

Józef Jeleński, Bartłomiej Wyżga

Możliwe techniczne i biologiczne interwencje w utrzymaniu rzek górskich



Kraków 2016

STOWARZYSZENIE Ab Ovo

Józef Jeleński, Bartłomiej Wyżga

Możliwe techniczne i biologiczne interwencje w utrzymaniu rzek górkich



Kraków 2016

Projekt okładki: Andrzej Kalemba

Fotografia na okładce: Łukasz Ślusarczyk

Fotografie w tekście: Józef Jeleński, Edward Stokłosa, Tomasz Borowiecki

© Józef Jeleński, Bartłomiej Wyźga, STOWARZYSZENIE Ab Ovo

Wydawca: STOWARZYSZENIE Ab Ovo
Ul. Chodkiewicza 14
31-532 Kraków

ISBN 978-83-945968-0-4

Nakład 200 egz.



MINISTERSTWO
ROZWOJU



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Konfederacja szwajcarska

Materiał przygotowany jako wytyczne opracowywane na potrzeby projektu KIK/37 TARLISKA GÓRNEJ RABY, ogłoszone po konsultacjach na stronie internetowej Projektu w październiku 2012, a następnie w wersji poprawionej w październiku 2013. Aktualna wersja uwzględnia doświadczenia wynikające z wdrożenia wytycznych poprzez prowadzenie działań w terenie i szkoleń w ramach Projektu oraz na zaproszenia instytucji zewnętrznych, a także doświadczenia wynikające ze stosowania wytycznych przez uczestników szkoleń. Dotychczasowy zasięg praktycznych zastosowań wytycznych obejmuje rzeki górskie i podgórskie w obszarze Podkarpacia, Małopolski, Śląska, Dolnego Śląska oraz rzeki Pomorza Zachodniego, w zasięgu działania RDOŚ w Rzeszowie, Krakowie, Katowicach, Wrocławiu i Szczecinie.

Wytyczne zawierają także między innymi obszerne fragmenty referatów konferencyjnych, prezentacji, artykułów w prasie technicznej i popularnej oraz przykłady wynikające z ich zastosowań. Źródła zawierające takie fragmenty podane są w spisie literatury i w przypisach.

Wytyczne zawierają ponadto obszerne cytaty z przepisów prawnych i wytycznych niższego rzędu, zgodne z tekstami dokumentów scalonych w dacie podanej w spisie dokumentów prawnych i w spisie literatury.

Autorzy skorzystali ze współpracy z wieloma ogólnopolskimi organizacjami pożytku publicznego, częściowo w ramach poziomych kontaktów pomiędzy beneficjentami sektora bioróżnorodności Funduszu Szwajcarskiego. Specjalne podziękowania należą się Towarzystwu Przyjaciół Rzek Iny i Gowienicy oraz WWF-Polska, dzięki którym zasięg wykozystania wytycznych rozszerzył się na zachodnią i północną część Polski.



Opracowano w ramach Projektu SPPW KIK/37 Tarliska Górnej Raby, realizowanego przy wsparciu Szwajcarii w ramach szwajcarskiego programu współpracy z nowymi krajami członkowskimi Unii Europejskiej, oraz ze środków Stowarzyszenia Ab Ovo.

SPIS TREŚCI

1.	Naturalne ciekі górskie.....	7
1.1	Potrzeba utrzymania i renaturyzacji rzek	8
1.2	Utrzymanie i regulacja wód.....	9
1.3	Gospodarowanie zasobami i składnikami przyrody.....	12
1.4	Zakres i cel stosowania wytycznych	14
1.5	Zarządzanie wodami w obszarach chronionych.....	16
1.6	Kryteria referencyjne jakości wód płynących	17
1.7	Racjonalne planowanie bieżącego utrzymania rzek górskich	19
2.	Parametry diagnozy hydrodynamicznego stanu rzeki.....	21
2.1	Spadek doliny, spadek rzeki, współczynnik krętości.....	21
2.2	Uziarnienie materiału dna rzeki.....	22
2.3	Parametry przekroju naturalnych koryt: szerokość, średnia i maksymalna głębokość	23
2.4	Parametry kształtu i profilu naturalnych koryt: płosa, bystrza, korona bystrza, linia nurtu	23
2.5	Typologia koryt Rosgena – wskaźnik wcięcia się ciekі i wskaźnik kształtu koryta	24
3.	Monitoring dynamicznej równowagi koryt.....	29
3.1	Przepływ wód w dolinie	29
3.2	Jednostkowa moc strumienia.....	32
3.3	Równania równowagi koryt żwirowodnych Hey’a – Thorne’a	33
3.4	Symulacja warunków równowagi za pomocą równań Hey’a – Thorne’a.....	36
3.5	Strategia utrzymania rzek górskich dla ich renaturyzacji.....	39
4.	Zbiory danych.....	41
4.1	Mapy zagrożenia powodziowego http://mapy.isok.gov.pl/imap/	41
4.2	Mapy obszarów chronionych http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/	42
4.3	Mapy inne http://mapy.geoportal.gov.pl/imap/	42
4.4	Pomiary sytuacyjne GPS i taśmą mierniczą.....	43
4.5	Pomiary niwelatorem lub poziomnicą laserową	43
4.6	Siedliska chronione http://natura2000.gdos.gov.pl/strona/nowy-element-3	43
4.7	Monitoring siedlisk i gatunków	44
	http://siedliska.gios.gov.pl/index.php/przewodniki-metodyczne	44
4.8	Przedmiar i obmiar robót utrzymaniowych.....	44
5.	Zabiegi utrzymaniowe	47
5.1	Brak dostawy rumowiska	47
5.1.1	Weinające się ciekі	48
5.1.2	Identyfikacja położenia koron bystrzy.....	48
5.1.3	Monitoring przekrojów zlokalizowanych na koronach bystrzy	50

5.1.4	Uzupełnianie rumowiska bystrzy – zasypywanie wybojów	52
5.1.5	Systematyczne wprowadzanie rumowiska dla zachowania trwałej lub chwilowej dynamicznej równowagi koryta	54
5.1.6	Rozwiązania naturopodobne przeciwdziałania erozji dla koryt wciętych bez teras zalewowych	57
5.2	Rzeki roztokowe	61
5.2.1	Koryto roztokowe będące objawem nadmiernej dostawy rumowiska	61
5.2.2	Koryto roztokowe jako etap ewolucji koryta wciętego	62
5.2.3	Koncepcja korytarza swobodnej migracji koryta	62
5.2.4	Pogłębianie linii nurtu roztok	63
5.2.5	Umacnianie granicy obszaru swobodnej migracji koryta.....	63
5.2.6	Zapobieganie niepożądanego awulsji koryta.....	64
6.	Interwencje biologiczne.....	67
6.1.	Potrzeba interwencji w zakresie roślinności doliny rzecznej	67
6.2	Usuwanie obcych gatunków roślin.....	68
6.3	Uzupełnianie składu gatunkowego siedlisk chronionych.....	70
6.4	Utrzymywanie roślinności koryt uregulowanych i obwałowanych	72
6.5	Umacnianie granic swobodnej migracji koryta przez zadrzewienia	74
6.6	Możliwe strategie utrzymania działki wód górskich.....	74
6.6.1	Przyrodnicze podstawy gospodarki leśnej.....	76
6.6.2	Łąki, pastwiska	77
7.	Spis podstawowych aktów prawnych (stan na dzień 30.04.2016)	79
8.	Spis podstawowych pozycji literatury	81

1

NATURALNE CIEKI GÓRSKIE

Cieki naturalne – to cieki powstałe w wyniku naturalnych procesów, bez względu na późniejszy stopień ich przekształcenia przez człowieka. Prawo wodne mówi o „*ciekach naturalnych – rozumie się przez to rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy, naturalnymi lub uregulowanymi korytami*”. A więc bez względu na to, czy rzeka ma naturalne, czy uregulowane koryto, jest ciekim naturalnym i wobec tego niniejsze wytyczne jej dotyczą.

Rzeka i potok górski – to cieki dolin wyżynnych i górskich prowadzące czystą i zimną wodę po skalistym, kamienistym lub żwirowym dnie. Definicja potoku górskiego znajduje się w Prawie wodnym¹:

potoki górskie – rozumie się przez to cieki naturalne o łącznych poniższych cechach:

- a) powierzchnia zlewni jest nie większa niż 180 km²,
- b) stosunek przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% do przepływu średniego z wielolecia jest większy niż 120,
- c) spadek zwierciadła jest nie mniejszy niż 0,003 m/m.

Wytyczne projektowania rzek górskich² podają definicję **rzeki górskiej**: powierzchnia zlewni > 180 km², $Q_{1\%} > 50 \times SSQ$, spadek $i > 0,003$ m/m, średnica miarodajna rumowiska $d_m > 15$ mm.

Kryteria zaliczania cieków do kategorii **rzek podgórskich** są podane w rozporządzeniu ministra transportu³:

- 1) powierzchnia zlewni większa niż 180 km²,
- 2) stosunek przepływu maksymalnego rocznego o prawdopodobieństwie przewyższenia równym 1% do przepływu średniego z wielolecia większy niż 50,
- 3) spadek zwierciadła wody nie mniejszy niż 0,0005 m/m.

Przedmiotem niniejszych wytycznych są rzeki i potoki odpowiadające powyższym definicjom. Najogólniej można powiedzieć, że będą to **rzeki i potoki, których koryta choćby fragmentarycznie posiadają dno skaliste, kamieniste czy żwirowe.**

¹ Ustawa z dnia 18 lipca 2001 Prawo wodne, z późniejszymi zmianami

² Regulacja Rzek Górskich – Wytyczne Projektowania. CBSiPBW Hydroprojekt, 1987

³ Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami

1.1 Potrzeba utrzymania i renaturyzacji rzek

Rzeka w naturalnym otoczeniu w najmniejszym stopniu nie wymaga zabiegów utrzymaniowych. Kształtując dolinę przez poprzednie epoki zrównoważyła swój zmienny w zależności od opadów przepływ z erodowanym i akumulowanym rumowiskiem i roślinnym pokryciem dna doliny. Współcześnie to samo dotyczy rzek i potoków w umiarkowanie eksploatowanych terenach leśnych. Wzdłuż rzek istnieje cała mozaika cennych siedlisk przyrodniczych i krajobrazów związanych z wodami. Dla naturalnej rzeki i siedlisk przyrodniczych wezbrania wód i susze, a także erozja brzegów i depozycja rumowiska są zmiennością, do której są przystosowane i nie wykazują w związku z tymi zjawiskami negatywnych oddziaływań czy trwałych strat.

Doliny rzeczne w okresie czwartorzędu podlegały wyłącznie siłom przyrody. Uzyskały swój kształt i dynamikę, które uznajemy za naturalne. Gospodarowanie rolno-leśne, jakie człowiek wprowadził w ostatnich kilku tysiącach lat, wywołało w dolinach rzecznych zmiany, którym nie bardzo umiał się on przeciwstawić, więc dalej pozostawiał rzeki siłom natury. Dopiero budowa osad i miast, ujęć wody, kanałów i wodnych zakładów energetycznych w dolinach rzek wymagała interwencji technicznej dla ochrony wybudowanych struktur i zajętego terenu. Wtedy też w bezpośrednim sąsiedztwie koryt rzecznych pojawiły się budowle, które w wypadku ich zniszczenia przez żywioł musiały być odbudowane lub zastąpione innymi dla zapewnienia funkcjonowania infrastruktury z nimi związanej. Aż do XIX wieku ingerencja człowieka w doliny rzeczne miała charakter fragmentaryczny, czyli interwencja techniczna w rejonie zagrożenia powodziowego miała charakter obrony określonego elementu zabudowy lądowej przed istniejącą, nie przebudowaną rzeką podlegającą wylewom.

Przełom XIX i XX wieku przyniósł zmianę jakościową: dla ochrony interesów człowieka na dnach dolin zaczęto przekształcać elementy środowiska wodnego, budując zbiorniki zaporowe i wykonując systematyczne melioracje oraz regulacje i obwałowania rzek. Takie podejście, skierowane bezpośrednio przeciwko naturalnej rzece, spowodowało i dalej powoduje zaburzenia i degradację środowiska wodnego i z wodą związanego, niekoniecznie zresztą umożliwiając osiągnięcie założonych celów. **Historyczne wylewy naturalnej rzeki nie niosły za sobą szkód, dopiero narzucanie więzów naturze wywołało reakcje, które powodują ryzyko powodziowe⁴.** Odruchowym sposobem ograniczania ryzyka powodziowego powinien być powrót do natury w dolinie, który w wielu przypadkach i na wielu fragmentach dolin okazuje się być możliwy i skuteczny, pomimo powszechnie panujących wątpliwości w tym względzie. W szczególności powrót do natury jest niemożliwy lub bardzo

⁴ „ryzyko powodziowe” oznacza kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i potencjalnych negatywnych skutków powodzi dla życia i zdrowia ludzi, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej (Ustawa z dnia 18 lipca 2001 Prawo wodne, z późniejszymi zmianami)

kosztowny w obwałowanych i umocnionych „gorsetach rzecznych” wewnątrz aglomeracji miejskich i fragmentarycznie w wielu miejscowościach nadrzecznych. Ale wszędzie tam, gdzie jest dostatecznie dużo przestrzeni wzdłuż rzeki, może ona służyć jako naturalny korytarz ekologiczny, zapewniający między innymi retencję korytową, kontinuum procesów fluwialnych i przestrzeń dla redukcji ryzyka powodziowego.

