

## Droga i jej odwodnienie jako trwale uszkodzenie doliny i łóżyska ciek

### 1. Degradacja rzek a budowa i eksploatacja dróg

Systemy rzeczne zostały zmienione poprzez przegradzanie stopniami i zaporami, poprzez skanalizowanie (umocnienie brzegów i pogłębienie koryta) i zabudowę terenu zlewni. Skutkiem tego zanikły pewne gatunki flory i fauny, pojawiły się inwazyjne gatunki wcześniej nie spotykane, funkcjonalne charakterystyki cieków zostały naruszone, a jakość krajobrazu uległa degradacji wraz ze zmniejszeniem się powierzchni naturalnych terenów podmokłych i leśnych (Petts i in. 1996). Jeśli miarą degradacji może być utrata korzyści korzystania z rzeki, to tablica 1 obrazuje co najmniej ośmiokrotny spadek połowów ryb w obwodzie nr 3 rzeki Raby w ciągu ostatnich 40 lat. Taką miarą może być także parametr jakości środowiska, np. temperatura wody rzeki górskiej, stopień zamulenia przestrzeni międzywirowych, mętność wody itp. Można także oceniać jakość środowiska poprzez liczbę występujących gatunków lub występowanie gatunków charakterystycznych czy wskaźnikowych. Pod tym względem okazuje się, że na przykład w Rabie okresowo lub całkowicie zanikają takie gatunki jak głowacz, pstrąg, lipień i brzana, od których pochodzą nazwy rybackich krain rzecznych, ciągle jeszcze powszechnie stosowane w literaturze.

**Tablica 1.** Połowy komercyjne (bez wędkarskich) ryb karpiowatych w latach 1961-1968 (Kołder i in. 1974) i całkowite połowy ryb karpiowatych w latach 2000-2003 (dane własne) w g/m<sup>2</sup> powierzchni wody w Rabie powyżej i poniżej Stróży.

1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	.....	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
20,7	3,8	19,1	5,7	7,5	5,6	6,2	5,4	(brak danych)	0,05	0,3	1,2	4,6	2,5	2,7	1,3
Średnio 14,5			Średnio 6,1 (61 kg/ha)					Średnio 1,8 (18 kg/ha)							

**Tablica 2.** Ilość gatunków ryb zanotowana w połowach kontrolnych w rzece Rabie

Autor publikacji:	Kołder i in.	Starmach i in.	Żurek i in.	Mikołajczyk i in.	Jeleński
Rok wydania:	1974	1988	Niepubl.	2002	Raport 03
Połowy w latach:	1966/71	1986	1994	2000	2003
Liczba występujących gatunków:	20	11	9	12	17

Samodzielne odtwarzanie się środowiska po ingerencji człowieka jest możliwe, chociaż często powstrzymywane bywa dalszymi ingerencjami dokonywanymi w celu obrony budowli raz wzniesionych przez człowieka. W przypadku rozległych zmian koryta rzeki lub potoku może trwać do kilkudziesięciu lat (Jeleński 2002), lub nawet nie być możliwym bez zewnętrznego wspomaganie, nazywanego rehabilitacją czy rewitalizacją (Petts i in. 1996). W każdym przypadku, odtwarzanie się środowiska wodnego wymaga nie utrudnionej komunikacji dla gatunków roślin i zwierząt wzdłuż, w poprzek i w głąb ciek, o każdej porze roku (zasada czterowymiarowej swobody ciek i organizmów z nim związanych).

Powszechnie uważa się, że najbardziej niszczące dla rzek i potoków są w kolejności (Petts i in. 1996):

- całkowite wycinanie lasów na dużych obszarach dorzecza (zwiększone obciążenie zawieszoną mineralną pochodzącą z nie umocnionych dróg leśnych, wzrost temperatury wody poprzez brak ocienienia lustra wody i zmniejszoną retencję)
- budowa dróg (zawężająca przekrój doliny dostępny dla rzeki, przecinająca komunikację wzdłuż cieków, dostarczająca zanieczyszczeń w trakcie budowy i eksploatacji, szczególnie z dużych odsłoniętych powierzchni robót ziemnych i szczelnych nawierzchni jezdni i placów)
- zabudowa hydrologiczna (uniemożliwiająca komunikację wzdłuż cieków, zmieniająca warunki przepływu wód i odkładania się osadów, niszcząca fizycznie środowisko rzeki, powodująca stałą, postępującą degradację cieków w przypadku ich kanalizacji)

Wszystkie wymienione przyczyny są bezpośrednio lub pośrednio związane z budową i eksploatacją dróg, w tym rolniczych i leśnych, a także placów i ulic w osiedlach z natury rzeczy położonych w sąsiedztwie lub na szlaku dróg. Nic więc dziwnego, że podstawą ochrony niektórych dolin rzecznych w USA jest wykupywanie wartościowych terenów nad rzekami i uniemożliwianie budowy dróg wewnątrz interesującego działu wodnego (patrz [www.tu.org](http://www.tu.org)). Na mniejszą skalę dostęp do rzek może być skutecznie ograniczony poprzez limitowany dojazd do ograniczonej ilości płatnych parkingów zlokalizowanych obok rzek, podczas gdy trasy komunikacyjne i osiedla odsunięte są od cieków na znaczną odległość. Taki radykalny sposób unikania konfliktów na styku rzeki i urbanizacji jest możliwy w USA na terenach słabo zaludnionych. W Europie tylko wyjątkowo można byłoby znaleźć miejsce dostatecznie wyludnione, by rozwiązanie to mogło być fragmentarycznie zastosowane.

