11\text{‰}$  ok. km 5+800 na odcinku swobodnie płynącym i do  $0,09\text{‰}$  ok. km 14+800 w ośce piętrzenia w Turce. Na odcinku uregulowanym, tj. powyżej km 19+400 spadki zwierciadła są ujednoczone i wynoszą  $0,48\text{‰}$ - $0,52\text{‰}$ . Trasę rzeki charakteryzuje wskaźnik rozwinięcia  $W$  będący stosunkiem długości koryta do długości doliny.

Około roku 1956 wskaźnik ten na odcinku Spiczyn - Hajdów wynosi 1,54 i zmniejszył się na skutek wykonania przekopów do 1,45. Jest to wartość średnia dla odcinka 20,5 km. Dla krótszych odcinków wskaźnik waha się od 1,03 do 2,78. Oznacza to, że rozwinięcie rzeki jest bardzo zmienne, przy czym nie stwierdzono żadnej regularności przy przechodzeniu z odcinków meandrujących  $W > 1,5$  na odcinki niemal prostoliniowe  $W < 1,1$  i odwrotnie. Przykładowo można podać /rys. 1/, że przy ujściu do Wieprza na długości 500 m  $W = 2,78$ , a bezpośrednio powyżej w km 0+500  $W = 1,04$ . Nie stwierdza się stopniowej zmiany trasy. Istotne zmiany w rozwinięciu rzeki spowodowało wykonanie przekopów, np. na odcinku km 10+500 - 11+000 wskaźnik rozwinięcia zmniejszył się z 2,65 do 1,25. W cofce śluzy młyńskiej w Turce /km 14+380 - 14+990/  $W = 1,04$ , a bezpośrednio powyżej cofki /km 14+990 - 16+500/  $W = 2,11$ .

Należy zwrócić uwagę, że również powyżej zniszczonych budowli młyńskich w Spiczynie, Bystrzycy i Turce rozwinięcie trasy rzeki jest niewielkie. Najmniejszy wskaźnik rozwinięcia ustalono dla odcinka uregulowanego /km 19+400 - 20+500/  $W = 1,03$ . Rozwinięcie trasy rzeki ma istotny wpływ na stabilność koryta i to zarówno w odniesieniu do erozji bocznej, jak i erozji dennej.

#### Erozja boczna

Inwentaryzacja koryta Bystrzycy przeprowadzona na jesieni 1982 r. wykazała erozję boczną na długości 3260 m. Nie stwierdzono występowania erozji jedynie na dwu odcinkach: w cofce śluzy młyńskiej w Turce /długość 1080 m/ i na odcinku uregulowanym pomiędzy Wólką a Hajdowem /długość 1100 m/. Na pozostałej długości 18 320 m uszkodzenia obejmują 17,8% trasy. Przeanalizowano związek erozji bocznej i spadku zwierciadła wody i:

$i \leq 0,40\text{‰}$	uszkodzenia na 24,0% trasy,
$i = 0,41-0,60\text{‰}$	uszkodzenia na 15,0% trasy,
$i = 0,61-0,80\text{‰}$	uszkodzenia na 7,3% trasy,
$i \geq 0,81\text{‰}$	uszkodzenia na 26,7% trasy.

Minimum uszkodzeń występuje w przedziale spadków 0,61-0,80‰, w którym w przybliżeniu zachodzi równowaga pomiędzy energią płynącej wody a odpornością brzegów na rozmycie. Zrozumiałe jest, że przy dużych spadkach uszkodzenia brzegów są znaczne. Dla przykładu w km 7+790 - 8+910 przy spadku zwierciadła  $i = 0,94\text{‰}$  uszkodzenia występują na 38% trasy. Łączy się tu efekt oddziaływania erozji dennej i erozji bocznej, co przejawia się w utracie stabilności koryta.

Nasilenie erozji bocznej zarejestrowano również na odcinkach o nieznacznych spadkach zwierciadła wody. Na przykład w km 18+840 - 17+900 przy spadku równym 0,29‰ uszkodzone jest 65% trasy.

Przypuszczalnie na tym odcinku decydujący wpływ ma niekorzystny układ trasy liczne zakola i ostre łuki, wskaźnik rozwinięcia wynosi tu 1,68. Analiza wyników inwentaryzacji wykazała wyraźną zależność pomiędzy erozją boczną a wskaźnikiem rozwinięcia:

- $W \leq 1,20$       uszkodzenia na 3,8% trasy,  
 $W = 1,21-1,50$  uszkodzenia na 12,6% trasy,  
 $W = 1,51-1,80$  uszkodzenia na 26,2% trasy,  
 $W \geq 1,81$       uszkodzenia na 24,0% trasy.