Przebudowa systemu rzecznoego, regulacje rzek poprzez ich zabudowę podłużną i poprzeczną, zawężanie koryt rzecznych budowlami mostowymi, bulwarami i obwałowaniami, zmiana sposobu użytkowania i uszczelnianie terenów na coraz większych powierzchniach wpływają na dynamikę przemian także i w naturalnych rzekach i potokach leżących poza bezpośrednimi wpływami cywilizacji. Zmiany cywilizacyjne powodują zazwyczaj przyspieszenie procesów kształtowania dolin, najczęściej w postaci prostowania i przyspieszonego wcinania się koryt w dna dolin, co w konsekwencji powoduje przyspieszenie dotychczasowej naturalnej dynamiki procesów korytowych nawet w tych odcinkach rzek i potoków, w których nie było bezpośredniej ingerencji człowieka w przebieg procesów fluwialnych. W ten sposób oprócz przebudowanych odcinków rzek, wymagających renaturyzacji i właściwego utrzymania dla ich właściwego funkcjonowania, bywa konieczne utrzymywanie rzek naturalnych, co najmniej w zakresie monitoringu ich stanu i włączenia w proces planowania utrzymania wód.

1.2 Utrzymanie i regulacja wód

Według Prawa wodnego:

„Art. 21. 1a. Utrzymywanie wód publicznych stanowi obowiązek ich właściciela i obejmuje działania:

- 1) wynikające z planu utrzymania wód;*
- 2) niewynikające z planu utrzymania wód, jeżeli zachodzi pilna i uzasadniona konieczność realizacji tych działań z uwagi na zapewnienie ochrony przed powodzią lub w związku z koniecznością usunięcia skutków powodzi.*
- 2. Obowiązek utrzymywania tworzących brzeg wody budowli lub murów niebędących urządzeniami wodnymi należy do ich właścicieli, a w kosztach utrzymania tych budowli lub murów właściciel wody uczestniczy proporcjonalnie do odnoszonych korzyści /.../*

Art. 22. 1. Utrzymywanie publicznych śródlądowych wód powierzchniowych oraz morskich wód wewnętrznych polega także na zachowaniu stanu dna lub brzegów oraz na remoncie lub konserwacji istniejących budowli regulacyjnych.

1a. Utrzymywanie wód ma na celu zapewnienie:

- 1) ochrony przed powodzią lub usuwania skutków powodzi,*
- 2) spływu lodu oraz przeciwdziałania powstawaniu niekorzystnych zjawisk lodowych,*

3) warunków korzystania z wód, w tym utrzymywania zwierciadła wody na poziomie umożliwiającym funkcjonowanie urządzeń wodnych, obiektów mostowych, rurociągów, linii energetycznych, linii telekomunikacyjnych oraz innych urządzeń,

4) warunków eksploatacyjnych śródlądowych dróg wodnych, określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 42 ust. 4 ustawy z dnia 21 grudnia 2000 r. o żegludze śródlądowej,

5) działania urządzeń wodnych, w szczególności ich odpowiedniego stanu technicznego i funkcjonalnego

– i powinno umożliwić osiągnięcie celów środowiskowych określonych w art. 38d ust. 1 i 2, art. 38e ust. 1 oraz w art. 38f ust. 1.

1b. Utrzymywanie wód jest realizowane przez:

1) wykaszanie roślin z dna oraz brzegów śródlądowych wód powierzchniowych;

2) usuwanie roślin pływających i korzeniących się w dnie śródlądowych wód powierzchniowych;

3) usuwanie drzew i krzewów porastających dno oraz brzegi śródlądowych wód powierzchniowych;

4) usuwanie z śródlądowych wód powierzchniowych przeszkód naturalnych oraz wynikających z działalności człowieka;

5) zasypywanie wyrw w brzegach i dnie śródlądowych wód powierzchniowych oraz przez ich zabudowę biologiczną;

6) udrażnianie śródlądowych wód powierzchniowych przez usuwanie zatorów utrudniających swobodny przepływ wód oraz usuwanie namulów i rumoszu;

7) remont lub konserwację stanowiących własność właściciela wody:

a) budowli regulacyjnych oraz ubezpieczeń w obrębie tych budowli,

b) urządzeń wodnych;

8) rozbiórkę lub modyfikację tam bobrowych oraz zasypywanie nor bobrów w brzegach śródlądowych wód powierzchniowych./.../

Art. 26. Do obowiązków właściciela śródlądowych wód powierzchniowych należy:

1) zapewnienie utrzymywania w należyтым stanie technicznym koryt cieków naturalnych oraz kanałów, będących w jego władaniu;

2) dbałość o utrzymanie dobrego stanu wód;

3) regulowanie stanu wód lub przepływów w ciekach naturalnych oraz kanałach stosownie do możliwości wynikających ze znajdujących się na nich urządzeń wodnych oraz warunków hydrologicznych;

4) zapewnienie swobodnego spływu wód powodziowych oraz lodów;

5) współdziałanie w odbudowywaniu ekosystemów zdegradowanych przez niewłaściwą eksploatację zasobów wodnych”.

W ramach utrzymania wód przysługują właścicielowi wody czasowe zwolnienia od wymagań prawa wodnego, ułatwiające utrzymanie wód, i tak:

„Art. 38i:

2. *Nie stanowi czasowego pogorszenia stanu jednolitych części wód tymczasowe wahanie stanu jednolitych części wód, jeżeli jest ono związane z utrzymywaniem wód powierzchniowych /.../ zgodnie z interesem publicznym, o ile stan tych wód jest przywracany bez konieczności prowadzenia działań naprawczych”.*

„Art. 40:

2. *Zakazy, o których mowa w ust. 1 pkt 1 i 3 (wprowadzanie do wód odpadów), nie dotyczą wykorzystywania gruzu, mas ziemnych oraz skalnych przy wykonywaniu robót związanych z utrzymywaniem lub regulacją wód”.*

„Art. 124:

Pozwolenie wodnoprawne nie jest wymagane na: /.../

3) *wydobywanie kamienia, żwiru, piasku, innych materiałów oraz wycinanie roślin w związku z utrzymywaniem wód, szlaków żeglownych oraz remontem urządzeń wodnych;*

4) *wykonanie pilnych prac zabezpieczających w okresie powodzi”.*

Rozróżnienie pomiędzy utrzymaniem wód a budownictwem wodnym ma istotny wpływ na sposób wykonywania tego pierwszego. Utrzymanie wód może się odbywać bez wszelkich formalności wynikających z prawa budowlanego oraz z faktu, że budownictwo jest traktowane w szczególny sposób w wielu innych ustawach, w tym związanych z ochroną przyrody i gospodarką przestrzenną. W tym aspekcie warto przytoczyć następujące przepisy Prawa wodnego:

„Art. 67:

1. *Regulacja koryt cieków naturalnych, zwana dalej „regulacją wód”, służy poprawie warunków korzystania z wód i ochronie przeciwpowodziowej.*
2. ***Regulacja wód polega na podejmowaniu przedsięwzięć dotyczących kształtowania przekroju podłużnego i poprzecznego oraz układu poziomego koryta cieku naturalnego. Regulację wód stanowią w szczególności działania niebędące działaniami związanymi z utrzymywaniem wód, o których mowa w art. 22 ust. 1b.***
3. *Regulacja wód powinna zapewnić dynamiczną równowagę koryta cieku naturalnego”.*

„Art. 122:

1. *Jeżeli ustawa nie stanowi inaczej, pozwolenie wodnoprawne jest wymagane na:*

2) *regulację wód, zabudowę potoków górskich, kształtowanie koryt cieków naturalnych, zmianę ukształtowania terenu na gruntach przylegających do wód, mającą wpływ na warunki przepływu wody;*

3) *wykonanie urządzeń wodnych.”*

„Art. 62:

1. *Budownictwo wodne polega na wykonywaniu oraz utrzymywaniu urządzeń wodnych.*

Art. 64:

1. *Utrzymywanie urządzeń wodnych polega na ich eksploatacji, konserwacji oraz remontach w celu zachowania ich funkcji”.*

Z powyższego wynika, że utrzymanie wód nie jest budownictwem wodnym oraz nie wymaga pozwolenia wodnoprawnego, jeśli jest wykonywane przez właściciela wody (jako jego obowiązek) lub w jego imieniu. Natomiast regulacja wód nie jest utrzymaniem wód w rozumieniu prawa wodnego. Tak więc wykonywanie i utrzymywanie budowli regulacyjnych i innych urządzeń wodnych wymaga wypełnienia przepisów Prawa budowlanego i uzyskania pozwolenia wodnoprawnego⁵ oraz wszelkich innych pozwoleń dotyczących budownictwa wodnego.

W konsekwencji, możliwość utrzymania wód bez konieczności stosowania się do wymogów innych niż prawa wodnego stanowi znaczne ułatwienie zarówno w planowaniu, przedmiarowaniu jak i wykonawstwie robót i usług utrzymaniowych i rewitalizacyjnych. Warunkiem jest unikanie zmian funkcji urządzeń wodnych, projektowania i budowania nowych urządzeń wodnych oraz regulacji wód. Rozbiórka, remont lub przebudowa budowli i urządzeń wodnych podlega wymogom prawa budowlanego, nawet jeśli potrzeba takiego działania wynika z utrzymania wód.

W ustawie Prawo wodne dopuszczone jest jako utrzymanie „*zasypywanie wyrw w brzegach i dnih śródlądowych wód powierzchniowych*” oraz „*udrażnianie śródlądowych wód powierzchniowych przez usuwanie zatorów utrudniających swobodny przepływ wód oraz usuwanie namulów i rumoszu*”, co wskazuje na możliwość usuwania lub uzupełniania rumowiska w korytach rzek górskich celem ich właściwego utrzymania. Z drugiej strony, „*kształtowanie przekroju podłużnego i poprzecznego oraz układu poziomego koryta cieku naturalnego*” jest traktowane jako regulacja wód, wymagająca uzyskania pozwolenia wodnoprawnego (na prowadzenie robót w korycie rzeki). Dla inwestorów nie związanych z właścicielem wody konieczne więc staje się uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego na tego typu roboty, wykonywane bez względu na cel ich wykonywania: utrzymanie czy renaturyzację.

1.3 Gospodarowanie zasobami i składnikami przyrody

Rozdział 9 Ustawy o ochronie przyrody⁶ określa dodatkowe uwarunkowania wykonywania robót w rzekach, gdzie w Art. 118 określa obowiązek:

⁵ Spec-ustawa powodziowa nie wymaga uzyskiwania pozwolenia wodnoprawnego przy usuwaniu szkód powodziowych, jednak nie zwalnia od uzyskania decyzji środowiskowej.

⁶ Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, z późniejszymi zmianami

1. Zgłoszenia regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska wymaga prowadzenie, na obszarach form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1–5 i 7–9, w obrębach ochronnych wyznaczonych na podstawie ustawy z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym, a także w obrębie cieków naturalnych, następujących działań:
 - 1) wymienionych w art. 22 ust. 1b ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne;
 - 2) melioracji wodnych;
 - 3) wydobywania z wód kamienia, żwiru, piasku oraz innych materiałów, w ramach szczególnego korzystania z wód;
 - 4) innych niż wymienione w pkt 1–3 działań obejmujących roboty ziemne mogące zmienić warunki wodne lub wodnoglebowe.
2. W zgłoszeniu określa się:
 - 1) lokalizację, rodzaj, zakres, sposób i termin prowadzenia działań, o których mowa w ust. 1;
 - 2) w przypadku działań, o których mowa w art. 22 ust. 1b ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne, jeżeli jest to możliwe – także termin i zakres działań objętych zgłoszeniem, prowadzonych w przeszłości na obszarze, którego dotyczy zgłoszenie.
3. W przypadku przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko, w stosunku do których nie przeprowadzono oceny oddziaływania na środowisko, do zgłoszenia należy dołączyć decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach.
4. W przypadku gdy działania, o których mowa w ust. 1, wykraczają poza obszar jednego województwa, zgłoszenia dokonuje się regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska, na którego obszarze właściwości znajduje się największa część terenu, na którym mają być prowadzone te działania.
5. Zgłoszenia należy dokonać przed uzyskaniem pozwolenia na budowę, pozwolenia wodnoprawnego lub pozwolenia na realizację inwestycji w zakresie budowy przeciwpowodziowych, a jeżeli te pozwolenia nie są wymagane – przed rozpoczęciem działań, o których mowa w ust. 1.
6. Do prowadzenia działań, o których mowa w ust. 1, można przystąpić:
 - 1) jeżeli w terminie 30 dni od dnia doręczenia zgłoszenia regionalny dyrektor ochrony środowiska nie wniesie, w drodze decyzji, sprzeciwu;
 - 2) nie później niż po upływie 2 lat od określonego w zgłoszeniu terminu ich rozpoczęcia.
7. Regionalny dyrektor ochrony środowiska wnosi sprzeciw, jeżeli:
 - 1) zgłoszenie dotyczy działań objętych obowiązkiem uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, a ta decyzja nie została wydana;
 - 2) prowadzenie działań objętych zgłoszeniem narusza przepisy dotyczące form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1–5 i 7–9, lub obrębów ochronnych wyznaczonych na podstawie ustawy z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym.