## **2. Przebieg drogi względem cieków i doliny – ekotony i koncepcja korytarza rzeki**

Swobodne trasowanie dróg w zasadzie nie jest aktualnie możliwe. Tereny wzdłuż rzek i ich dopływów są silnie zaludnione i zabudowane, szczególnie w południowej Polsce. Najczęściej wcześniejsze trasowanie istniejących dróg doprowadziło już do zawężenia doliny cieków, często wkraczając w jego łożysko, wymuszając prostowanie istniejących zakoli czy meandrów. W dnach wąskich, przełomowych dolin, gdzie nie ma nawet miejsca na rzekę, pomieszczono oprócz tego drogę oddzieloną od wody tylko murem oporowym (Dunajec na odcinku Krościenko – Łącko), lub nawet drogę i trasę kolejową (Poprad na odcinku Muszyna – Piwniczna). Trudno znaleźć dolinę dopływu Raby bez drogi w jego bezpośrednim sąsiedztwie i bez śladów prostowania, a więc skracania cieków, a tym samym zwiększania jego spadku. Nic więc dziwnego, że spowodowało to wzmogłą erozję, wcinanie się dopływów w dno dolin, a w konsekwencji konieczność budowy stopni i zapór, zmniejszających spadek dopływów i dopływ rumowiska do rzeki (ryc. 1). W miejscach gdzie było to możliwe, doliną przebiegają dwie jezdnie po obydwu stronach rzeki (w formie obwałowania koryta o umocnionych brzegach). Czasem względy ruchowe zmuszają do poszerzenia tych jezdni dla przeniesienia ruchu krajowego lub regionalnego, a wtedy trzeba wcisnąć w dolinę następną dwie jezdnie, tym razem już częściowo w samym korycie rzeki i w całości po terenach zalewowych (Raba na odcinku Lubień – Myślenice).

Zawężenie dna doliny poprzez zajęcie terasy zalewowej to przyczyna zwiększenia prędkości wezbranej wody w korycie cieków, utrata równowagi osadów żwirowych i bezpośrednia przyczyna wcinania się koryt potoków (ryc. 2). Równowaga może być odzyskana przez meandrowanie potoku, ale wtedy sąsiedztwo drogi wymusza ochronę budowli poprzez umocnienia brzegowe. Te umocnienia stabilizują prosty przebieg koryta i dalszą nadmierną erozję dna, wymuszając z kolei zabudowę zmniejszającą spadek potoku, najczęściej jako zabudowę progową, w której zmniejszony spadek cieków kompensowany jest

sztucznymi wodospadami rozpraszającymi energię wezbranej wody ( na przykład Wisła na odcinku Wisła – Skoczów). Proces dobudowywania progów do potoków i rzek kojarzy się z budową innych zapór, mostów i przepustów. Przyspieszenie tempa wymuszonej zabudowy jest ogromne: w okresie od ostatniego zlodowacenia (około 12 tysięcy lat temu) na potoku Trzebuńka wybudowano zapórę elektrowni wodnej w Stróży dopiero w latach dwudziestych zeszłego wieku, następnie próg wodowskazu w latach osiemdziesiątych, próg podtrzymujący most drogowy na „zakopiance” w 2003 a już w 2004 planowana jest budowa następnego prog podtrzymującego most drogowy w Trzebuni. To ostatnie zamierzenie jest konsekwencją skrócenia (wyprostowania) potoku o kilkadziesiąt metrów podczas budowy drogi biegnącej wzdłuż potoku w latach siedemdziesiątych, a więc jest inwestycją wodną wymuszoną przez drogowców.

Jeśli grzbietowe trasowanie dróg (z dala od cieków) nie jest możliwe czy uzasadnione, to powinno się dążyć do zapewnienia pewnej osłony dla doliny i cieku. Wskazówki w tym względzie znaleźć można w opracowaniu MOŚZNiL (Żbikowski 1993) i opracowaniu DVWK, 1984, w szczególności dotyczące niezbędnej szerokości tak zwanych ekotonów, czyli pasów nie nawożonej, naturalnej roślinności wzdłuż cieków, składającej się z łąk, zagajników, terenów podmokłych, ale także terenów sportowych, spacerowych czy łagodnie nachylonych skarp (co najmniej 1:2), przyczyniających się do redukcji dopływu zanieczyszczeń ze zlewni, w tym substancji biogenych i zawiesin w 80 do 90 % (ryc. 3). Ekotony mają też znaczenie dla zwierząt lądowych, ptaków i ryb, a poprzez to przyczyniają się do wzrostu wartości rekreacyjnej okolicznych terenów (Petts i in. 1996).