Można stwierdzić, że w przypadku Bystrzycy najbardziej odporne na erozję boczną są odcinki zbliżone do prostoliniowych lub łagodnie serpentynujące, natomiast niekorzystne są odcinki meandrujące przy  $W > 1,50$ . Zasady tej nie można uogólniać na wszystkie rzeki Wyżyny Lubelskiej, gdyż znane są przypadki, w których nadmierne prostowanie trasy spowodowało nasilenie erozji bocznej i dennej.

Erozja boczna koryta dolnej Bystrzycy przejawia się oberwiskami skarp, przy czym w większości przypadków oberwiska nie sięgają do górnej krawędzi skarpy. Nie stwierdzono natomiast osuwisk brzegów, co wiąże się zapewne z niewielką spoistością gruntu. W dnie doliny przeważają grunty niespoiste lub słabo spoiste: piaski, pyły, torfy, namuły mineralno-organiczne, a materiał denny koryta stanowi piasek drobny. Rozwój erozji bocznej koryta wiąże się z oddziaływaniem roślinności wodnej, które omówione zostało w dalszej części opracowania.

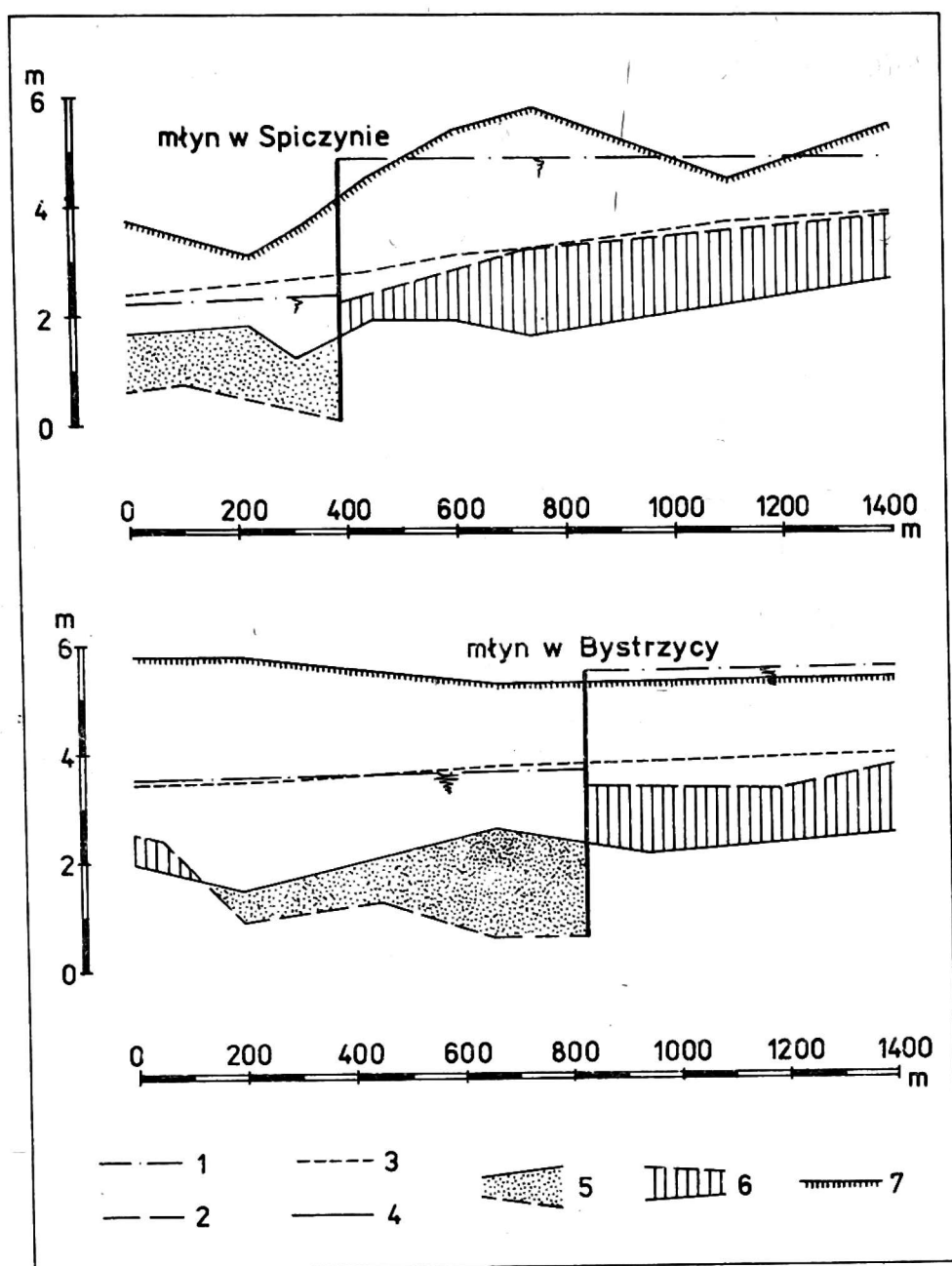
#### Erozja denna

Porównanie wyników pomiarów z lat 1956, 1963 i 1982 wykazuje największe nasilenie erozji dennej w sąsiedztwie zniszczonych śluz młyńskich w Spiczynie /km 1+790/ i w Bystrzycy /km 6+630/. Zmiany w układzie dna przedstawia rysunek 2 i tabela 2. Należy zwrócić uwagę,

Tabela 2

Erozja denna w sąsiedztwie zniszczonych śluz młyńskich

	Młyn w Spiczynie	Młyn w Bystrzycy
Zamulenie dna rzeki poniżej młyna: na długości, km	1,7	0,7
Maksymalna miąższość namułów, m	1,3	1,9
Rozmycie dna rzeki powyżej młyna: na długości, km	1,7	1,1
Maksymalna głębokość rozmycia, m	1,6	1,2
Pierwotna wysokość piętrzenia, m	2,5	1,8



Rys. 2. Erozja koryta Bystrzycy w sąsiedztwie zniszczonych młynów wodnych w Spiczynie /stan pierwotny wg pomiarów z 1963 r./ i Bystrzycy /stan pierwotny wg pomiarów z 1956 r./  
 1 - zwierciadło wody - stan pierwotny, 2 - dno rzeki - stan pierwotny, 3 - zwierciadło wody - stan obecny, 4 - dno rzeki - stan obecny, 5 - zamulenie dna rzeki, 6 - rozmycie dna rzeki, 7 - brzeg rzeki