8. *W decyzji, o której mowa w ust. 6 pkt 1, regionalny dyrektor ochrony środowiska może nałożyć obowiązek uzyskania decyzji o warunkach prowadzenia działań, jeżeli prowadzenie działań, o których mowa w ust. 1, może:*

1) *naruszać przepisy dotyczące form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1–5 i 7–9, lub obrębów ochronnych wyznaczonych na podstawie ustawy z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym;*

2) *spowodować pogorszenie stanu środowiska, a w szczególności może znacząco negatywnie oddziaływać na cele ochrony obszarów chronionych, naruszać zakazy w nich obowiązujące, lub znacząco negatywnie oddziaływać na siedliska przyrodnicze, chronione gatunki roślin, zwierząt lub grzybów, lub ich siedliska.*

9. *Jeżeli prowadzenie działań, o których mowa w ust. 1, może znacząco oddziaływać na obszar Natura 2000, regionalny dyrektor ochrony środowiska, wydając decyzję, o której mowa w ust. 6 pkt 1, w której nałożył obowiązek uzyskania decyzji o warunkach prowadzenia działań, stwierdza obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 oraz nakłada obowiązek przedłożenia raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na obszar Natura 2000. Przepisy art. 97 ust. 3 i 4 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko stosuje się odpowiednio.*

W Art. 118a. i 118b ustawy zawarte są szczegóły dotyczące zgłoszenia i przypadki konieczności uzyskania decyzji – w miejsce zezwolenia, oraz wyjątki znoszące obowiązek stosowania Art. 118 i 118a. Wzór zgłoszenia działań w korycie rzeki można pobrać ze strony właściwej RDOŚ.

1.4 Zakres i cel stosowania wytycznych

Wytyczne dotyczą wyłącznie utrzymania i renaturyzacji rzek, a więc nie obejmują budownictwa wodnego. Zakres wytycznych kończy się w punkcie, w którym ze względu na naturę rzeki należy sformułować postulat budowy, remontu, rozbiórki lub przebudowy obiektu budowlanego czy urządzenia wodnego. **Celem wytycznych jest więc przedstawienie rozwiązań alternatywnych w stosunku do hydrotechnicznej zabudowy rzek i potoków górskich.**

Wytyczne nie odnoszą się do zbiorników zaporowych, sztucznych budowli prowadzących wodę, takich jak rowy, kanały, żłoby, kaskady, progi, stopnie oraz podobne do nich fragmenty zabudowy koryt naturalnych, na przykład w rejonie mostów drogowych. Zastosowanie wytycznych w takich miejscach jest możliwe po usunięciu (jeśli konieczne) w ramach osobnego projektu budowlanego istniejących urządzeń wodnych lub znaczących ich fragmentów utrudniających naturalny przepływ wód. Niemniej jednak jest przedmiotem niniejszych wytycznych utrzymanie naturalnych wód w sąsiedztwie takich miejsc (ryc. 1). Okazało się ponadto, że utrzymanie



Ryc. 1. Rampa narzutowa z głazów w uregulowanym korycie poniżej serii mostów które powodowały zwężenie doliny i erozję denną potoku - przykład zasypania wyboju celem zachowania stanu dna uregulowanego koryta

według niniejszych wytycznych rzek z zabudową regulacyjną jest bardziej ekonomicznym wariantem zachowania ich funkcji przyrodniczych i cywilizacyjnych niż remont i dalsza ich zabudowa hydrotechniczna.

Opisane w wytycznych techniki planowania, monitoringu stanu, przedmiarowania, wykonawstwa i obmiaru robót utrzymaniowych są dostosowane do:

- cieków w obszarach chronionych⁷ oraz koryt nieregulowanych, gdzie powinny być stosowane obligatoryjnie,
- koryt uregulowanych lub skanalizowanych, gdzie ich stosowanie jest rekomendowane, a w przypadku rewitalizacji wód uregulowanych – obligatoryjne,
- nowych koryt aluwialnych powstałych po całkowitym lub częściowym usunięciu zabudowy hydrotechnicznej.

⁷ Dotyczy to cieków w obszarach chronionego krajobrazu i obszarach Natura 2000, natomiast cieki w parkach narodowych powinny być pozostawione same sobie

1.5 Zarządzanie wodami w obszarach chronionych

Zasady zarządzania wodami w obszarach chronionych zawiera publikacja⁸ Ministerstwa Środowiska, która zwraca uwagę na cele i zasady wynikające z powstania sieci Natura 2000 oraz podaje wymagania ochrony gatunków i siedlisk Natura 2000. Dalej prezentuje ona prawo europejskie i polskie (dyrektywy i ustawy) rządzące gospodarowaniem wodami, a następnie prezentuje przedsięwzięcia związane z gospodarką wodną mające istotny wpływ na obszary Natura 2000, ze szczegółowym opisem zagrożeń, jakie ze sobą niosą i możliwości ich minimalizacji. W końcowej części publikacji przedstawiono kilka przykładów z praktyki. Dla celów utrzymania i rewitalizacji rzek górskich **rozdział 3.6 (Oczyszczanie i utrzymanie koryt rzecznych) ma charakter dyrektywny**, określający zagrożenia, jakie niosą ze sobą czynności utrzymania wód (cytat):

- *utratę schronienia i miejsc do rozmnażania dla fauny wodnej i naziemnej,*
- *bezpośrednie niszczenie gatunków chronionych w niektórych przypadkach [mino-gi, płazy w mule],*
- *zaburzenia łańcucha pokarmowego,*
- *pojawienie się gatunków roślinnych heliofilnych oportunistycznych,*
- *wzmożenie ekspansji gatunków obcych,*
- *wzrost lokalnej erozji w wyniku czynności oczyszczania, zaburzenie procesów sedymentacyjnych,*
- *zwiększenie się problemów fitosanitarnych gatunków drzewiastych,*
- *stopniową izolację koryta od pozostałej części doliny,*
- *zmianę struktury gleby (kompakcja) brzegów w wyniku przejścia maszyn i urządzeń,*
- *zmianę charakteru koryta w przypadku pogłębiania (ustanowienia przekrojów w kształcie trapezu lub niemal prostokąta o dużej różnicy poziomów na zboczach oraz o wysokim stopniu jednolitości wzdłuż pogłębianego odcinka co ogromnie utrudnia wyrastanie autochtonicznych roślinnych gatunków przybrzeżnych),*
- *„przeregulowanie” koryta (skutkuje szeregiem procesów powyżej lub poniżej sekcji lub odcinka, gdzie wydobywane są materiały. Wśród tych procesów, najczęstszymi są zwiększenie nacięcia łóżyska, zwiększenie erozji brzegów koryta lub przegrupowanie materiałów osadzanych w korycie),*
- *ogólny wzrost niestabilności koryta (co prowadzi do wzrostu środków obrony koryta albo do konieczności nowych pogłębień w jego przebiegu),*

⁸ Kowalczak P., Nieznański P., Stańko R., Magdaleno Mas F., Bernués Sanz M.: Natura 2000 a gospodarka wodna. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2009

http://www.gdos.gov.pl/files/artykuly/5073/Natura_2000_a_gospodarka_wodna.pdf

- *zniszczenie siedlisk przyrodniczych 3220⁹, 3230¹⁰, 3240¹¹, 3270¹² (przedmiot ochrony w obszarach Natura 2000), zaburzenie dynamiki ich powstawania i dynamicznej trwałości,*
- *zniszczenie łęgów (91E0) nadrzecznych,*
- *zniszczenie roślinności siedliska 3260¹³,*
- *zniszczenie larw minogów i wszystkich organizmów bentosowych (przedmiot ochrony w sieci Natura 2000) zagrzebanych w namulach,*
- *pogorszenie zmienności strukturalnej rzeki – pogorszenie siedliska ryb, w tym chronionych w obszarach Natura 2000,*
- *spadek poziomu wód gruntowych w sąsiedztwie – negatywny wpływ na wszystkie siedliska naturalne uzależnione od wody!*

Dobre praktyki planowania gospodarowania wodami na obszarach cennych przyrodniczo¹⁴ to publikacja, która uszczegóławia sposób podejścia do zarządzania obszarami podlegającymi przepisom utrzymania lub poprawy ekosystemów wodnych i od wód zależnych równocześnie według Prawa wodnego, Ustawy o ochronie przyrody oraz Ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. W konsekwencji uszczegóławia ona wymagania ekosystemów wodnych i od wód zależnych (tabela 3.2) dla 38 priorytetowych siedlisk, które powinny być chronione nawet poza obszarami Natura 2000. Ograniczenia korzystania z wód i użytkowania terenu w zlewniach obejmujących obszary Natura 2000 są zdefiniowane i przyporządkowane szczegółowo priorytetowym siedliskom w tabelach 3.1 i 4 tej publikacji, co znakomicie ułatwia określenie warunków utrzymania wód i terenów od wód zależnych dla każdego przypadku, pod warunkiem zidentyfikowania priorytetowych siedlisk w rejonie działania.

1.6 Kryteria referencyjne jakości wód płynących

Ramowa Dyrektywa Wodna¹⁵ wymaga, żeby w określonym limicie czasowym wody uzyskały dobry stan lub potencjał ekologiczny. Kryteria stanu bardzo dobrze, dobrego i umiarkowanego podane są bezpośrednio w RDW, dla trzech grup elementów jakości: biologicznej (fitoplankton, makrofity i fitobentos, bentosowa fauna

⁹ Pionierska roślinność na kamieńcach górskich potoków

¹⁰ Zarośla wrześni na kamieńcach i żwirowiskach górskich potoków

¹¹ Zarośla wierzbowe na kamieńcach i żwirowiskach górskich potoków

¹² Zalewane muliste brzegi rzek

¹³ Nizinne i podgórskie rzeki ze zbiorowiskami włosieniczników

¹⁴ Godyn I., Indyk W., Jarząbek A., Pudłowska-Tyszewska D., Owsiany M., Sarna S., Stańko R., Tyszewski S.: Dobre praktyki planowania gospodarowania wodami na obszarach cennych przyrodniczo. Kraków, 2011 www.orawa.krakow.rzgw.gov.pl/download/nowy/broszura.pdf

¹⁵ Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, z późniejszymi zmianami

Tabela 1. Zestawienie normowych i dyrektywnych warunków referencyjnych jakości hydromorfologicznej wód płynących

PN-EN 14614:2008	4.6 Warunki referencyjne
4.6.2 charakter dna i brzegu	Brak jakichkolwiek sztucznych struktur w strumieniu i na brzegu, które w widoczny sposób zakłócają naturalne procesy hydromorfologiczne i/lub niezmienny brzeg przez wszelkie tego typu struktury poza stanowiskiem; dno i brzegi są utworzone z naturalnych materiałów
4.6.3 zarys i profil rzeki	Zarys i profil rzeki nie są w widoczny sposób zmodyfikowane w wyniku działalności ludzkiej
4.6.4 możliwość rozlewania się i swoboda zmiany biegu	Brak jakichkolwiek zmian strukturalnych, które w widoczny sposób utrudniają przepływ wody między korytem i tarasem zalewowym lub w widoczny sposób zapobiegają przemieszczaniu się koryta rzecznego w poprzek tarasu zalewowego
4.6.5 swobodny przepływ	Brak jakichkolwiek przekształceń strukturalnych w strumieniu, które w widoczny sposób wpływają na naturalny ruch rumowiska, wody i organizmów
4.6.6 roślinność w strefie nadbrzeżnej	Obecność przyległej naturalnej roślinności, odpowiedniej dla typu i geograficznego położenia rzeki

bezkręgową), hydromorfologicznej (reżim hydrologiczny, ciągłość rzeki, warunki morfologiczne) oraz fizyko-chemicznej (ogólne warunki, określone zanieczyszczenia syntetyczne, określone zanieczyszczenia niesyntetyczne). Kryteria te podane są w większości w sposób opisowy, co ma szczególne znaczenie przy wyznaczaniu parametrycznych kryteriów stanu dobrego, wymaganego przez RDW.

Dla utrzymania i renaturyzacji wód płynących istotne znaczenie mają kryteria z grupy jakości hydromorfologicznej wód płynących, które podlegają ocenie według normy PN-EN 14614:2008¹⁶. Tam też znajdziemy taksatywnie wymienione warunki referencyjne¹⁷, które zamieszczono w tabeli 1. **Warunki te określają rzekę w bardzo dobrym stanie hydromorfologicznym, a więc powinny być stosowane jako normatywny kierunkowy cel idealny utrzymania każdej rzeki naturalnej.**

Określenie rzeczywistego stanu odcinka rzeki nie należy do zadań utrzymania rzek. Dokonywane jest przez zainteresowanych według metodyki przyjętej dla określonych zadań czy celów oceny. Utrzymanie rzek będące procesem ukierunkowanym na poprawę warunków środowiskowych będzie tym bardziej skuteczne im bardziej będzie poparte znajomością sposobów oceny wód, mimo że samo w sobie takiej oceny nie zawiera.