**Tablica 3.** Rekomendowane szerokości ekotonów dla spełnienia odpowiednich funkcji wzdłuż brzegów potoków i rzek (według Petts i in. 1996)

Funkcja:	Autor:	Opis:	Zalecana szerokość:
Ochrona przyrody	Brown i in. 1990	Zapewnienie żeru, wody, schronienia	99-169
	Rabeni 1991	Ryby, płazy, ptaki	7-60
	Newbold i in. 1980	Fauna bezkręgowca	>30
	Brinson i in. 1981	Ssaki, gady, płazy	200
	Staufer i Best 1980	Ptaki na lęgach	11-200
	Budd i in 1987	Zapewnienie dopływu mat. org.	15
	Cross 1985	Małe ssaki	9-20
Ochrona ryb	Williamson i in 1990		>10
	Karr i Schlosser 1977		20
Stabilność brzegu	Erman i in. 1977	Dopływy niskiej rzędowości (małe, śródpolne, śródleśne i wioskowe)	30
	Rabeni 1991		<5
Ochrona jakości wody	Ahola 1989, 1990	Ogólna poprawa	50
	Hoek 1987	Jw.	150
	Rabeni 1991	Jw.	różne
	Pinay i Decamps 1988	Jw.	wąskie, 1-2
	Keskitalo 1990	Jw.	30
	Petrjohn i Correl 1984	Ograniczenie azotanów	20-30
	Correl i Weller 1989	Jw.	30
	Rhodes i in. 1985	Jw.	1-2
	Petrjohn i Correl 1984	Ograniczenie fosforu	?
Budd i in.	Jw.	?	
Ochrona wody przed zawiesiną	Rabeni 1991	Norma stanowa USA	23-183,5
	Brown i in.	Jw.	21
	Petrjohn i Correl 1984	Ograniczenie dopływu organicznego	19
	Erman i in. 1977	Ograniczenie mętności wody w cieku	30
	Budd i in. 1987		15

Koncepcja „korytarza rzeki” narodziła się w Niemczech i znalazła szerokie zastosowanie w całej Europie. Opiera się ona na analizie naturalnych cieków, szkód powodowanych „inżynierską regulacją” i możliwością ich uniknięcia w procesie zapewnienia „korytarza”, w którym możliwe są rozwiązania „zbliżone do natury” (DVWK 1984,

Żbikowski, Żelazo 1993, Petts i in. 1996). Te rozwiązania, to oprócz zamaskowanych w celach estetycznych „twardych” budowli regulacyjnych, takie rozwiązania jak (między innymi):

- rampy z narzutów kamiennych (zamiast betonowych stopni)
- zmienna głębokość i szerokość regulacyjnego przekroju,
- łamany spadek profilu podłużnego, w tym także spadki odwrotne dna cieków,
- wyspy, zatoki, starorzecza, odstojniki wleczonego piasku,
- brak umocnienia brzegów kosztem przewidywania zasięgu erozji bocznej do momentu równowagi lub przecięcia tworzącego się meandru,
- obwałowania zabudowań odległe od cieków oraz zapewnienie nie inwestowania w pozostałej części terenów zalewowych, nawet nie obwałowanych,
- półki brzegowe, tereny podmokłe i starorzecza jako odtworzenie teras zalewowych,
- suche kanały ulgi obok naturalnego potoku zamiast regulacji cieków.

Całość rozwiązań pomieszczona jest w „korytarzu” z dbałością o kompleksowe jego zagospodarowanie, łącznie z dobraniem i uzupełnieniem uziarnieniem materiału dna bystrzy rzeki lub potoku, z odpowiednim składem roślinności podwodnej, nadbrzeżnej i pasm zagajników, z odpowiednim zagospodarowaniem wolnej przestrzeni pomiędzy korytem niskiej wody a strefą zabudowaną poza korytarzem. Szerokość takiego korytarza wynika z kompromisu pomiędzy istniejącym zagospodarowaniem i potrzebami rzeki, wobec możliwości i potrzeb wyrażonych w procesie decyzyjnym i projektowym. Koncepcja ta stosowna jest zarówno do pasm o szerokości ograniczonej do zaledwie koryta rzeki poszerzonego o niezbędne ekotony, jak i do rzeki w stanie nienaruszonym, o niezabudowanej terasie zalewowej i może zmieniać się wzdłuż jej biegu: rzeki silnie odmienione w rejonach zurbanizowanych mogą być, lub stać się prawie naturalne poza zabudową. Kompleksowość podejścia nie idzie bowiem w parze z unifikacją rozwiązań projektowych.

Za minimalną szerokość korytarza ekologicznego (Kaczmarek 1999) pomiędzy obszarami węzłowymi Europejskiej Sieci Ekologicznej EECONET uznaje się 500 m, chociaż przyznaje się, że mimo lokalnych zawężeń korytarz może ciągle spełniać swoją rolę (przydatności do migracji organizmów dla przenoszenia genów).