ze część rumowiska uruchomionego w cofkach budowli została zdeponowana poniżej przyczyniając się do wypełnienia wyboi, a nawet podniesienie dna na znacznych długościach. Na odcinkach nie będących pod wpływem budowli piętrzących stwarza się lokalne pogłębienie dna w granicach 0,5-1,0 m /np. km 4+000 - 5+000/ bądź też zamulenia przekraczające 1,5 m /np. ok. km 10+800/. Dno rzeki podlega stopniowym przekształceniom zarówno pod wpływem czynników lokalnych, jak awaria śluz młyńskich, jak i czynników obejmujących duże obszary zlewni. Wpływ urbanizacji na erozję brzegową i denną omówiony jest w dalszej części opracowania.

## WPŁYW ROŚLINNOŚCI NA STAN KORYTA

Znaczne zanieczyszczenie wód Bystrzycy poniżej Lublina spowodowało zanik roślinności dennej i ograniczenie roślinności przybrzeżnej. Wpływ na stan koryta ma tylko roślinność brzegowa. Z wyjątkiem odcinka uregulowanego oba brzegi Bystrzycy chronione są pasem roślinności drzewiastej składającej się głównie z wierzb z domieszką olszy czarnej, klonów i czarnego bzu. Miejscami wprowadzone są sztuczne nasadzenie topól. Erozja denna i brzegowa powoduje niszczenie roślinności brzegowej. Mechanizm niszczenia jest podobny do opisanego przez Rachockiego dla rzek Pojezierza Kaszubskiego [5]. Zasadniczo można wyróżnić dwie formy przemieszczania drzew: pierwszą związaną z wymyciem gleby spod korzeni i pionowym osiadaniem drzewa oraz drugą związaną z częściowym podmyciem bryły korzeniowej i obaleniem drzewa. W pierwszym wypadku następuje poszerzenie koryta, a pnie wystają mniej więcej pionowo z wody przy brzegu. W drugim wypadku poszerzenie koryta bezpośrednio nie występuje, a pnie leżą skośnie do nurtu rzeki, co powoduje odbijanie prądu wody w kierunku przeciwległego brzegu. Jeżeli na przeciwległym brzegu drzewa również utracą stateczność tworzy się zator z pni i gałęzi przegradzający rzekę. Utrudnienie w przepływie może spowodować obejście przez wodę zatoru po obu bokach i wtórne rozmycie brzegów. W skrajnych przypadkach zator może prowadzić do powstania wyspy w nurcie. Niekiedy występują grupy zatorów powodujące znaczne zakłócenie w przepływie. Na omawianym odcinku rzeki zarejestrowano w 1982 r. 22 zatory, 9 grup zatorów i 2 wyspy.