¹⁶ PN-EN 14614:2008. Jakość wody. Wytyczne do oceny hydromorfologicznych cech rzek

¹⁷ Warunki reprezentujące stan całkowicie niezakłócony, pozbawiony oddziaływania ludzkiego, lub bliskie naturalnym, tylko z małymi oznakami zakłóceń (pkt 2.26 PN-EN 14614:2008)

1.7 Racionalne planowanie bieżącego utrzymania rzek górskich

Biorąc pod uwagę przedstawione uprzednio zasady zawarte w Prawie wodnym, Ustawie o ochronie przyrody, Ramowej Dyrektywie Wodnej oraz Dyrektywie powodziowej, można przewidzieć zawartość planu utrzymania odcinka potoku/rzeki górskiej wymaganego dla realizacji robót według Prawa wodnego i ewentualnie dla uzyskania decyzji o warunkach prowadzenia działań zgodnie z Art. 118a Ustawy o ochronie przyrody. Po pierwsze, należy uwzględnić **obszar podlegający utrzymaniu**, który powinien obejmować całą działkę właściciela wody na rozpatrywanym odcinku. Należy tam zidentyfikować wyznaczone osobnymi przepisami obszary chronione. Należy wstępnie ocenić **koryto podlegające utrzymaniu** jako jednonurtowe lub wielonurtowe, określić występowanie sekwencji bystrz i plos oraz przeanalizować dynamiczną równowagę rumowiska w istniejącym korycie, na przykład na podstawie danych pochodzących z map zagrożenia powodziowego i pomiarów uziarnienia rumowiska dennego w korycie. **Obszar leżący poza korytem** na działce właściciela wody ocenić należy w zakresie występowania siedlisk przyrodniczych lub zagospodarowania rolniczego czy leśnego oraz wyznaczyć cele jego utrzymania (ogólnie – zabudowę biologiczną). Jest też możliwe, że będzie potrzebne przeanalizowanie zagospodarowania terenów zalewowych w posiadaniu innych właścicieli, jeśli większość tych terenów leży poza działką właściciela wody. Przedstawiony plan powinien zawierać czynności i harmonogram ich wykonywania zgodne z wyznaczonymi celami utrzymania dla określonych terenów. W szczególności powinien wykazać **odcinki nie wymagające utrzymania** dla zrównoważonych koryt żwirowych w otoczeniu leśnym czy lasów nadbrzeżnych znajdujących się na działce właściciela wody, lub w otoczeniu zagospodarowanych łąk i pastwisk. Trzeba też wskazać **tereny wymagające zmiany sposobu zagospodarowania** celem ich właściwego utrzymania, na przykład likwidacja plantacji wikliny na terasach zalewowych z zamianą na otoczenie leśne lub łąkowe koryta, w następstwie czego tereny te będą podlegały utrzymaniu leśnemu czy łąkowo-pastwiskowemu. Zazwyczaj bowiem brak zaplanowania docelowego utrzymania terenów podlegających całkowitej wycince drzew i krzewów skutkuje zmniejszeniem bioróżnorodności i otwarciem możliwości rozprzestrzeniania się obcych gatunków roślin wzdłuż korytarzy rzecznych.

W dalszej części wytycznych przedstawione będą czynności potrzebne dla **zaplanowania właściwego utrzymania rzeki górskiej** w celu jej renaturyzacji i poprawy ekologicznego stanu wód. Obejmować będą one **rozpoznanie stanu istniejącego** oraz **określenie parametrów oceny stanu zrównoważonego**, wskazanie celowych akceptowalnych **interwencji technicznych i biologicznych** w odpowiednich obszarach utrzymania działki właściciela wody. Taki plan może być przygotowany przez przyrodnika posiadającego przygotowanie z dziedziny geomorfologii fluwialnej i praktycznej znajomości rzek. **Plan utrzymania wód** rzek uregulowanych powinien dodatkowo zawierać wykaz i harmonogram czynności inżynierskich utrzymania

urządzeń wodnych, do którego przygotowania konieczna jest osoba z hydrotechniczną praktyką realizacyjną. Przygotowanie planu utrzymania wód nie wymaga posiadania uprawnień projektowych.

Plan utrzymania wód powinien wykazywać perspektywę poprawy ekologicznego stanu wód do stanu dobrego dzięki czynnościom przewidywanym w tym planie. W tym aspekcie powinien zawierać **początkową ocenę stanu/potencjału ekologicznego** rozpatrywanego odcinka, termin planowanego przejścia odcinka ze statusu silnie zmienionego do statusu naturalnego oraz **przewidywaną ocenę stanu/potencjału wód w określonej przyszłości** (polepszenie, pogorszenie, bez zmian). Tę część planu powinno się przygotować w porozumieniu z jednostką organizacyjną odpowiedzialną za ocenę stanu wód.

Realizacja planu utrzymania rzeki przy zastosowaniu podanych w niniejszych wytycznych interwencji inżynierskich i biologicznych powinna być poddawana ocenie skuteczności, w formie **okresowego monitoringu**, posługującego się sformułowanym w planie utrzymania zestawem parametrów oceny stanu zrównoważonego, oraz ewentualnie ponowną oceną stanu wód. Pozwala to na obiektywną i parametryczną ocenę potrzeby dalszych czy głębszych interwencji, bez konieczności odwoływania się do postulatów ze strony władz terenowych czy subiektywnych wrażeń z wizji lokalnych.

2

PARAMETRY DIAGNOZY HYDRODYNAMICZNEGO
STANU RZEKI

Przy ocenie hydrodynamicznego stanu rzek nie ma konieczności ustalania kilometrażu cieku i rozpatrywania parametrów profilu podłużnego i przekroju koryta związanych z kilometrażem. Co więcej, diagnoza hydrodynamicznego stanu rzeki i jego zmian jest bardziej adekwatna bez rozpatrywania arbitralnie wyznaczonego kilometrażu czy usytuowania. W miejsce planów, map czy innych referencyjnych rysunków należy wykorzystywać parametry związane z aktualnym i przewidywanym stanem koryta w dolinie, do czego służą zdefiniowane poniżej parametry, za pomocą których będzie się określać i oceniać stan koryt i dolin.

2.1 Spadek doliny, spadek rzeki, współczynnik krętości

Określenia omawianych parametrów dla rzek i potoków dokonuje się dla odcinków jednorodnych, ograniczonych zazwyczaj ujściami większych dopływów lub zasadniczą zmianą spadku czy podłoża dna doliny. Tam też należy wybrać **referencyjne punkty wysokościowe**. Można takie punkty wyznaczać także w pobliżu przejść mostowych, ze względu na ułatwiony dostęp i możliwość zweryfikowania położenia i wysokości punktu.

Rzędna dna doliny i koryta (H_{Ki}) określa się dla lustra wody brzegowej w rozpatrywanych przekrojach za pomocą pomiarów niwelatorem w nawiązaniu do sieci reperów państwowych. Współrzędne punktu referencyjnego określa się za pomocą nawigacji satelitarnej. Następnie według mapy topograficznej lub – jeśli istnieje – według numerycznego modelu terenu i ortofotomapy, określa się przebieg i długość linii centralnej doliny (L_V), która zazwyczaj niewiele odbiega od odległości w linii prostej pomiędzy punktami referencyjnymi. Określenia długości linii brzegowej jednego lub średnio dla obydwu brzegów (L_{BL} , L_{BP} , L_{SR}) dokonuje się za pomocą pomiarów terenowych (linia łamana punktów GPS lub pomiar taśmą mierniczą).

Spadek dna doliny (S_V) i rzeki (S)¹⁸ określa się w liczbach bezwzględnych jako:

$$S_V = (H_{Ki} - H_{K(i+1)}) / L_V \quad S = (H_{Ki} - H_{K(i+1)}) / L_{Bsr} \approx (H_{Ki} - H_{K(i+1)}) / L_{Bi}$$

¹⁸ Spadek koryta określa się zasadniczo dla linii centralnej koryta, której długość niewiele odbiega od średniej długości linii brzegu prawego i lewego. Jeśli spadki linii brzegowych niewiele się różnią między sobą, to można je stosować jako przybliżenie spadku koryta cieku. Takie przybliżenie jest wystarczające dla celów planowania i realizacji utrzymania wód

Współczynnik krętości (p) określa się jako:

$$p = S_v/S \text{ lub } p = L_{Bsr}/L_v$$

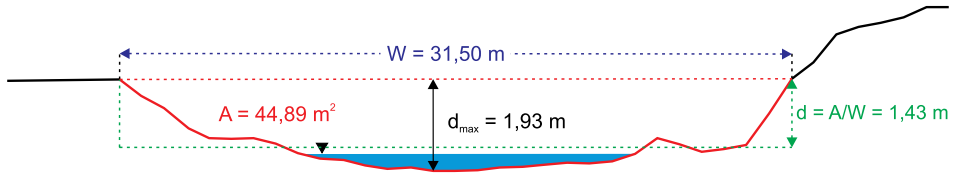
Określenie współczynnika krętości p pozwala na zakwalifikowanie koryta jako prostego ($p \leq 1,1$), krętego ($p = 1,1 \div 1,5$) lub meandrującego ($p > 1,5$).

2.2 Uziarnienie materiału dna rzeki

Dla potrzeb utrzymania rzek żwirowodnych jest zasadne określenie uziarnienia przypowierzchniowej warstwy kamieni i żwiru stanowiących tak zwane obrukowanie dna koryta (zwane czasem „opancerzeniem” dna). W tym celu dla określenia mediany rozkładu uziarnienia dna należy wyznaczyć dystrybuantę rozkładu lognormalnego średnic ziarn żwiru i kamieni na podstawie próbki zbieranej systematycznie według normy ISO 9195:1992(E), jak dla próbki zbieranej ilościowej (*grid by number sample*). Jest to zadanie dość łatwe, ale musi być wykonane starannie. Praktycznie wykonuje się to w następujący sposób:

1. w terenie ustanawia się siatkę kwadratów o boku od 0,1 do 1,0 m, na przykład poprzez ułożenie taśmy mierniczej kilkakrotnie na równoległych liniach odległych od siebie o wielkość przyjętego modułu, starając się, aby mierzony materiał odpowiadał materiałowi dna koryt małej wody (przybrzeżne łachy korytowe przy niskich stanach wód),
2. dla ziarn znajdujących się bezpośrednio pod węzłami siatki określa się średnicę poprzez pomierzenie linijką lub przymiarem metrowym ich osi „ b ” (a – długość, b – szerokość, c – grubość ziarna),
3. pomierzone średnice (w ilości co najmniej 100) grupuje się w ciąg rosnący i notuje jako sumaryczną procentową ilość pomiarów średnicy „ b ” mniejszych niż 0,001, 0,002, 0,004, 0,008, 0,016, 0,032, 0,064, 0,128, 0,256, 0,512 m itp., a następnie nanosi na papier z wykreśloną siatką rozkładu lognormalnego¹⁹. Pomiędzy punkty wkreśla się najbardziej do nich dopasowaną prostą, reprezentującą teoretyczną dystrybuantę średnic, dla której można odczytać medianę rozkładu uziarnienia warstwy obrukowania dna D_{50} (dla prawdopodobieństwa 50%) oraz dowolny percentyl rozkładu uziarnienia (na przykład D_{84} dla prawdopodobieństwa 84%, że ziarno będzie mniejsze niż określona średnica).

¹⁹ Siatki dla wkreślenia dystrybuant wielu różnych rozkładów są dostępne pod adresem <http://www.weibull.com>



Ryc. 2. Szkic przekroju poprzecznego rzeki Ropy poniżej zbiornika Klimkówka

2.3 Parametry przekroju naturalnych koryt: szerokość, średnia i maksymalna głębokość

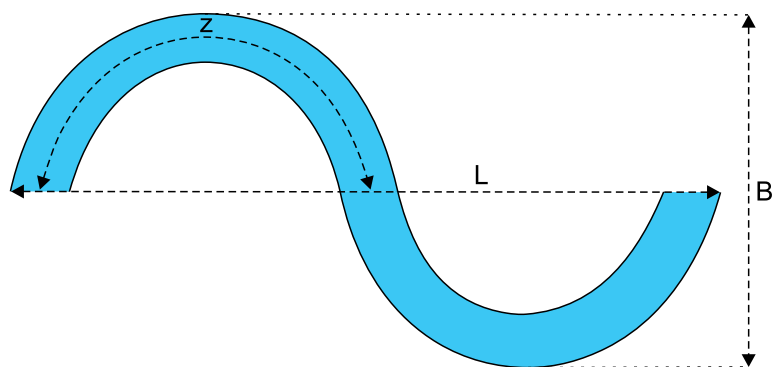
Szerokość koryta rzeki mierzy się jako szerokość lustra wody brzegowej (W), a średnią głębokość koryta (d) jako iloraz powierzchni przekroju koryta (A) i szerokości lustra wody (ryc. 2). Głębokość maksymalną w przekroju mierzy się bezpośrednio w terenie od poziomu lustra wody brzegowej, wyznaczonej np. poziomnicą laserową.

2.4 Parametry kształtu i profilu naturalnych koryt: plosa, bystrza, korona bystrza, linia nurtu

W rzekach zwirodennych zazwyczaj występują na przemian odcinki o mniejszej i większej głębokości, które układają się w mniej więcej jednostajnym rytmie (*riffle and pool pattern*). W potokach o dużym spadku może występować inny typ morfologii koryta: w korytach o dnie kamienistym można napotkać typ cechujący się przemiennym występowaniem progów i przegłębień (*step and pool pattern*), natomiast w korytach o dnie utworzonym z głazów lub skalno-aluwialnych typ wodospadowy (*cascade pattern*). Koryta rzek zwirowych czasem tracą swój zróżnicowany profil (*plane bed pattern*), co wiąże się równocześnie z utratą różnorodności siedlisk. Umiejętność rozpoznania systematycznego występowania bystrzy i plos jest więc istotna z wielu względów, w tym dla właściwego monitorowania procesów erozyjno-sedymentacyjnych w korycie.