### **3. Światła mostów i przepustów – koncepcja skrzyżowania osi komunikacyjnych**

Przepusty drogowe na istniejących ciekach prawie bez wyjątku nie odpowiadają koncepcji łączności środowiska wodnego (ryc. 4) stanowią przeszkodę nie do przebycia dla ryb, narybku i bezkręgowców wodnych. Co więcej, stanowią najczęściej przeszkodę nie do przebycia dla większych osobników zwierzyny leśnej, odbywających swe wędrówki dolinami cieków. Dla ułatwienia komunikacji wodnych zwierząt wzdłuż cieków konstrukcja dna przepustu powinna być wykonana z nieregularnych kamieni lub blachy falistej (ryc. 5), a dojście (odpływ i dopływ) przepustu powinien odpowiadać wymaganiom takim, jak przepławki dla ryb (DVWK/FAO 2002). Dla zwierzyny leśnej zawsze lepszy będzie odpowiednio szeroki most ponad doliną w miejscu przepustu na cieku. Jeśli jednak ma to być przepust, to powinien zawierać osobno zaprojektowane koryto niskiej wody dla organizmów wodnych i osobną półkę dla komunikacji „pieszej” oraz dla pomieszczenia wezbrań wód. Przepusty cieków okresowych nie wymagają takiego podejścia do projektowania, chyba że znajdują się na trasie przejść zwierzyny leśnej lub płazów.

Jeszcze bardziej „oszczędnie” kształtowane są drogowe przekroczenia mostowe ponad rzekami i potokami. W zasadzie wystarczy, że zapewniają światło dla przepuszczenia wielkich wód, nie spiętrzając ich przy tym zbyt, aby formalnie mogły być zrealizowane. Zwężenie doliny mostem o niedostatecznej rozpiętości, czasem drastyczne, jest przyczyną erozji dna cieków poniżej mostu, wywołującej konieczność lokalnej regulacji cieków, ta z kolei

pogłębia efekt kanalizacji potoku i raz uruchomiony proces ingerencji w naturę sam się napędza (ryc. 6). Efektu takiego by nie było, gdyby mosty budowano ponad dolinami, czyli przynajmniej ponad większością terenów zalewowych. Dolina wraz z rzeką zachowałaby swój charakter naturalnego szlaku komunikacyjnego dla zwierząt wodnych i lądowych, oraz szlaku wodnego i lądowego dla rekreacji. Jeśli jednak, szczególnie w licznych przypadkach konieczności budowy mostów w ciągu dróg lokalnych, nie można sobie pozwolić na śmiałe rozwiązania techniczne dla ograniczenia kosztów, to przynajmniej należałoby rozpiętość mostów dopasować do przekraczania łóżysk cieków poszerzonych o niezbędne szerokości ekotonów. W każdym razie warto pamiętać, że to właśnie budowle mostowe są najczęstszymi trwałymi wąskimi gardłami korytarzy cieków, zarówno pod względem hydraulicznym jak i ekologicznym.

#### **4. Projektowanie regulacji rzek i potoków – ocena inżynierskich dokonań w świetle założonych celów**

Środowisko drogowe sądzi, wraz z innymi grupami inżynierskimi odpowiedzialnymi za gospodarowanie przestrzenne, że przecież konieczna budowa drogi wzdłuż czy w poprzek rzeki i niekorzystny wpływ tego zamierzenia może być zrekompensowana odpowiednią regulacją cieku, za którą jest odpowiedzialne środowisko inżynierów wodnych. Nic bardziej błędnego: rzeki wymagają podejścia i administracji wyrażającej zasady geomorfologii fluwialnej i ekologii wodnej, a powierzenie rzek inżynierom z RZGW nieodmiennie kończy się zamianą łóżyska cieku w koryto, najchętniej poprzegradzane sztywnymi, betonowymi budowlami (ryc. 7). Rzeka, która w swej naturze żyje poprzez wzajemne oddziaływanie łóżyska cieku, zarośniętych stref nadbrzeżnych i zalesionych teras zalewowych, staje się korytem, którego „remonty” pochłaniają miliony pożyczone z Europejskiego Banku Inwestycyjnego na koszt naszych wnuków, a w wyniku dają nekrosfery koryt powodziowych. Kto nie wierzy, niech zapyta, kiedy ostatnio RZGW posadziło drzewo nad rzeką? I czy odmówiło kiedyś żądaniom sołtysa zabezpieczenia przed powodzią koślawej stodoły?

Kompleksowej krytyki działań inżynierskich w rzekach o zwirowym dnie dokonał Wyżga, 2001, który wykazał, że stosowane są niewłaściwe obliczenia, złe prognozy, zamiast unikania powodzi potęguje się jej kulminację i zasięg w dolnych biegach rzek, a poprzez błędy inżynierskie rzeki erodują, zwiększając transport materiału dna. Sama regulacja powoduje konieczność dalszej regulacji. Czyli cele przeciwpowodziowe regulacji nie są osiągnięte, mimo że w zasadzie woda w górskich odcinkach cieków nie występuje z brzegów, choć dolina i łóżysko rzeki sukcesywnie są niszczone.