Należy zaznaczyć, że na żadnej z rzek Wyżyny Lubelskiej nie rejestrowano takiego natężenia niszczenia roślinności brzegowej, a zwłaszcza występowania tak wielu zatorów. Na innych rzekach nawet przy znacznym wyerodowaniu koryta nie obserwowano większych zmian szerokości w zwierciadle wody. Dla przykładu erozja denna spowodowana zniszczeniem śluzy młyńskiej w Sobianowicach na rzece Ciemiędze, a więc w bezpośrednim sąsiedztwie opisywanego odcinka Bystrzycy, spowodowała uszkodzenie brzegów i niszczenie roślinności brzegowej, ale bez powstania większych zatorów i bez tendencji do poszerzenia koryta [6].

## STABILNOŚĆ PRZEKROJU POPRZECZNEGO

W km 11+420 Bystrzycy zlokalizowany jest wodowskaz IMGW założony przed około pięćdziesięciu laty. Bogate materiały hydrometryczne pozwalają prześledzić stabilność przekroju poprzecznego koryta rzeki w sąsiedztwie wodowskazu. Na rysunku 3 przedstawiono w sposób uproszczony wyniki pomiarów przepustowości koryta, jego głębokości i szerokości. Cztery krzywe konsumpcyjne obrazują przepustowość koryta w okresach: 1925-1957, 1958-1963, 1966-1969, i od 1977 r.

Pierwsza krzywa jest miarodajna dla rzeki nieuregulowanej, zabudowanej śluzami młyńskimi, będącej w stanie równowagi. Odpowiada ona stanowi zarejestrowanemu w trakcie pomiarów geodezyjnych w latach 1956-1957.

Druga krzywa przedstawia obraz zachwianej równowagi i zmniejszenia się przepustowości o 1,5 do 3,5 m<sup>3</sup>/s. Być może związane to było z osiadaniami rumowiska nanoszonego przez rzekę Ciemięgę, gdyż w ujściowym odcinku Ciemięgi pod koniec lat pięćdziesiątych nasiliła się erozja denna na skutek zniszczenia śluzy młyńskiej w Sobianowicach. Odległość od wodowskazu do tej śluzy wynosiła ok. 1,1 km i można przyjąć, że część rumowiska osiadła w korycie Bystrzycy.

Trzecia krzywa obrazuje zwiększenie przepustowości o 3 do 12 m<sup>3</sup>/s na skutek robót pogłębiarskich przeprowadzonych w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych na dolnym odcinku Bystrzycy od ujścia do granic Lublina.