W prostym lub krętym cieku rytm bystrzy i plos odpowiada rytmowi kolejnych zakoli koryta. **Plosa**, głębsze i węższe, są zlokalizowane na zakolach, a pomiędzy nimi, w rejonie punktów przegięcia krzywizny trasy rzeki występują **bystrza**, płytsze i szersze. Przy przepływach średnich i niskich spadek lustra wody w plosach jest stosunkowo niewielki, natomiast większy na bystrzach. Przełamanie lustra wody pomiędzy plosą a bystrzem wyznacza lokalizację **korony bystrza**, która jest najłatwiej rozpoznawalnym i najważniejszym dla celów utrzymania rzek elementem profilu zwirodennego koryta.

Regularny rytm bystrzy i plos występujących w zakolach płynących na przemian w lewo i w prawo pozwala wyodrębnić więcej parametrów przebiegu koryta krętego



Ryc. 3. Parametry krętego koryta

i meandrującego (ryc. 3). Iloraz odległości z (wzdłuż linii biegnącej środkiem koryta) i połowy długości fali meandra w linii prostej $L/2$ określa się jako krętość koryta p . Można też oszacować szerokość pasa meandra B , która jest powiązana ze współczynnikiem krętości koryta.

Linia łącząca najgłębsze miejsca kolejnych przekrojów pełnego koryta to **linia nurtu**, która zazwyczaj przebiega wzdłuż wklęsłych brzegów plos i przez centralne części bystrz.

2.5 Typologia koryt Rosgena – wskaźnik wcięcia się cieku i wskaźnik kształtu koryta

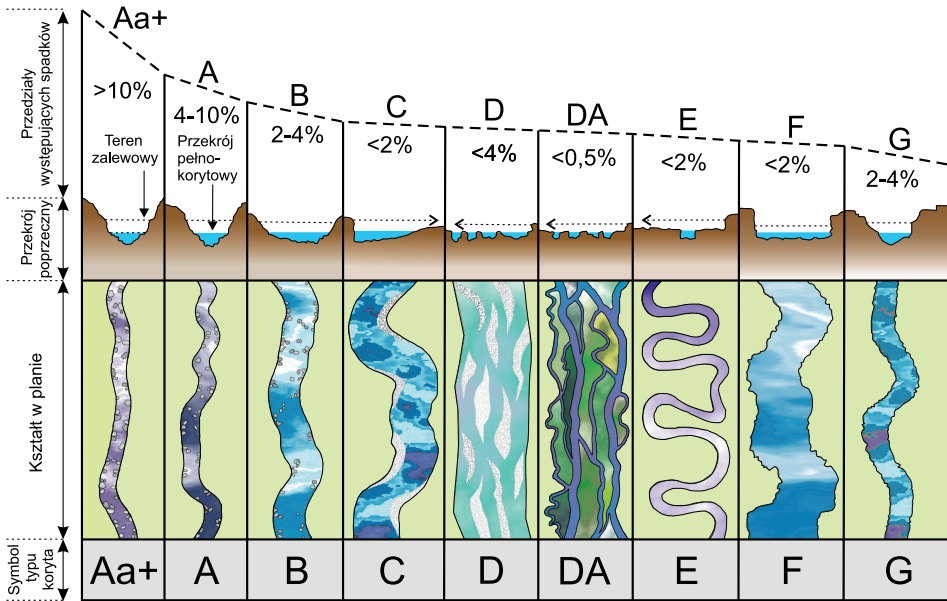
Rosgen²⁰ dzieli koryta na 7 głównych kategorii (ryc. 4, tab. 2) w zależności od następujących parametrów:

- **wskaźnika wcięcia się cieku** (iloraz szerokości zalewu do szerokości lustra wody brzegowej W^{21});
- **średniego spadku lustra wody brzegowej S** ;
- **wskaźnika kształtu koryta** (iloraz szerokości lustra wody brzegowej W i głębokości maksymalnej koryta d_{max});
- **krętości koryta p** .

W każdej kategorii Rosgen wyróżnia rodzaje koryt zależnie od dominującego materiału brzegu i dna, od skalnego i z głazów poprzez kamieniste, żwirowe, piaszczyste

²⁰ Rosgen D. L.: A Classification of natural rivers. Catena 22 (1994) str. 169-199

²¹ Tam, gdzie nie jest znana szerokość zalewu powodziowego stosuje się szerokość dna doliny mierzona w przekroju ponad lustrem wody brzegowej na wysokości d_{max} (d_{max} – maksymalna głębokość wody brzegowej). Dla koryt we wciętych dolinach, linię brzegową można określić w terenie jako linię porostu traw



Ryc. 4. Profile podłużne, przekroje i kształty koryt według klasyfikacji Rosgena (1994), zmienione. Przedrukowano za zgodą Elsewiera

i gliniaste. Według oryginalnej propozycji zastosowanie tej klasyfikacji pozwala nie tylko określić w hierarchiczny sposób wszystkie spotykane w naturze koryta strumieni i rzek, ale także ocenić i wykorzystać w praktyce ich przewidywaną ewolucję w ramach zagadnień inżynierskich, ulepszenia środowiska dla ryb oraz zarządzania i renaturyzacji rzek.

Jak wynika z opisów w ogólnej klasyfikacji, koryta zwirowodne mogą przybierać kształty każdego typu. Rosgen uznaje typy C i E za koryta stabilne, w dynamicznej równowadze, posiadające szerokie terasy zalewowe i stosunkowo płytkie koryta. Koryta te są ponadto uznawane za najbardziej wartościowe środowiskowo. Koryta roztokowe (typ D) i anastomozujące (typ DA) można też traktować jako stabilne, jeśli są wystarczająco szerokie lub posiadają stosunkowo szeroką terasę zalewową. Pozostałe typy mogą być traktowane jako stabilne, jeśli spełnione są warunki szczególne towarzyszące opisom, a dotyczące materiału podłoża.

Dla koryt bez szerokich teras zalewowych (typ Aa, A, B, F i G) trudno wnioskować, że będą one kształtowane przez „przepływ brzegowy”, nawet gdyby można było wyróżnić linię brzegową, identyfikując linię porostu traw. Dla tych koryt im większy przepływ w dolinie, tym większa energia kształtująca koryto. Z wyjątkiem przypadków koryt o bardzo małych spadkach lub o bardzo trwałych podłożach (skalnych czy spoistych), trudno uważać ich przebieg i profil za trwałe.

Tabela 2. Zestawienie kryteriów użytych do ogólnej klasyfikacji cieków metodą Rosgena (według: Thorne i in., 1997, skrócone tłumaczenie oryginalnej tabeli)

Typ koryta	Opis i uwagi dotyczące relatywnej stabilności koryt	Wskaźnik wcięcia ciek	Wskaźnik kształtu koryta W/dmax	Krętość koryta	Spadek zazwyczaj [m/m]	Ukształtowanie terenu/ grunty
Aa+	Bardzo strome brzegi, wcięte koryta, transportujące rumowisko, duża energia strumienia	<1,4	<12	1,0-1,1	>0,10	Bardzo duży stopień pofałdowania terenu. Cechy koryta erozyjnego – aluwialnego lub skalnego; duża zdolność do transportu rumowiska. Głęboko wcięte koryta. Pionowe progi z głębokimi kotłami eworsyjnymi; wodospady
A	Cieki strome, wcięte, kaskadowe, o spadzi- stych odcinkach pomiędzy kaskadami. Duża intensywność transportu rumowiska. Bardzo stabilne, jeśli koryto skaliste lub wyście- lone głazami	<1,4	<12	1,0-1,2	0,04-0,10	Duży stopień pofałdowania terenu. Typ podłoża erozyjny – aluwialny lub skalny. Wcięte lub zwarte strumienie z odcinkami kaskadowymi. Blisko rozmieszczone przegłębienia związane z progowo-kotłowym ukształtowaniem dna koryta
B	Koryta umiarkowanie wcięte o umiarkowa- nym spadku z przewagą bystrzy w profilu podłużnym i z rzadkimi przegłębieniami. Bardzo stabilny plan i profil podłużny. Sta- bilne brzegi	1,4-2,2	>12	>1,2	0,02-0,039	Umiarkowany stopień pofałdowania terenu, osady koluwalne i rezydualne. Umiarkowany wskaźnik wcięcia i wskaźnik W/dmax. Wąskie doliny o łagodnym spadku. Głównie bystrza ze sporadycznymi przegłębieniami
C	Rzeki o łagodnym spadku, kręte, łachy na zakolach, aluwialne koryto w sekwencjach bystrze-płoso, z szerokimi, wyraźnie zazna- czonymi terasami zalewowymi	>2,2	>12	>1,4	<0,02	Szerokie doliny z terasami zalewowymi, grunty aluwialne. Nieznaczne wcięcie z wyraźnie zazna- czonym krętym lub meandrującym korytem. Dno ukształtowane w sekwencjach bystrze-płoso
D	Koryta roztokowe z łachami podłużnymi i poprzecznymi. Bardzo szerokie koryto z erodowanymi brzegami	-	>40	-	<0,04	Szerokie doliny ze stożkami napyłowymi. Cechy kształtowane przez rumowisko polodowco- we i przewagę procesów depozycyjnych. Aktywne boczne przemieszczanie się koryta z dużą dostawą rumowiska

Typ koryta	Opis i uwagi dotyczące relatywnej stabilności koryt	Wskaźnik wcięcia ciekłu	Wskaźnik kształtu koryta W/dmax	Krętość koryta	Spadek zazwyczaj [m/m]	Ukształtowanie terenu/ grunty
DA	Rzeki anastomozujące (wielokorytowe) wąskie i głębokie z poszerzającymi się silnie zarosniętymi terasami zalewowymi i związanymi z tym terenami podmokłymi. Bardzo łagodna rzeźba terenu i zróżnicowana krętość. Stabilne brzegi	>4,0	<40	zmienna	<0,005	Szerokie doliny o łagodnym spadku z drobnoziarnistymi osadami aluwialnymi i jeziornymi. Geologia koryt anastomozujących/wielokorytowych powoduje drobnoziarnistą sedimentację z dobrze zarosniętymi łachami, które są stabilne w planie, z szerokimi, bagnistymi terasami zalewowymi
E	Rzeki o łagodnym spadku, meandrujące w sekwencjach bystrze-płoso o niskim wskaźniku W/dmax i niewielkiej depozycji. Bardzo sprawne i stabilne	>2,2	<12	>1,5	<0,02	Szerokie doliny/łuki. Aluwia z terasami zalewowymi. Bardzo kręte, ze stabilnymi, dobrze zarosniętymi brzegami. Występują sekwencje bystrze-płoso. Niski wskaźnik W/dmax
F	Koryta wcięte, meandrujące, z sekwencjami bystrze-płoso, o małym spadku i wysokim wskaźniku W/dmax	<1,4	>12	>1,4	<0,02	Wcięte w silnie wyrównanym podłożu. Łagodne spadki i wysoki wskaźnik W/dmax. Meandrujące, bocznie niestabilne koryto o dużym stopniu erozji brzegów. Ukształtowanie w sekwencji bystrze-płoso.
G	Wcięte koryto rynnowe (gardziel) z progami i przegłębieniami o niskim wskaźniku W/dmax przy umiarkowanym spadku	<1,4	<12	>1,2	0,02-0,039	Wąwóz ukształtowany w kaskady, o średnim spadku i niskim wskaźniku W/dmax. Doliny wąskie lub głęboko wcięte w podłożu zbudowane z osadów aluwialnych, na przykład stożków napływowych lub delt. Niestabilne, z problemami utrzymania spadku i intensywną erozją brzegów

Określenie typu koryta nie wyklucza ewentualności, że aktualny typ koryta jest tylko stanem przejściowym, ewoluującym w kierunku przekształcenia dna doliny i typu koryta, o czym w dalszej części wytycznych.

3

MONITORING DYNAMICZNEJ RÓWNOWAGI KORYT

3.1 Przepływ wód w dolinie

Wielkość przepływu wód przez przekrój doliny zależy od ilości wody dopływającej z dorzecza powyżej tego przekroju i – jeśli nie podlega regulacji w postaci kontroli odpływu z naturalnych czy sztucznych zbiorników – jest procesem stochastycznym, w którym wielkość ta jest determinowana przez wiele czynników, a wynikiowy chwilowy przepływ daje się opisać prawdopodobieństwem występowania na podstawie analizy rozkładu historycznych przepływów. Dla małych zlewni, nie objętych pomiarami wodowskazowymi, przepływy charakterystyczne określa się według wzorów empirycznych, dla większych dane uzyskuje się z załącznika do warunków korzystania z wód określonego regionu wodnego.

Dla obszarów zarządzanych przez RZGW w Krakowie wykaz czynnych posterunków wodowskazowych wraz z ich charakterystyką hydrologiczną znajduje się w załączniku nr 5 do rozporządzenia dyrektora RZGW w sprawie warunków korzystania z wód regionu wodnego²², co znakomicie ułatwia określenie przepływów charakterystycznych dla zlewni zamkniętych wodowskazami. Obowiązujące zasady obliczeń hydrologicznych zawarte są w załączniku nr 4 do tegoż rozporządzenia, wraz z adekwatnymi metodami, wyjaśnieniami, tabelami współczynników i odpowiednią literaturą. Załącznik ten pozwala na obliczenie wielkości przepływów charakterystycznych także i w zlewniach małych, bez wodowskazów.