Zbyt mało podkreślono w wyżej cytowanym artykule brak otwarcia środowiska inżynierów wodnych na najnowsze osiągnięcia aparatu matematycznego dotyczącego równowagi istniejących cieków, od najmniejszego strumyka do rzek wielkości Missisipi, do spadku około 5% (tabl. 4), bez konieczności ich zamiany na sztuczne, trapezowe koryta (Thorne i in. 1997). W swojej praktyce opiniowania projektów regulacji nie spotkałem się jeszcze nigdy z profilem uwzględniającym charakter rzeki górskiej składającej się z bystrzy i głęboczek, ze zróżnicowanym materiałem ziarnistym dna, ze zróżnicowaną szerokością stref głębokich i płytkich. Ale za to bardzo często regulacja dotyczy obydwu brzegów rzeki, co powoduje jej skanalizowanie z wszelkimi negatywnymi tego skutkami. Wycinki dla przeprowadzenia tras regulacyjnych nie są kompensowane nasadzeniami. Kaczmarek 1999 podaje, że dla realizacji drogi Myślenice Lubień wyciąć należy około 5 ha lasów łęgowych, które trudno uznać za zrekompensowane nasadzeniami wiklinowymi na około 9 ha, gdyż plantacje wikliny nie są w stanie zastąpić lasów.

**Tablica 4.** Charakterystyki naturalnych łóżysk rzecznych i charakterystyczne wartości oporów przepływu (Bathurst 1993, za Thorne i in. 1997)

Typ łóżyska	Przybliżony zakres:			
	Spadek (%)	Materiał dna D <sub>50</sub> (mm)	Darcy-Weisbach <i>f</i>	Manning <i>n</i>
Piaszyste	< 0,1	< 2	0,01 – 0,25	0,01 – 0,04
Żwirowo-kamienne	0,05 – 0,5	10 – 100	0,01 – 1	0,02 – 0,07
Głazy-otoczaki	0,5 – 5	> 100	0,05 – 5	0,03 – 0,2
Strome rynny /głęboczki	> 5	zróżnicowane	0,1 – 100	0,1 – 5

## 5. Wykonawstwo robót w okolicy cieków – możliwości minimalizacji negatywnych wpływów.

Już od dawna było wiadome, że intensywna regulacja rzek górskich przyczynia się do zwiększenia letniej temperatury wody w rzece w roku przeprowadzania tejże regulacji (Jeleński 1984). Jest to łączny efekt wypływania koryta, mętnej wody oraz wycinania drzew i krzewów. Ten wzrost nie był zjawiskiem trwałym, a przynajmniej nie korelował się z upływem czasu, lecz raczej z nakładami w danym roku na regulacje wód zlewni. Dane z lat 1973 do 1981 potwierdziły się podczas prac regulacyjnych na Rabie związanych z przebudową „zakopianki”, a największe powierzchniowo roboty zaskutkowały rekordową temperaturą w rzece w 2003 roku. Wtedy też okazało się, że maksymalne temperatury wody rzeki w lecie dawno przekroczyły poziom uznawany za śmiertelny dla ryb łososiowatych (rekord z rzeki Raby: 2003-07-27, 16.30, 28,8°C, wobec temperatury uznawanej za śmiertelną dla pstrągów 26°C, i lipieni 24°C). Ponownie okazało się, że maksymalne natężenia robót wiążą się z niekorzystnymi zjawiskami dotyczącymi środowiska i populacji dzikich zwierząt w roku występowania, ale tym razem dało się określić, że cofnęły program odtwarzania autochtonicznych populacji ryb zaledwie (a może aż?) o pięć lat. Jako zjawisko nietrwałe, daje się stosunkowo łatwo zrekomensować w procesie odszkodowawczym.

**Tablica 5.** Zinwentaryzowana ilość dzikich par tarlaków lipieni i gniazd pstrągów potokowych oraz deklarowane połowy wędkarskie lipieni i pstrągów potokowych w porównaniu ze zjawiskiem przekraczania granicznej temperatury 26°C przez wodę w rzece Rabie i długością odcinka regulowanego rzeki w obwodzie rybackim

Rok:	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ilość par tarlaków lipieni:	0	0	0	10	0	0
Roczny połów lipieni:	3	5	10	78	39	3
Ilość gniazd pstrągów potokowych:	0	0	12	112	57	37
Roczny połów pstrągów potokowych:	172	225	166	406	407	114
Ilość dni o temperaturze wody powyżej 26 °C,	?	?	4 max 27,8 °C	0 max 23,8 °C	4 max 26,9 °C	8 max 28,8 °C
Przybliżona długość odcinka regulowanego w m:	-	-	-	500	2500	6000*

\*- i około 4000 m długości robót powyżej, w Mszanie i w Lubniu.