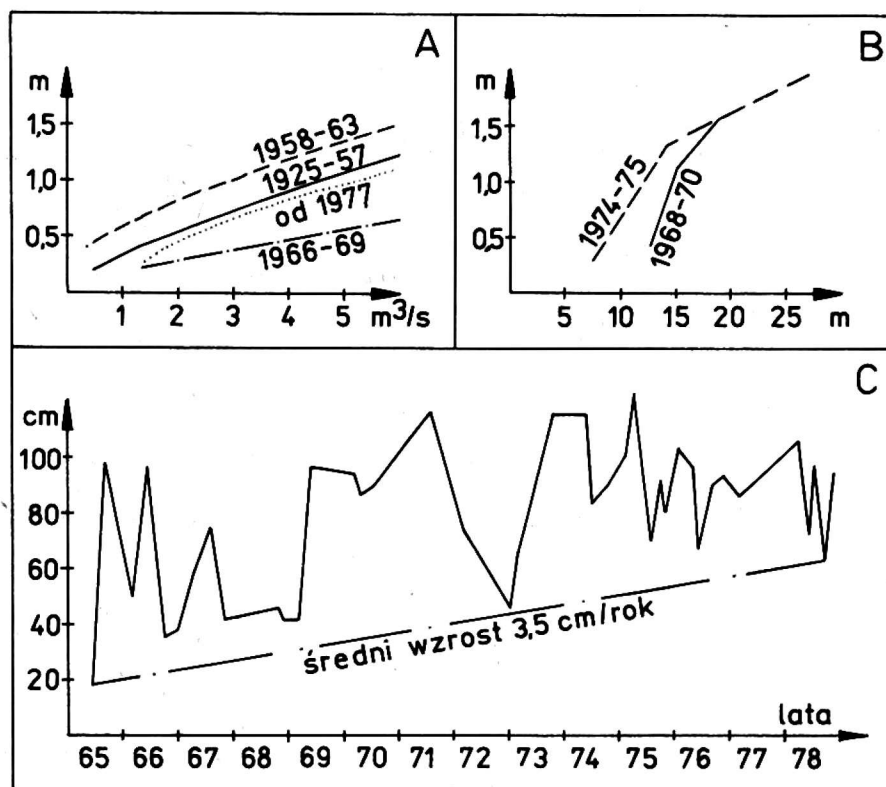
Ciekawy obraz przedstawia czwarta krzywa konsumcyjna, niewiele różni się od pierwszej. Oznacza to, że po roku 1977 przepustowość koryta Bystrzycy była zbliżona do przepustowości w stanie pierwotnej równowagi. Oznacza to również, że efekty prac pogłębiarskich przeprowadzonych w latach sześćdziesiątych na tym odcinku okazały się krótkotrwałe. Być może istotną rolę odegrały prace regulacyjne prowadzone na odcinku Bystrzycy przechodzącym przez miasto w odległości 10-20 km powyżej wodowskazu. Roboty ziemne w korycie prowadzą - przynajmniej okresowo - do znacznego zwiększenia ruchu rumowiska.

Rumowisko wprowadzone w ruch na terenie miasta mogło osiadać na dolnym, nieuregulowanym odcinku, przyczyniając się do zmniejszenia jego przepustowości. Ponadto poważną rolę odegrało nasilenie erozji powierzchniowej w zlewni, omówione w dalszej części niniejszej pracy.

Wnioski wyciągnięte z analizy krzywych konsumcyjnych potwierdzają dane o położeniu dna rzeki w latach 1965-1978. Wykorzystano tu również dane z pomiarów hydrometrycznych IMGW, które podają każdorazowe położenie najniższego punktu dna w przekroju wodowskazowym. Na rysunku 2 przedstawiono wahania minimalnej rzędnej dna, których amplituda wynosi ok. 80 cm.

W ciągu omawianych 13 lat następowało powolne podnoszenie dna rzeki w rejonie Sobianowic. Średni przyrost roczny wynosił ok. 3,5 cm. O zmianach przekroju poprzecznego świadczą również wyniki pomiarów szerokości zwierciadła wody obrazujące szerokość koryta. Porównanie danych z lat 1968-1970 i 1974-1975 wykazują zwężenie o ok. 4 m w strefie stanów niskich. W strefie stanów średnich zwężenie wyraźnie maleje. Można sądzić, że stopniowe podnoszenie dna rzeki ułatwiało osadzanie rumowiska na dolnych częściach skarp koryta, co prowadzi do sukcesywnego przekształcenia parametrów geometrycznych i hydraulicznych Bystrzycy w przekroju Sobianowic.





Rys. 3. Zmiany przekroju koryta Bystrzycy w przekroju Sobianowic  
 A - krzywe konsumpcyjne w okresie 1925-1977, B - zmiany szerokości koryta w okresie 1968-1975, C - zmiany położenia dna rzeki w okresie 1965-1978

### WPLYW URBANIZACJI

Procesy urbanizacji w zlewniach w istotny sposób wpływają na stan koryt rzek odwadniających zlewnie poddane zabudowie miejskiej i przemysłowej. Jako najważniejsze można wymienić trzy czynniki: zmiana reżimu hydrologicznego rzek, zwiększenie erozji w zlewniach oraz zmiana jakości wody na skutek zrzutu ścieków. W przypadku Lublina najlepiej rozpoznany jest pierwszy z wymienionych czynników [3]. W latach 1950-1980 obszar miasta wzrósł z 30 do 119 km<sup>2</sup>, liczba jego mieszkańców z 116,6 do 304,4 tysięcy, a łączny pobór wody dla potrzeb komunalnych i przemysłowych z 4,7 do 55,2 mln m<sup>3</sup>/rok. Odpowiednio wzrósł zrzut ścieków miejskich, a także wód deszczowych odprowadzanych siecią kanalizacyjną do rzeki. Spowodowało to istotną zmianę przepływów charakterystycznych Bystrzycy w przekroju wodowskazowym w Sobianowicach [3]. Poniżej zestawiono dane z dwu okresów pięcioletnich o zbliżonej wielkości opadów:

	1956-1960	1976-1980
opad, mm	599	603
wskaźnik odpływu, %	15,7	24,0
przepływ średni, m <sup>3</sup> /s	3,76	5,81

	1956-1960	1976-1980
przepływ średnio niski, m <sup>3</sup> /s	1,68	2,84
przepływ średnio wysoki m <sup>3</sup> /s	10,6	14,0

Przedstawione dane dokumentują wzrost przepływów w rzece nie wywołany zwiększeniem opadów a czynnikami pochodzenia antropogenicznego. Wzrost przepływów wysokich jest związany z przyspieszonym spływem wód opadowych i roztopowych z dachów, placów i ulic oraz ułatwionym odpływem wód siecią kolektorów burzowych. Zwiększenie przepływów niskich związane jest ze stałym, w przybliżeniu równomiernym, zasilaniem rzeki przez zrzut ścieków. Oczywiście korzystny efekt zwiększenia przepływów w czasie niżówek nie stanowi rekompensaty za drastyczne w skutkach zanieczyszczenia rzeki, która od Lublina aż do ujścia do Wieprza prowadzi wody nie odpowiadające najniższym normom. W przybliżeniu można przyjąć, że przy rozcieńczeniu w stosunku 1:1 ścieków wodą z Bystrzycy biologiczne zapotrzebowanie tlenu wynosi ok. 315 mg O<sub>2</sub>/l, a zawiesina ok. 105 mg/l. Dotychczas nie prowadzono badań nad składem tej zawiesiny. W większości pochodzi ona z zanieczyszczeń komunalnych i przemysłowych, ale w części również z produktów erozji wietrznej, w postaci "kurzu lessowego" osiadającego na powierzchniach zabudowanych, a następnie spłukiwanego przez deszcz do sieci kanalizacyjnej. Nie były również prowadzone pomiary wpływu robót budowlanych na nasilenie erozji wodnej. Z pobieżnych obserwacji prowadzonych na terenie nowo powstałych dzielnic, np. Kalinowszczyzna, Czechów, Czuby, wiadomo, że w okresach roztopów i silnych deszczów masowo rozmywane są skarpy wykopów fundamentowych, nieumocnione nasypy i wykopy dróg i ulic, a także wszelkiego rodzaju dojazdy, place i składowiska rozjeżdżone kołami maszyn budowlanych.

Badania brytyjskie [2] i amerykańskie [1] wskazują, że w trakcie zabudowy terenu nasilenie erozji gruntów wzrasta od 5 do 10 razy w stosunku do stanu pierwotnego /w skrajnych przypadkach nawet do 200 razy/, po czym po zakończeniu zabudowy, utwardzeniu placów i ulic oraz obsianiu i zakrzewieniu parków i skwerów erozja niemal zostaje zahamowana, a jednostkowy spływ rumowiska unoszonego z terenów całkowicie zabudowanych jest zbliżony pod względem wielkości do jednostkowego spływu rumowiska z terenów leśnych. Warto tu zaznaczyć, że zbliżone natężenie erozji terenów miejskich i leśnych dotyczy tylko ilości, a nie jakości rumowiska. Z miast spłukiwane są znaczne ilości ułamków drewna, tektury, gumy, sztucznych tworzyw, opakowań plastikowych tworzących swego rodzaju "rumowisko" pochodzenie antropogenicznego [2]. Dotyczy to również Lublina, poniżej którego stwierdzono powstawanie przy zatorach warstw z takiego "rumowiska", które pokrywały zwierciadło wody i utrudniały przepływ.