W szczególności określa się przepływy [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]:

- wysokie, powodziowe, charakteryzowane przez średnią częstość wystąpienia jako maksymalny przepływ roczny lub prawdopodobieństwo przewyższenia w pojedynczym roku – przepływy tysiącletnie, $Q_{0,1\%}$; stuletnie, $Q_{1\%}$; dziesięcioletnie, $Q_{10\%}$; pięcioletnie, $Q_{20\%}$; dwuletnie, $Q_{50\%}$; półroczne, $Q_{67\%}$; coroczne, $Q_{100\%}$,
- niskie: NNQ – najniższy przepływ z wielolecia, SNQ – średni najniższy roczny przepływ z wielolecia,
- średni przepływ z wielolecia – SSQ.

Gromadząc dane dotyczące powyższych przepływów charakterystycznych utrzymanego odcinka rzeki można przewidzieć, że przez większą część roku przepływ będzie o wielkości około SNQ, czasem SSQ, raz do roku około $Q_{80\%}$, oraz że można

²² Rozporządzenie nr 4/2014 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie z dnia 16 stycznia 2014 r. w sprawie warunków korzystania z wód regionu wodnego Górnej Wisły

się spodziewać przez kilka dni wezbrania, które będzie o wielkości od powodzi dwuletniej do tysiącletniej. Określa się także przepływ **Q_{gw90%}**, który oznacza przepływ, występujący przez nie mniej niż 90% dni w roku. Można też spodziewać się wyjątkowej suszy, która najmniejszy przepływ zbliży do wielkości **NNQ**. Natomiast najbardziej interesująca dla celów utrzymania rzeki i doliny będzie odpowiedź na pytanie, jak często będą następowały systematyczne wylewy wody z koryta na terasę zalewową (raz na pięć lat? co drugi rok? raz do roku? częściej?), oraz jak rozległy będzie teren zalewany podczas corocznych i większych (rzadziej występujących) wezbrań.

Ponadto, obserwując szkody wyrządzone przez powódź można wyróżnić **powodzie o charakterze zatapiającym** – kiedy szkody wynikają z zalania terenu, dobytku i infrastruktury (np. w 1997 r. – miasta w dolinie Odry, w 2010 r. – gmina Wilków), oraz **powodzie o charakterze niszczącym** (np. w 2010 r. – Raba w Myślenicach) – kiedy szkody wynikają z erodującego działania prądu wody. Warto przy tym zauważyć, że rozlewne powodzie występują w terenach nizinnych, w płaskich dnach rozległych dolin o niewielkim spadku koryt rzecznych z piaszczysto-mulistym materiałem dna. Powodzie niszczące natomiast są charakterystyczne dla terenów podgórskich i górskich, w dolinach wąskich i/lub dodatkowo zawężanych zabudową, dla koryt o stosunkowo dużych spadkach, o dnie kamienistym i żwirowym. Taki specyficzny charakter powodzi w terenach górskich i podgórskich wymaga właściwego podejścia do oceny stanu koryt sąsiadujących z zabudową i skłania do poszukiwania innych rozwiązań niż w terenach nizinnych, gdzie występują powodzie zatapiające. W szczególności na terenach nizinnych rozwiązaniem jest zazwyczaj ograniczanie powierzchni zalewu, natomiast **w terenach górskich ograniczanie powierzchni zalewu stoi w sprzeczności z ograniczaniem lub unikaniem erodującego działania wody**. Dla ograniczenia ryzyka powodziowego należy liczyć się z poszukiwaniem miejsca dla rzeki zarówno w terenach górskich – dla ograniczenia energii płynącej wody, jak i nizinnych – dla zmniejszenia głębokości zalewu. Takie poszukiwania w celach środowiskowych zalecane są zarówno przez Dyrektywę powodziową, jak i wszędzie w literaturze.

Przyjmuje się powszechnie, że za kształtowanie koryta rzecznego najbardziej jest odpowiedzialny przepływ brzegowy (pełnokorytowy), cechujący rozpatrywany przekrój koryta. **Przepływ brzegowy** to przepływ wypełniający w całości koryto w rozpatrywanym przekroju – po jego przekroczeniu woda wylewa się na terasę zalewową i w związku z tym przy dalszym zwiększaniu się przepływu głębokość i jednostkowa moc strumienia wód korytowych wzrasta wyraźnie wolniej niż do momentu wypełnienia koryta. W korytach naturalnych wielkość przepływu brzegowego w kolejnych przekrojach jest zazwyczaj podobna i odpowiada przepływowi o prawdopodobieństwie przewyższenia od 20% do 80%, a w zrównoważonych korytach żwirowodennych od 50% do 80%, z wartością modalną 67%. Koryta uregulowane były zazwyczaj projektowane na przepływ miarodajny o prawdopodobieństwie od 50% do 10%, oraz były sprawdzane na przepływy „kontrolne”²³ o prawdopodobieństwie 20% do 1%, czyli na prze-

plywy znacząco większe niż odpowiadające przepływowi brzegowemu w korytach naturalnych. Uregulowanie rzek do kształtów geometrycznych zaburza też położenie koryta w stosunku do poziomu teras zalewowych i może się okazać, że sprawdzając kolejne przekroje rzeki uregulowanej uzyska się zaskakujące zróżnicowanie wielkości przepływu brzegowego. Częściowo wynika to także z faktu, że w rzekach występuje zróżnicowanie przekrojów koryta pomiędzy bystrzami i plosami.

Obserwując przepływ w dolinie rzeki posiadającej układ bystrzy i plos zauważa się, że przepływ brzegowy odbywa się wzdłuż spadku koryta S , a widoczne przy niższych stanach wody załamania profilu lustra wody wywołane występowaniem koron bystrzy zanikają. Strumień przepływu pomiędzy bystrzami spiętrzony jest płytszymi przekrojami bystrzy i nie ma większego znaczenia, czy pomiędzy bystrzami plosa są płytsze czy głębsze. Jeśli celem utrzymania rzeki będzie między innymi wyrównanie przepływów brzegowych poprzez ewentualne regulowanie położenia wysokości koron bystrzy w stosunku do teras zalewowych, to **wybór przekrojów dla określenia przepływów brzegowych powinno się ograniczyć do przekrojów zlokalizowanych na koronach bystrzy**. W takim przypadku:

- spadek koryta i lustra wody można przyjąć jako S ,
- parametry uziarnienia dna przyjmuje się jak dla rejonów koron bystrzy,
- parametry geometryczne przekrojów wynikają z bezpośredniego pomiaru terenowego szerokości lustra wody brzegowej W , powierzchni przekroju koryta A ograniczonego położeniem lustra wody brzegowej, oraz głębokości maksymalnej koryta d_{\max} , pomiędzy lustrem wody brzegowej a linią nurtu.

Jest więc możliwe oszacowanie wielkości przepływu w każdym z takich przekrojów za pomocą ogólnie znanych wzorów empirycznych, na przykład wzoru Manninga na średnią prędkość wody V w przekroju o współczynniku szorstkości n :

$$V = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2} \quad [m \text{ s}^{-1}]$$

gdzie promień hydrauliczny $R = A/U$, A – powierzchnia przekroju, U – obwód zwilżony. Współczynniki n do wzoru Manninga wybiera się z tabel²⁴, gdzie dla górskich rzek średnia wartość parametru dla dna zwirowego z występującymi otoczkami i nielicznymi głazami wynosi 0,040 (0,030 do 0,050), a dla dna kamienistego z dużymi głazami 0,050 (0,040 do 0,070) [$m^{-1/3} \text{ s}$]. W tabelach znaleźć można współczynnik szorstkości n dla innych koryt naturalnych i sztucznych, oraz powierzchni teras zalewowych, od 0,015 dla betonowych koryt i ciosanego kamienia do 0,150 dla gęstej wikliny.

²³ Przepływ miarodajny - przepływ maksymalny w korycie projektowanym; przepływ kontrolny przy regulacji rzek służył sprawdzeniu stabilności rumowiska o uziarnieniu miarodajnym w zaprojektowanym przekroju przy przepływie większym niż miarodajne

²⁴ Żelazo J., Poppek Z.: Podstawy renaturyzacji rzek. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2014

Porównanie wielkości oszacowanego przepływu brzegowego dla danego przekroju na bystrzu z przepływami charakterystycznymi daje pogląd o częstotliwości wylewów w tym przekroju. Analiza jednorodności przepływów brzegowych oszacowanych dla serii przekrojów na bystrzach daje pogląd o równomierności oddziaływania przepływów na koryto w rozpatrywanym odcinku.

Katastrofalne przepływy powodziowe niekoniecznie muszą mieć wpływ na powodowanie strat w dolinie, o ile zagospodarowanie dna doliny jest dostosowane do takich zdarzeń. W terenach górzystych, gdzie powodzie mają charakter niszczący, zabezpieczeniem przed stratami jest szerokie i płytkie koryto mieszczące nurt o umiarkowanej mocy strumienia i dostatecznie rozległa terasa zalewowa dla pomieszczenia nadmiaru wód, zagospodarowana jako łąka lub las.

3.2 Jednostkowa moc strumienia

W planowaniu przeciwpowodziowym lub w utrzymaniu rzek kluczową rolę odgrywa umiejętność oceny energii, z jaką woda oddziałuje na koryto. Stosunkowo łatwym do ustalenia parametrem określającym tempo wydatkowania energii ciekłu na jednostkowej powierzchni dna przy określonym przepływie jest jednostkowa moc strumienia (ang.: *unit stream power*), obliczana następującym wzorem:

$$\omega = (\gamma_w * g * Q * S) / w \quad [W \text{ m}^{-2}], \text{ czyli}$$

$$\omega = (9810 * Q * S) / w \quad [W \text{ m}^{-2}]$$

gdzie: ω – jednostkowa moc strumienia [$W \text{ m}^{-2}$],

γ_w – gęstość wody [$kg \text{ m}^{-3}$],

g – przyspieszenie ziemskie [$m \text{ s}^{-2}$],

Q – przepływ wody [$m^3 \text{ s}^{-1}$],

S – spadek ciekłu w wartościach niemianowanych,

w – szerokość ciekłu [m] przy napelnieniu przepływem Q .

Przy wzrastającym napelnieniu przekroju zwiększającym się przepływem Q jednostkowa moc strumienia ω wzrasta. Funkcja ta dobrze opisuje sytuację, kiedy od momentu zatopienia brzegów ciekłu dalszy wzrost przepływu powoduje stosunkowo niewielki przyrost jednostkowej mocy strumienia w strefie korytowej o małym wpływie na kształtowanie koryta. Biorąc powyższe pod uwagę można łatwo przyjąć, obliczyć i pomierzyć parametry mogące służyć ocenie koryt naturalnych i uregulowanych – na przykład w przekrojach kontrolnych umiejscowionych na koronach bystrzy²⁵.

²⁵ Podejście polegające na konieczności identyfikowania koron naturalnych bystrzy i monitorowania ich stanu zostało zaproponowane w „Zasadach dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich” i okazało się być bardzo przydatne, gdyż stan bystrzy jest podstawowym czynnikiem kontrolującym retencję korytową, która objawia się występowaniem głębokich plos (przegłębień) pomiędzy płytszymi bystrzami

Tabela 3. Charakterystyka cieków naturalnych o określonej jednostkowej mocy strumienia

Jednostkowa moc strumienia przy przepływie pełnokorytowym	Charakter cieku naturalnego
$\leq 10 \text{ W m}^{-2}$	Ciek piaszczysty o małej mocy strumienia
$10 \div 35 \text{ W m}^{-2}$	Ciek żwirodenny, niskoenergetyczny, stabilny. Wykazuje tendencję do formowania koryta o małym zróżnicowaniu morfologii oraz siedlisk organizmów
$35 \div 100 \text{ W m}^{-2}$	Ciek żwirodenny o dużej energii strumienia, zachowujący równowagę w przypadku ograniczonej dostawy rumowiska i adekwatnym uziarnieniu bystrzy i plos
$100 \div 300 \text{ W m}^{-2}$	Ciek żwirodenny lub kamienisty o bardzo dużej energii strumienia i korycie stabilnym tylko w przypadku niezaburzonej dostawy rumowiska z brzegów lub dopływów
$\geq 300 \text{ W m}^{-2}$	Ciek kamienisty, przy zewnętrznych ograniczeniach koryta i doliny niestabilny i wykazujący tendencję do transformacji w koryto skalne

Jest możliwe obliczanie jednostkowej mocy strumienia dla każdego przekroju, któremu można przyporządkować parametry wchodzące do wzoru na jej obliczenie. Niemniej jednak trzeba ostrożnie podchodzić do wniosku na podstawie obliczonych wielkości jednostkowej mocy strumienia, jeśli ma się do czynienia ze sztucznie zawężonymi korytami oraz z korytami o bardzo zróżnicowanej morfologii.

W tabeli 3 zestawiono przedziały jednostkowej mocy strumienia przy przepływie pełnokorytowym, charakterystyczne dla różnych rodzajów naturalnych cieków, zacytowane z „Zasad dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich”²⁶.

Oprócz klasyfikacji cieków naturalnych parametr jednostkowej mocy strumienia jest stosowany do wykrycia przekrojów w korytach i w terenach zalewowych, w których wydatek przepływu na jednostkę powierzchni jest największy. W tych właśnie miejscach może występować nadmierna erozja podczas powodzi.

Przy obliczaniu jednostkowej mocy strumienia ponad terasami zalewowymi można zmniejszyć całkowity przepływ, dla którego oblicza się tę wielkość o wielkość przepływu pełnokorytowego i zwiększyć spadek z S do S_v (spadek cieku do spadku doliny). Aby zachować tereny zielone i utwardzone bez nadmiernych zniszczeń, wynikowa średnia moc strumienia nie powinna być większa niż około 50 W m^{-2} .