Roboty wewnątrz łóżyska cieków powinny być unikane za wszelką cenę. Według badań własnych, dostarczają zawiesiny mineralnej do wód rzeki i potoku w zastraszających

ilościach 600 do 800 mg/l około 50 m poniżej pracującego sprzętu i około 150 mg/l 150m poniżej pracującego sprzętu (koparki, spycharki). W strefie poniżej prac magazynują się namuły, które przy najmniejszym przyborze wody uruchamiają się i zamulają dalsze odcinki rzeki. W okresach niskich stanów wód obserwowano na Rabie zamulenie dna na odcinkach do 25 km długości, które potrafiły się uaktywniać od zwykłego nadeptnięcia przechodzącego przez wodę wędkarza. Podniesienie się wskazań wodowskazu w Stróży o 10 cm, ciągle przy stanach niskich, spowodowało siedmiodniową mętnicę w dwa miesiące po ustaniu robót w Mszanie i niemożność pobrania wody do wodociągów miejskich w Myślenicach. Jeśli ograniczone ilości niezbędnych robót powodujących zmaczenie wody muszą być wykonane, to należy je prowadzić tak, by czas ich prowadzenia był przeciętnie nie dłuższy niż 4 godziny na dobę (wtedy średnia dobowa ilości zawiesiny będzie w granicach około 25 mg/l). Najlepszym rozwiązaniem jest wyznaczenie (wyspecyfikowanie) dopuszczalnego mącenia wody od poniedziałku do czwartku, od godziny 7 do 15, co pozwala zapewnić stosunkowo długie odcinki czasu na rekonwalescencję cieku w okresach jego rekreacyjnego wykorzystania, bez względu na ilość inwestorów i wykonawców.

Dalszy efekt robót ziemnych w korycie, a nawet zwykłego przejazdu maszynami budowlanymi, to zniszczenie specyficznego układu ziaren żwirowych, tak zwanego obrukowania (opancerzenia) dna, polegającego na układaniu się z czasem grubszych ziaren na powierzchni dna płynącego cieku. Czasem powstają układy działające jak znacznie większe otoczaki, gdyż układają się wspólnie wokół dużego głazu. Obrukowanie i mikrostruktury żwirowe charakteryzują się około trzykrotnie wyższym współczynnikiem szorstkości i w podobnych proporcjach są bardziej odporne na naprężenia ścinające pochodzące od przepływającej wody. Powodują mniejszą prędkość wezbranych wód i jednocześnie są bardziej odporne na rozmywanie. Ich usunięcie lub przełamanie i naruszenie oznacza erozję dna odcinka będącego w rejonie prac nawet przy przepływach znacznie mniejszych od pełnokorytowych. To właśnie naruszenie tych struktur powoduje, że już pod koniec prac dno regulowanego odcinka nieodmiennie znajduje się poniżej założonych w projekcie rzędnych, co powoduje zwiększenie przekroju koryta. A zwiększenie przepływów pełnokorytowych to podstawowa przyczyna dalszego wcinania się koryta rzeki do momentu, kiedy erozja mniejszych ziaren pospółki nie pozostawi opancerzenia umożliwiającego przeciwstawienie się zwiększonej teraz prędkości wody. Może się też okazać, że istniejące osady pospółki po prostu nie zawierają odpowiednio dużych frakcji i równowaga stanie się niemożliwa aż do momentu wybudowania budowli poprzecznych, zmniejszających spadek, lub doziarnienia materiałem importowanym.

Szczególnym przypadkiem łącznego mącenia wody i niszczenia opancerzenia i mikrostruktur żwirowych jest wykonywanie grodzy ziemnych z materiału znajdującego się w dnie doliny dla skierowania wody poza obręb robót na umacnianym brzegu cieku, a także przepychanie mas ziemnych w poprzek łożyska cieku z jednego brzegu na drugi. Dla uniknięcia powyższych uciążliwości wystarczy zaprojektować roboty ziemne wykonywane na każdym z brzegów osobno: całość ruchów mas ziemnych powinno się ograniczyć do strefy poza łożyskiem cieku i wzdłuż brzegów na terasie zalewowej. Tak też powinny one być zaprojektowane i przedmiarowane (ryc. 8). Dodatkowo, należy wszelkie duże głazy i kamienie dostępne w czasie wykonywania robót drogowych, wraz z karpami i wierzchołkami drzew wrzucić do koryta cieku dla jego opancerzenia i urozmaicenia. Natomiast wszelka zawiesina z powierzchni robót ziemnych wykonywanych na brzegu powinna być utrzymywana z daleka od rzeki: prymitywne osadniki – opóźniacze dla wód opadowych zlokalizowane w strefie zalewowej skutecznie redukują ilości zawiesiny i śmieci dopływające do rzeki i jej dopływów. Te tymczasowe budowle ziemne spełniają nieraz swoją rolę także później, podczas eksploatacji dróg, przechwytyując bogatą w śmiecie i namuły wodę z rowów przydrożnych przekształcając je w tereny podmokłe (ryc. 10).

Jak najszybsze obsianie odsłoniętych powierzchni gruntu, zakrzaczenie, zadrzewienie i zalesienie powinno być zasadą wszelkich prac w okolicy cieków. Do prac powinno się stosować miejscowy materiał siewny gatunków odpowiednich dla stref: ziemno-wodnej, zalewowej, terenów podmokłych, lasów łęgowych, dębowych i innych charakterystycznych dla danej okolicy.