Wszystkie te zjawiska mają wpływ na stabilność koryt rzecznych. W Anglii [2] stwierdzono, że na skutek urbanizacji przekrój poprzeczny małych rzek o zlewni od 20 do 32 km<sup>2</sup> zwią-

szął się o 1,5 do 3 razy, zarówno na skutek erozji dennej jak i brzegowej. Ze względu na odmienne warunki przyrodnicze i znaczną różnicę w powierzchni zlewni trudno doszukiwać się analogii w stosunku do Bystrzycy, warto jednak nadmienić, że obserwowano podobny przebieg zjawiska, a mianowicie podmywanie budowli, podcinanie brzegów, niszczenie zabudowy roślinnej przez podmywanie i obalanie drzew. Badania amerykańskie [1,4] pozwoliły na ustalenie pewnej zależności pomiędzy zabudową terenu a procesami korytotwórczymi. Roboty budowlane powodują akumulację części rumowiska w korycie i agradację dna oraz umiarkowaną erozję brzegów. Zakończenie tych robót i ustabilizowanie terenu powoduje uruchamianie uprzednio zgromadzonego rumowiska i degradację dna połączoną z silną erozją brzegów. Z upływem czasu, przy braku zmian w zabudowie i wykorzystaniu terenu koryto się stabilizuje.

Można sądzić, że w podobny sposób oddziaływa rozbudowa Lublina na procesy korytotwórcze Bystrzycy. Intensywna rozbudowa miasta, związana z powstawaniem nowych dzielnic w miejscu danych pól ornych, trwa ponad 20 lat. W skali dużego miasta nie jest możliwe wydzielenie faz rozpoczęcia robót budowlanych, ich kulminacji oraz faz robót związanych z ustabilizowaniem i zagospodarowaniem terenu. W poszczególnych dzielnicach prace te przebiegały z różnym natężeniem, a place budów stopniowo odsuwały się od centrum miasta. Dlatego też nie można w sposób jednoznaczny wydzielić fazy agradacji i degradacji koryta Bystrzycy. Oba procesy w zasadzie przebiegały niemal jednocześnie, choć w przeciwnych kierunkach w zależności od wahań ilości rumowiska napływającego z miasta. Właśnie w ten sposób można wytłumaczyć dużą zmienność przekroju poprzecznego rzeki w przekroju Sobianowic. Przy ogólnej dużej zmienności przekroju przeważała tendencja do agradacji dna i zmniejszenia szerokości cieku. Świadczy to o osadzaniu części rumowiska wewnątrz koryta, tj. na dnie i brzegach /rys. 3/. Proces ten jest możliwy przy stałym dopływie rumowiska z zewnątrz, tj. z obszaru miasta. Wpływ górnej części zlewni Bystrzycy - powyżej Lublina - nie ma tu znaczenia, gdyż rumowisko wleczone i unoszone przechwytywane jest przez zbiornik retencyjny w Zemborzycach, zlokalizowany w administracyjnych granicach miasta.

#### PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pozwoliły wyjaśnić główne czynniki powodujące erozję koryta dolnej Bystrzycy. Są nimi: zniszczenie budowli piętrzących młynów wodnych i związane z tym zwiększenie spadku podłużnego rzeki oraz procesy urbanizacyjne w zlewni zmieniające reżim hydrologiczny rzeki i nasilające transport rumowiska. Pierwszy z wymienionych czynników powoduje przede wszystkim erozję denną, a właściwie nasilenie transportu rumowiska wleczonego i jego przemieszczenie z biegiem rzeki, co lokalnie może powodować również agradację dna przy ogólnej przewadze procesów degradacyjnych. Drugi z czynników powoduje w pierwszym

rzędzie zwiększenie przepływów zarówno niskich, jak średnich i dużych. Wzrost przepływów wywołuje przeciążenie koryta, którego parametry okazują się już niewystarczające. Powstaje naturalna tendencja rzeki do poszerzenia koryta. Poszerzenie to występuje w sposób nierównomierny zarówno ze względu na zmienność przepływów w poszczególnych latach, jak i na odmienną odporność brzegów na poszczególnych odcinkach. Duży wpływ na stabilność koryta ma roślinność brzegowa, która hamuje erozję boczną. Z chwilą podmycia i obalenia drzew porastających brzegi erozja nasila się, a hamujące przepływ pnie mogą powodować znaczne deformacje koryta.