3.3 Równania równowagi koryt żwirodennych Hey’a – Thorne’a

Równowaga koryt naturalnych opisywana była różnymi równaniami, zazwyczaj formułowanymi osobno dla rzek o dnie piaszczystym i osobno dla rzek żwirodennych. **Równania równowagi naturalnych koryt żwirowych Hey’a – Thorne’a** zakładają, że rzeki żwirodenne posiadają dziewięć stopni swobody, dostosowując

²⁶ Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyźga B., Zalewski J.: Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2005

poprzez erozję i depozycję swe średnie szerokości zwierciadła wody brzegowej (**W**), głębokości (**d**), maksymalne głębokości (**d_{max}**), wysokości (Δ) i długości fali (λ) form korytowych, prędkości (**V**), spadku (**S**), krętości koryta (**p**) i długości łuku meandra (odległość pomiędzy koronami bystrzy mierzona wzdłuż linii nurtu) (**z**). Dla odcinków rzek, które nie ulegają systematycznym zmianom przez okres kilku lat, wielkości te mogą być uważane za zmienne zależne. W takim wypadku rumowisko dostarczane z dorzecza jest przenoszone w rozpatrywanym odcinku bez przeważającej erozji czy depozycji.

Zmienne niezależne odpowiedzialne za kształtowanie wymiarów rzeki to:

- przepływ (**Q**);
- ilość rumowiska wlezonego przy przepływie brzegowym (**Qs**);
- uziarnienie powierzchniowej warstwy rumowiska dennego (**D**);
- materiał brzegu i teras zalewowych rzeki;
- zarośla i zadrzewienia brzegów;
- spadek doliny (**Sv**).

Zmiana któregośkolwiek z powyższych czynników zewnętrznych będzie skutkowała zmianą geometrii koryta rzeki, która w końcu ukształtuje się w równowadze z tym zmienionym czynnikiem. Jeśli zmienne niezależne pozostaną po zasadniczej zmianie ponownie ustalone, to nowy kształt koryta rzeki będzie zdefiniowany przez ten nowy zestaw zmiennych niezależnych. W warunkach równowagi dynamicznej funkcje zmiennych niezależnych są zazwyczaj stałe. Wyjątkiem są funkcje opisujące przepływ i ilość rumowiska wlezonego, które są znacząco i stochastycznie zmienne w czasie. Istnieje powszechne przekonanie, poparte wielką ilością przykładów i dowodów, że przepływ pełnokorytowy (brzegowy) jest w znacznej mierze odpowiedzialny za transport rumowiska wlezonego, a więc za uformowanie koryta. W równaniach równowagi mierzy się szerokość koryta jako szerokość lustra wody brzegowej (**W**), a średnią głębokość koryta (**d**) jako iloraz powierzchni przekroju koryta (**A**) przez szerokość lustra wody (**W**).

Spośród wielu zależności opisujących parametry stabilnych koryt zwirowych tylko równania Hey'a – Thorne'a pozwalają na uwzględnienie różnych wielkości transportu rumowiska. Jakkolwiek wielkość ta ma znikomy wpływ na geometrię koryta, to jednak z zależności pomiędzy wielkością transportu rumowiska a uziarnieniem dna koryta można wyciągnąć wiele istotnych wniosków. Na przykład wynika z nich wyraźnie, że zmniejszanie dostawy rumowiska ma związek z formowaniem się opancerzenia dna koryta ciekłu. W równaniach tych średnia głębokość, maksymalna głębokość i średnia szerokość mierzone są w czterech charakterystycznych przekrojach (bystrze – płoś – bystrze – płoś) na całej długości meandra.

Równania (tab. 4, 5) dotyczą określenia szerokości lustra wody brzegowej **W** (średniej, na bystrzu i w płośie), spadku koryta **S**, krętości ciekłu $p = Sv/S$, długości łuku meandra **z**, głębokości średniej w przekroju **d** (średnio, na bystrzu i w płośie), głębokości maksymalnej w przekroju **d_{max}** (średnio, na bystrzu i w płośie) dla

Tabela 4. Zestaw zmiennych równań Hey'a – Thorne'a z zakresem ich stosowalności

Parametr	Symbol	Zakres stosowalności	Jednostka
Przepływ pełnokorytowy	Q	3,9 ÷ 424	m ³ s ⁻¹
Całkowita ilość rumowiska wlezonego przypadająca na metr szerokości żwirowego dna przy przepływie pełnokorytowym*	Qs	0,001 ÷ 14,14	kg s ⁻¹
Mediana rozkładu uziarnienia materiału dna	D ₅₀	0,014 ÷ 0,176	m
Materiał brzegu	złożony, drobny piasek pylasty, grunty spoiste ponad warstwą żwiru		
Formy korytowe	płaskie		
Zarośla brzegowe	Typ I – 0% drzew i krzewów Typ II – 1 ÷ 5% drzew i krzewów Typ III – 5 ÷ 50% drzew i krzewów Typ IV > 50% drzew i krzewów		
Spadek doliny	Sv	0,00166 ÷ 0,0219	
Kształt koryta	prosty lub meandrujący		
Kształt profilu dna	bystrza i płosa		

* Tak jak określone w publikacji: Parker G., Klingeman P. C. i McLean D. G., 1982. Bedload and size distribution in paved gravel-bed streams. Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, 108(HY4), 544-571

Tabela 5. Równania Hey'a – Thorne'a opisujące parametry koryta

Wymiar koryta	Równanie		Jedn.
Szerokość lustra wody brzegowej (średnio na odcinku)	$W = 4,33Q^{0,5}$	Typ I	m
	$W = 3,33Q^{0,5}$	Typ II	m
	$W = 2,73Q^{0,5}$	Typ III	m
	$W = 2,34Q^{0,5}$	Typ IV	m
Głębokość pełnokorytowa (średnio na odcinku)	$d = 0,22Q^{0,37}D_{50}^{-0,11}$		m
Spadek wody brzegowej	$S = 0,087Q^{-0,43}D_{50}^{-0,09}D_{84}^{0,84}Q_s^{0,10}$		m/m
Maksymalna głębokość wody brzegowej	$d_{max} = 0,20Q^{0,36}D_{50}^{-0,56}D_{84}^{0,35}$		m
Długość łuku meandra	$z = 6,31 W$		m
Krętość cieku	$p = S_v/S$		-
Szerokość lustra wody brzegowej na bystrzu	$RW = 1,034 W$		m
Głębokość wody brzegowej na bystrzu	$Rd = 0,951 d$		m
Maksymalna głębokość wody brzegowej bystrza	$Rd_{max} = 0,912 d_{max}$		m
Szerokość lustra wody brzegowej w plosie	$PW = 0,966 W$		m
Głębokość wody brzegowej w plosie	$Pd = 1,049 d$		m
Maksymalna głębokość wody brzegowej w plosie	$Pd_{max} = 1,088 d_{max}$		m

zadanych zmiennych niezależnych: Q (przepływ), Q_s (ilość rumowiska wlezonego), D_{50} i D_{84} (mediana i 84 percentyl rozkładu średnic żwiru²⁷) i stopnia porośnięcia brzegów krzewami i drzewami.

3.4 Symulacja warunków równowagi za pomocą równań Hey'a – Thorne'a

Dla ułatwienia posługiwania się równaniami Hey'a – Thorne'a zaleca się ułożyć arkusz kalkulacyjny, w którym zmienne niezależne zgrupowane są po lewej stronie, a po prawej stronie automatycznie wyliczają się parametry przekroju koryta i spadek koryta S . Trzeba też w formule na szerokość wody brzegowej wstawić właściwy mnożnik w zależności od rzeczywistego stopnia obrosnięcia brzegów drzewami i krzewami. Dla symulacji warunków w nowych korytach przyjmuje się mnożnik jak dla braku drzew i krzewów.

Ponieważ zazwyczaj nie ma możliwości uzyskania informacji o transporcie rumowiska przy przepływie brzegowym, określenie z góry danych wejściowych dotyczących wielkości transportu rumowiska może być dokonane tylko w przypadku posiadania takowych z literatury lub wydedukowanych z okoliczności dotyczących rozpatrywanego ciek. Na przykład wartości minimalne mogą być przyjmowane dla odcinków rzek poniżej i w pobliżu zapór. Przy braku jakichkolwiek wskazówek dotyczących transportu rumowiska można dobrać wielkość transportu w dostosowaniu do wszystkich danych (D_{50} , D_{84} , Q) i pomierzonego spadku S i jeśli uda się uzyskać spełnienie układu równań równowagi, to tak określona ilość transportu rumowiska Q_s determinuje równowagę koryta w rozpatrywanym przekroju. Poniższa kopia arkusza kalkulacyjnego pokazuje, jaki wpływ na zrównoważone koryto żwirowe ma **obecność zarośli brzegowych** na odcinku Raby w Myślenicach. Oszacowana wielkość Q_s dla przepływu brzegowego wynosi w tym przypadku 2,7 kg/s, bez względu na szerokość koryta, odległość pomiędzy koronami bystrzy i stopień porośnięcia brzegu zaroślami, która to cecha wpływa bezpośrednio na poprzednio wymienione parametry W i z .

Dane:		Wyniki obliczeń dla 0% zarośli													
Q67	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S	
131	2,7	0,070	0,130	49,6	51,2	47,9	1,79	1,70	1,88	2,51	2,29	2,73	313	0,00270	
Dane:		Wyniki obliczeń dla 1 do 5% zarośli													
Q67	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S	
131	2,7	0,070	0,130	38,1	39,4	36,8	1,79	1,70	1,88	2,51	2,29	2,73	240	0,00270	
Dane:		Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli													
Q67	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S	
131	2,7	0,070	0,130	31,2	32,3	30,2	1,79	1,70	1,88	2,51	2,29	2,73	197	0,00270	

²⁷ Próbką zbierana ilościowa, grid by number sample ISO 9195:1992(E), dotycząca warstwy opancerzenia dna

Zmniejszenie dostawy **rumowiska Q_s**, powoduje zmniejszenie wynikowego spadku w symulacji, co oznacza, że dla zachowania spadku koryta **S** dostawa rumowiska nie powinna się zmniejszać. Odwrotnie, zwiększaniem dostawy rumowiska można dostosować wynikowy spadek do zastanego w rzeczywistości, patrz poniższa kopia arkusza kalkulacyjnego.

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli										
Q67	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S
131	0,1	0,070	0,130	31,2	32,3	30,2	1,79	1,70	1,88	2,51	2,29	2,73	197	0,00194

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli										
Q67	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S
131	5	0,070	0,130	31,2	32,3	30,2	1,79	1,70	1,88	2,51	2,29	2,73	197	0,00288

Najczęstszym przypadkiem, z którym ma się do czynienia podczas utrzymania rzek jest sytuacja, kiedy dane wejściowe do symulacji ograniczają się do spadku, uziarnienia i powierzchni przekroju określonych pomiarami terenowymi (**S**, **D₅₀**, **D₈₄**, **A**), z których wynika oszacowany na podstawie wzoru Manninga przepływ brzegowy **Q_B** (tutaj = **150**). Jeśli wyliczony spadek jest mniejszy niż pomierzony w terenie, świadczy to o możliwości utraty równowagi w tym przekroju. Zwiększając maksymalny wymiar uziarnienia w równaniach można wtedy uzyskać w wyniku właściwy (pomierzony = **0,00270**) spadek. Takie faktyczne **zwiększenie maksymalnego wymiaru ziarna osadów dennych** można stosunkowo łatwo uzyskać poprzez uzupełnianie koron naturalnych bystrzy grubym żwirem lub rumoszem skalnym, jak pokazuje poniższa kopia arkusza kalkulacyjnego.

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli										
QB	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S
150	2,7	0,070	0,130	33,4	34,6	32,3	1,88	1,79	1,97	2,64	2,40	2,87	211	0,00255

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli										
QB	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S
150	2,7	0,070	0,139	33,4	34,6	32,3	1,88	1,79	1,97	2,70	2,46	2,94	211	0,00270

W monitorowaniu równowagi koryt porównanie średniej głębokości i maksymalnej głębokości bystrza (**Rd** i **Rd_{max}**) pochodzących z symulacji z pomierzonymi w terenie stanowi użyteczną podstawę wnioskowania. Szczególnie w uregulowanych korytach tworzące się wyboje w okolicy umocnień brzegowych powodują zagrożenie dla równowagi koryta. W omawianym przykładzie ważne jest, żeby głębokość średnia na bystrzu nie była większa niż 1,79 m, a maksymalna głębokość na bystrzu nie większa niż 2,29 m (dla przepływu **Q_{67%}**). W poniższych tabelach przedstawiono pomierzone parametry przekrojów na czterech kolejnych bystrzach Raby w Myślenicach, które wykazują przekroczenie średnich i maksymalnych głębokości równowagi

na bystrzach, a następnie przedstawiono wyniki obliczeń tych parametrów dla zaplanowanych działań utrzymaniowych. Mogą one polegać na:

- obniżeniu rzędnej terasy zalewowej **Hb**,
- zwiększeniu rzędnej linii nurtu **Hn** (zmniejszenie głębokości maksymalnych na bystrzu) poprzez wypełnienie wybojów rumoszem skalnym.