## **6. Odływ wód opadowych z powierzchni komunikacyjnych**

Dla kompletności opracowania wypada dodać, że powierzchnie ulic i placów, jak zresztą inne nieprzepuszczalne powierzchnie np. dachów, generują podczas opadów stosunkowo częste i gwałtowne kulminacje odpływów, które nieodmiennie dopływają do naturalnych cieków, zamiast być zatrzymane i zmagazynowane jak dawniej przez roślinność i przepuszczalne podłoże. Całkowita ilość utwardzonych powierzchni jest trwałym i dobrze rozpoznany uszkodzeniem doliny i drogowcy powinni unikać stosowania szczelnych nawierzchni, gdzie tylko jest to możliwe, oraz stosować ekotony, osadniki i doły chłonne dla wód opadowych w miejsce szybkiego odprowadzania ich do naturalnych cieków.

Szczególnie odpływ wód opadowych z parkingów najczęściej nie podlega jakimkolwiek oczyszczeniu: każdy pet, trociny z tartaku i psie odchody dopływają do potoku i rzeki, którym regulacja odebrała zdolność samooczyszczania się i znajdujące bywają w żołądkach pstrągów, omyłkowo pożarte z braku innego naturalnego pokarmu. Warto też zauważyć, że to właśnie rowy odprowadzające wody opadowe z rowów drogowych i przepustów są najczęstszym miejscem wyrzucania śmieci bytowych. Rozumiejąc potrzebę odpowiednio skutecznego rozwiązania tego problemu w przyszłości, trudno nie apelować o szybkie rozwiązania tymczasowe, które można byłoby zapewnić poprzez urządzenie w nadrzecznych terenach zalewowych osadników w postaci terenów podmokłych z roślinnością bagienną. Każde zróżnicowanie środowiska rzeki poprawia zdolność jej samooczyszczania się, toteż nawet „ograniczone dostarczenie elementów habitatowych do koryta” jest działaniem pozytywnym (ryc. 11).

## **7. Wnioski**

7.1. Trasowanie dróg i ich poszerzenia powinny omijać cieki na odległość około 250m. Tam, gdzie to ze względów oczywistych nie jest możliwe, drogi powinny być prowadzone jak najdalej, najlepiej poza terenami zalewowymi, a w każdym razie na odległość zapewniającą odpowiednią biologiczną osłonę cieku.

7.2. Przekraczanie cieków to także przekraczanie dolin i szlaków komunikacyjnych z nimi związanych. Tam, gdzie istnieje stały cieki, przepust powinien zapewniać możliwość przepłynięcia dla organizmów wodnych, czasem przejścia zwierząt lądowych, a światło mostu zapewniać powinno ciągłość terenów nadbrzeżnych i zalewowych wzdłuż nie zawężonego łóżyska cieku.

7.3. Obietnice inżynierów wodnych dotyczące regulacji cieków w celach przeciwpowodziowych dawane są na wyrost, a intensywna zabudowa cieków stanowi niemałą proporcję strat powodziowych, które muszą pokryć podatnicy. Dobrze jest zasięgnąć rady geomorfologów fluwialnych i ekologów, czy małymi środkami finansowymi („miękkim” utrzymaniem przeciw erozyjnym) nie da się osiągnąć większych zalet przeciwpowodziowych i w miarę nienaruszonego stanu dynamicznej równowagi cieku, bez konieczności budowy sztucznych i sztucznie obudowanych koryt.

7.4. Podczas prac wykonawczych najbardziej uciążliwym dla środowiska jest niszczenie struktur żwirowych dna cieków i wprowadzanie zawiesiny do wód płynących. Należy zaprzestać robót w łóżyskach cieków, a niezbędne prace powodujące zmącenie wód płynących ograniczyć do okresów od poniedziałku do czwartku i od godziny 7 do 15. W ten sposób średniotygodniowe zanieczyszczenie wód nie przekroczy ilości 25 mg/l zawiesiny całkowitej.

7.5. Dla ograniczenia dopływu zawiesiny z trwających prac ziemnych i zanieczyszczeń z dużych powierzchni utwardzonych należy stosować odstożniki, lub prowizoryczne osadniki – opóźniacze, oraz jak najszybsze obsiewanie zakończonych powierzchni robót ziemnych.