Przeprowadzone badania pozwoliły również ustalić związek pomiędzy rozwinięciem trasy rzeki i spadkiem podłużnym zwierciadła a nasileniem erozji bocznej. Umożliwia to wybór optymalnej trasy i optymalnego spadku podłużnego przy opracowaniu projektów zabudowy przeciwoerozyjnej. Dolny odcinek Bystrzycy wymaga w pierwszej kolejności prac o charakterze konserwacyjno-zabezpieczającym, a zwłaszcza usunięcie obalonych pni i zatorów oraz zabezpieczenia atakowanych brzegów rzeki. W drugiej kolejności konieczna będzie budowa stopni lub jazów w przekrojach zniszczonych śluz młyńskich zwłaszcza w Turce i Spiczynie. Wyniki zabudowy przeciwoerozyjnej Ciemięgi [6] wykazują, że zahamowanie erozji dennej w miejscach najbardziej zagrożonych może zapewnić stabilność koryta rzeki na dłuższym odcinku. W tych warunkach należy uznać za niecelowe, a nawet szkodliwe przeprowadzenie pełnej regulacji rzeki, a zwłaszcza usuwanie roślinności brzegowej. Pasy roślinności drzewiastej i krzewiastej odgrywają dużą rolę przyrodniczą i estetyczną oraz stanowią ważne zabezpieczenie przed erozją boczną. Pasy te wymagają ochrony i pielęgnacji, jako ważny element krajobrazu doliny Bystrzycy.

#### LITERATURA

1. Gregory K.J., Walling D.E.: Drainage Basin Form and Process, London 1973.
2. Hollis G.E.: Man's impact on the hydrological cycle in The United Kingdom, Norwick 1979.
3. Łoś M.J., Michalczyk Z.: Wpływ gospodarki wodnej Lublina na przepływy rzeki Bystrzycy. Gosp. Wod., z. 1, 1984.
4. Mc Pherson M.B.: Hydrological effects of urbanization, Paris 1974.
5. Rachocki A.: Wpływ roślinności na kształtowanie koryt i brzegów rzek. Prz. Geogr., t. 50, z. 3, 1978.
6. Ziemiński S., Łoś M.J.: Zabezpieczenie przez erozję dolnego odcinka rzeki Ciemięgi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 222, 1979.

Marek Jarosław Łoś

## EROSION OF THE LOWER PART OF THE BYSTRZYCA RIVER-BED

### Summary

The Bystrzyca river, a left tributary of the Wieprz river enters Lublin flowing away rain-water and municipal sewage from the city area. A section of the river measuring 20,5 km in the vicinity of Lublin was investigated /fig. 1/. There were four water mills situated in this part of the river in 1956 which diminished considerably the longitudinal slope of the river-bed. Destruction of damming up water constructions connected with the water-mills increased the water-level from 0,19‰ to 0,55‰, which brought about high side erosion of the Bystrzyca river-bed. An inventory carried out in 1982 showed damaging of banks 3260 m in length. It was found that smallest damages occurred in places where the slope of water-level was within 0,60-0,80‰ and the down-stream approximated a straight line. The banks were greatly damaged in places of small inclination where the river wound its way. In the region of destruction of water constructions great deformations of the bottom were found: silting up of the river-bottom below these constructions /maximum 1,9 m/ and washing away of the bottom higher up of them /maximum 1,6 m/. Bottom erosion in the area of both water-mills was presented in fig. 2. Urbanization processes affect significantly the state of the Bystrzyca river-bed in the vicinity of Lublin, as well as the quantity of flow in the river and transport of silt. These processes affect clearly the capacity of the river-bed and its dimensions /fig. 3/.

Марек Ярослав Лось

## ЭРОЗИЯ РУСЛА НИЖНЕГО УЧАСТКА РЕКИ БЫСТЩИЦА

### Резюме

Река Быстшица, левый приток Вепша, течет через Люблин, отводя осадочные и сточные воды с территории города. Исследованиями обьято участок реки длиной 20,5 км ниже Люблина /рис.1/. На этом участке в 1956 г. находились 4 водяные мельницы, уменьшавшие в значительной степени продольный уклон русла реки. Разрушение подпорных построек, связанных с мельницами, вызвало увеличение уклона зеркала воды от 0,19 до 0,55‰,

что вызвало усиленную боковую эрозию русла Быстрицы. Проведенная в 1982 г. инвентаризация показала повреждение берегов на участке 3260 м. Отмечено, что наименьшие повреждения появляются на участках с уклоном зеркала в пределах 0,60-0,80‰ и трассе, приближенной к прямолинейной. Зато сильно разрушаются берега на участках с небольшими наклонами, на которых река меандрирует. В районе разрушенных подпорных построек обнаружено значительные деформации дна: заиление ниже этих построек /максимум 1,9 м/ и размыв выше них /максимум 1,6 м/. Донную эрозию в районе 2 мельниц представлено на рис. 2. Существенное влияние на состояние русла Быстрицы ниже Люблина оказывают урбанизационные процессы, влияющие на величину протоков в реке и на транспорт наносов. Эти процессы отчетливо воздействуют на пропускную способность русла и его размеры /рис. 3/.