## LITERATURA:

DVWK 204/1984: Oekologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern (oryginał przekazany do RZGW)

DVWK 232/1996 – FAO 2002: Fish passes: design, dimensions and monitoring, Rome, 2002 (do zakupienia od: Gerd Marmula, Fishery Resource Officer FAO, <http://www.fao.org/fi/default.asp>)

Józef Jeleński: Angling Conditions in Hydrotechnically Developed Mountainous Rivers and Streams. Proceedings of the Polish – Yugoslav Symposium „Research on Hydraulic Engineering”, Gdańsk, 1984

Józef Jeleński: Jaka Raba? AURA, 11, 2002

Krzysztof M. Kaczmarek z zespołem: Aneks do ocen oddziaływania na środowisko przebudowy drogi Myślenice – Lubień, Kraków, 1999 (niepublikowane)

Władysław Kołder, Stanisław Skóra, Jan Marian Włodek: Ichtyofauna rzeki Raby i jej dopływów. Acta Hydrobiologica 16, 1, Kraków 1974

Geoffrey Petts, Peter Calow: River Restoration, Blackwell Science, Osney Mead, Oxford OX2 0EL, Great Britain 1996 (egzemplarz przekazano do Politechniki Krakowskiej)

Colin R. Thorne, Richard D. Hey, Malcolm D. Newson: Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. 1997

Bartłomiej Wyżga: Regulacja koryt karpackich dopływów Wisły – ocena działań inżynierskich w świetle wiedzy geomorfologicznej i sedymentologicznej. Czasopismo Geograficzne, LXXII, 2001,1

Andrzej Żbikowski, Jan Żelazo: Ochrona środowiska w budownictwie wodnym. Materiały informacyjne MOŚNiL. Agencja wydawnicza „Falstaff”, Warszawa, 1993

## **Droga i jej odwodnienie jako trwałe uszkodzenie doliny i łóżyska ciekłu**

### **STRESZCZENIE**

Omówiono aktualny stopień degradacji rzek oraz dane z literatury, które wskazują, że znaczący udział w powodowaniu degradacji rzek ma budowa i eksploatacja dróg. Jeśli nie jest możliwe swobodne trasowanie dróg dla ich odseparowania od dolin rzecznych, to należy odsunąć trasy dróg poza tereny zalewowe, a co najmniej stosować właściwe osłony biologiczne. Przekraczanie ciekłu nie powinno stanowić wąskiego gardła dla środowiskowej komunikacji w poprzek drogi.

Zabiegi regulacyjne wobec rzek są nieskuteczne, stosuje się nieadekwatne metody, stosowne do „sztywnej” zabudowy martwych koryt. Warto odwoływać się raczej do geomorfologii fluwialnej, która posiada aparat matematyczny pozwalający obliczyć naturalne koryta rzek w dynamicznej równowadze i zalecić „miękkie” rozwiązania w zabezpieczonej lokalizacji korytarza naturalnie meandrującej rzeki.

Wykonawstwo powinno unikać niszczenia naturalnych łóżysk ciekłów sprzętem mechanicznym i ograniczać dopływ zawiesiny mineralnej. Prace ziemne nie powinny być przedmiarowane jako przemieszczane w poprzek koryt ciekłów, a zakończone powierzchnie powinny być jak najszybciej obsiane i obsadzone.

## **The Road and its Drainage as a Permanent Damage of the Valley and the River Bed and Margins**

### **SUMMARY**

The present degree of river degradation has been presented as well as the literature data which shows, that comprehensive portion of causes of river degradation effects from road construction and maintenance. If it is impossible to free trace in objective to separate the road from the river valley, it is advisable to move the road from the high water range, or at least to maintain the properly vegetated margins between the road and the river. River crossing shall not be a bottleneck to environmental communication across the road.

Traditional engineering practices with rivers are ineffective, because of inadequate methods, appropriate to “fixed” structures of lifeless channels. It is worth to seek advice in fluvial geomorphology, which possesses methodology to calculate parameters of natural river beds in dynamic equilibrium, and to suggest “soft” solutions in maintained location of the corridor of naturally meandering river.

Engineering works shall avoid destroying of natural river beds and reduce the inflow of sediments. Earthworks shall not be transported across the water courses, and the finished surfaces shall be seeded or planted as soon as possible.

## **Eine Strasse mit seine Entwässerung als eine Dauerschade von Talbereich und Flussbett**

### ZUSAMENFASSUNG

Heutige Fliessgewaesser Beschadigungen sind beschreiben mit Schriftumdataien, welche zeigen dass bedeutend Zahl von Fliessgewaesserbeschadigungursachen stammen von Strassenbau and Strassenunterhaltung. Wenn gibt es keine Moeglichkeit von freie Strassentrassieren, und Strasse getrennt von Flusstal zeichnen, kann man Strasse auser den Wasserwechselbereich schieben, oder wenigsten richtige biologische Abschirmungen anwenden. Flussueberquerung soll keine Enge fuer Umweltverkehr quer Strasse sein.

Traditionell Flussausbaumassnahmen wenige Erfolge zeigen, Methodologie ist wirkungslos, lieber fuer „Fest“ Ausbau von unlebendig Rinne angemessen. Es lohnt sich Fluss Geomorphologie anwenden, mit Mathematikmethoden welche Naturflussbettberechnungen erlauben im dynamisch Gleichgewicht, und „Weich“ Loesungen epfehlen im gesicherte Flusstauaue mit natuerlicher Gewaesserlauf.

Durchfuehrungsarbeiten sollen Naturflussbettzerstoeren mit Baugeraet ausweichen und Zufluss von Sediment beschraenken. Kein Erdbau soll Flusslauf queren, and Erdflache moeglichst schnell mit Bepflanzung und Begruenung gesichert sein.