Rzeka Raba: stan istniejący 2010

nr	km	Hb	Hn	S	W	A	Rd	Rd _{max}	U	n	R	V	QB	ω
1A	72+773,43	283,93	280,58	0,0026	57,41	115,14	2,01	3,35	58,07	0,055	1,98	1,46	168,51	75
1C	72+473,95	283,29	280,45	0,0026	53,82	121,66	2,26	2,84	56,98	0,055	2,14	1,54	187,07	89
1E	72+152,00	282,50	279,49	0,0026	57,71	123,19	2,13	3,01	60,21	0,055	2,05	1,49	184,11	81
0	71+867,02	281,55	279,39	0,0026	52,80	89,36	1,69	2,16	54,44	0,055	1,64	1,29	115,30	56

Rzeka Raba: wyboje wypełnione (sugestia)

nr	km	Hb	Hn	S	W	A	Rd	Rd _{max}	U	n	R	V	QB	ω
1A	72+773,43	283,93	281,64	0,0027	57,41	100,83	1,76	2,29	58,00	0,055	1,74	1,37	137,75	64
1C	72+473,95	283,29	281,20	0,0027	53,82	91,00	1,69	2,09	56,00	0,055	1,63	1,31	118,85	58
1E	72+152,00	282,50	280,40	0,0027	57,71	99,34	1,72	2,10	60,00	0,055	1,66	1,32	131,37	60
0	71+867,02	281,55	279,39	0,0027	52,80	89,36	1,69	2,16	54,44	0,055	1,64	1,31	117,49	59

Jednocześnie warto zauważyć z powyższego, że mimo niewielkiego zwiększenia spadku koryta na rozpatrywanym odcinku, maksymalna jednostkowa moc strumienia ω ulega zmniejszeniu, co wynika ze zmniejszenia przepływu pełnokorytowego kosztem niewielkiego zwiększenia przepływu w obszarze zalewowym.

Czynności utrzymaniowe zaplanowane w wyniku powyższej analizy nie zostały wykonane, a powódź z roku 2010 zweryfikowała zagrożenia wynikające z istnienia wybojów w bystrzach koryta. Monitoring położenia koron bystrzy wykazał stosunkowo szybkie wecinanie się koryta Raby w uregulowanym odcinku rzeki w Myślenicach. Erozja denną na koronach bystrzy w marcu 2010 spowodowała, że przekroje wykazały nie tylko nadmierne głębokości maksymalne, ale także zbyt duże głębokości średnie, a proces erozji postępował dalej, co stwierdzono w lutym 2011 (po powodzi 2010 roku). Dopiero pod koniec roku 2013, podczas remontu zdegradowanego umocnienia brzegowego, uznano za celowe wypełnienie wyboju w jednym ze wskazanych przekrojów wraz z utworzeniem bystrza o właściwym spadku podłużnym i korektą spadku lewobrzeżnej terasy zalewowej (tab. 6, ryc. 5). W rezultacie tego działania koryto odzyskało równowagę dynamiczną na odcinku poniżej „gorsetu myślenickiego” (umocnionego budowlami poprzecznymi i podłużnymi kanału regulacyjnego o przepustowości $Q_{20\%}$) oraz połączenie z wodami gruntowymi w dolinie, których lustro lokalnie podniosło się o około 0,8 m.

Inne przykłady stosowania równań Hey’a – Thorne’a można znaleźć w literaturze technicznej.

Tabela 6. Monitoring rozwoju erozji korony naturalnego bystrza rzeki Raby poniżej ujęcia wody w Myślenicach (bystrze 1A) w latach 2007-2013, obejmującego korektę korony bystrza w roku 2013 poprzez wypełnienie wyboju przy brzegu lewym

Pomiar	Szerokość lustra wody brzegowej W [m]	Powierzchnia przekroju pełnokorytowego A [m ²]	Głębokość średnia d [m]	Głębokość nurtu d _{max} [m]	D ₅₀ [m]	D ₈₄ [m]
Parametry równowagi koryta dla Q _{67%} = 131 m ³ s ⁻¹	50,0	85,0	1,70	2,39	0,070	0,146
Lipiec 2007	55,0	91,0	1,65	2,40	0,07	0,18
Marzec 2010	57,4	115,1	2,01	3,35	0,07	0,20
Luty 2011	57,4	124,3	2,17	3,79	0,07	0,21
Grudzień 2013	48,5	85,5	1,49	2,21	-	-

D₅₀, D₈₄ – mediana i 84 percentyl rozkładu uziarnienia rumowiska



Ryc. 5. Korona naturalnego bystrza 1A skorygowana narzutem z grubego rumoszu skalnego o uziarnieniu 200/800 mm w ramach utrzymania wód, grudzień 2013

3.5 Strategia utrzymania rzek górskich dla ich renaturyzacji

Możliwość monitorowania równowagi koryt zwirowych stwarza niepowtarzalną szansę na zmianę podejścia do utrzymania naturalnych rzek. W wyniku przeprowadzenia monitoringu możliwe jest bowiem zapobieganie gwałtownym przemianom koryt mogącym zagrażać pobliskiej infrastrukturze. W przypadku szkód powodziowych możliwa jest też analiza wykazująca, że nie zawsze odpowiedzią na zagrożenie

powodziowe musi być wykonanie zabudowy naturalnej rzeki. Co więcej, jak wynika z równań równowagi, zarośla brzegowe (drzewa i krzewy) mają niebagatelną rolę w utrzymaniu stabilności koryta i określają parametry jego przekroju, a więc zamiast być usuwane powinny być przedmiotem troskliwego utrzymania.

Uregulowane rzeki także mają w Prawie wodnym status naturalnych cieków, ale ich zabudowa pogarsza ich jakość w stosunku do kryteriów referencyjnych RDW. Ponadto trwała zabudowa ma bezpośredni wpływ na utratę wartości ekologicznych objawiającą się brakiem sekwencji bystrze-płoso, odcięciem od teras zalewowych, brakiem sedymentacji pozakorytowej i brakiem wymiany wód płynących z wodami gruntowymi. Ustanowienie naturalnych bystrzy w korytach uregulowanych i ich monitoring może przynieść efekt nie tylko w postaci niższych kosztów utrzymania, wyprzedzających zniszczenie istniejących umocnień brzegowych, ale w krótkim czasie może doprowadzić do poprawy siedlisk organizmów rzecznych.

Wysoka energia strumienia górskich rzek sprawia, że nie trzeba wykonywać szeroko zakrojonych prac inżynierskich dla ich renaturyzacji. Przecież żeby górską rzeką stała się naturalną wystarczy ją pozostawić bez ingerencji na kilkadziesiąt lat i sama pokaże, jakiej przestrzeni potrzebuje i jaką naturalną formę przyjmie. A więc nie należy oczekiwać trudności ze strony przyrody – sama sobie poradzi²⁸. Na spotkaniach z administracją rzeki, lokalnymi władzami i z mieszkańcami nikt nie ma pod tym względem żadnych wątpliwości. Najważniejszym elementem dyskusji i troski jest nie to, czy rzeka potrafi się odrodzić, ale to, czy przy okazji wyrwie mieszkańcom przyległych terenów to, co od niej wcześniej zagarnęli. Że przy najbliższej powodzi wedrze się do wioski i upomni o rzeczny żwir na drogach i podwórkach, kamienie w podmurówkach domów, olchowe polana opałowe wycięte na łągach, słowem upomni się nie tylko o przestrzeń, ale i o swą własność. Stąd najwięcej uwagi trzeba poświęcać przy utrzymaniu rzek nie temu, co naturalne, ale temu, co na granicy obszaru naturalnego jawi się sąsiadom jako wrogi żywioł i możliwość odebrania dawniej zagarniętych pożytków. Tak więc powodzenie osiągnięcia celów utrzymania leży w zapewnieniu, że zamierzenie nie naruszy prawomocnych interesów mieszkańców terenów nadrzecznych. Renaturyzacja jest więc takim utrzymaniem, które godzi w sposób zrównoważony cele ograniczania ryzyka powodziowego, cele środowiskowe oraz cele estetyczno-rekreacyjne.

²⁸ Odnosi się to do cech hydromorfologicznych. Raz utracona różnorodność biologiczna rzek może już nigdy nie zostać odzyskana

4

ZBIORY DANYCH

4.1 Mapy zagrożenia powodziowego <http://mapy.isok.gov.pl/imap/>

W dniu 15 kwietnia 2015 r. na Hydroportalu opublikowane zostały zweryfikowane i ostateczne wersje map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego w formacie pdf. Jednocześnie mapy zostały przekazane przez Prezesa Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej organom administracji wskazanym w ustawie Prawo wodne (art. 88f ust. 3) i jako oficjalne dokumenty planistyczne stanowią podstawę do podejmowania działań związanych z planowaniem przestrzennym i zarządzaniem kryzysowym.

Po wybraniu określonego arkusza mapy narzędziem „wybierz arkusz mapy” pokazuje się okno z numerem arkusza oraz wyborem map zagrożenia powodziowego i ryzyka powodziowego. Mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego są dla prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi 10%, 1% i 0,2% (powódź raz na 10, 100 lub 500 lat), natomiast mapy ryzyka powodziowego dzielą się na dotyczące negatywnych konsekwencji dla ludności oraz wartości potencjalnych strat powodziowych i na mapy negatywnych konsekwencji dla środowiska, dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej (dla poszczególnych prawdopodobieństw ryzyka powodziowego).

Dla celów ogólnych i poglądowych mapy ryzyka powodziowego są przydatne w szczególności dla zorientowania się w jak wrażliwym otoczeniu rzeka przebiega w dolinie. Wykazane są tam obszary w terenach zalewowych i w granicach działki właściciela wody wymagające utrzymania, takie jak lasy i łąki. Mapy zagrożenia powodziowego są bardziej przydatne, gdyż można na nich odczytać (odmierzyć):

- kilometraż i rzędne zwierciadła wody powodziowej wzdłuż rzeki, a więc określić spadek lustra wody powodziowej, spadek doliny i krętość koryta,
- rozkład głębokości wody, określający głębokość zalewu wody do 0,5 m, do 2 m, do 4 m i powyżej 4 m przy określonym zagrożeniu powodziowym,
- szerokość zalewu wód powodziowych, czyli wielkość potrzebną dla określenia wskaźnika wciągnięcia cieku w dolinę.

Najbardziej przydatne do utrzymania wód były mapy ze studium ochrony przeciwpowodziowej, z których bezpośrednio można było odczytać wiele informacji, między innymi szerokości i napełnienia koryt, szerokości terasy zalewowej, itp. Tam, gdzie granice koryta pokrywają się mniej więcej z obrysem wód o prawdopodobieństwie przewyższenia 50%, a terasa zalewowa jest stosunkowo szeroka, tam najpraw-

dopodobniej znajduje się naturalna rzeka z niewielkimi potrzebami utrzymaniowymi. Natomiast w miejscach zwężenia terasy zalewowej oraz w miejscach, gdzie koryto prowadzi przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 20% i mniejszym – tam z pewnością prace utrzymaniowe okażą się konieczne. Tak więc w oparciu o te mapy można było dokonać ogólnego przeglądu sytuacji w celu planowania utrzymania rzek, zwłaszcza że przedstawiały one także tereny o znaczeniu kulturowym, gospodarczym i społecznym, które miały podlegać ochronie. Dla osób mających dostęp do tych map może się okazać, że będą chciały mieć do nich dostęp także i dziś, właśnie dla celów utrzymania rzek.

4.2 Mapy obszarów chronionych <http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>

Pod powyższym adresem znaleźć można zasięg wszystkich obszarów chronionych, na różnych mapach (w tym na ortofotomapie GUGiK). Można wyszukiwać Obszary Natura 2000 (siedliskowe i ptasie), parki narodowe, rezerваты, obszary chronionego krajobrazu, parki krajobrazowe i zespoły przyrodniczo-krajobrazowe, a także pomniki przyrody i użytki ekologiczne. Mapy te zawierają ponadto szerszy zakres różnych danych środowiskowych, danych dotyczących granic administracyjnych i katastralnych oraz państwowy rejestr nazw geograficznych. Możliwość przeglądania obszarów chronionych jest przydatna dla określenia zasięgu konieczności ewentualnego stosowania niniejszych wytycznych utrzymania rzek. Oprócz tego mapa zawiera warstwę KZGW zawierającą jednolite części wód podziemnych i powierzchniowych oraz zlewnie jednolitych części wód powierzchniowych z roku 2013.

4.3 Mapy inne <http://mapy.geoportal.gov.pl/imap/>

Geoportal w części ogólnodostępnej oferuje mapy pokazujące (informacyjnie) granice i numery działek katastralnych i inne dane ewidencyjne wg. KIIP i COD-GiK, ortofotomapy, mapy topograficzne (z poziomiami i punktami wysokościowymi) oraz umożliwia wiele innych zastosowań, np. pomiar powierzchni i odległości w celach poglądowych, możliwość porównania granic obszarów Natura 2000, granic działki właściciela wody oraz granic obszarów zalewowych. Jest możliwe zdefiniowanie odpowiedniego układu współrzędnych. Można dodawać własne warstwy map z zewnętrznych serwerów WMS (Web Map Service) i WMTS (Web Map Tiling Service) oraz zapisywać własne kompozycje, złożone z tychże map. Oczywiście zaimplementowane jest wyszukiwanie na podstawie wielu warunków i metadanych. Z map dostępnych na Geoportalu można korzystać również za pomocą oprogramowania typu GIS (Geographic Information System), np. bezpłatnego i otwartoźródłowego QuantumGIS (w skrócie QGIS; <http://www.qgis.org/>), właśnie za pośrednictwem protokołu WMS.

4.4 Pomiary sytuacyjne GPS i taśmą mierniczą

Do pomiarów sytuacyjnych przebiegu koryta oraz dla zorientowania się w położeniu koryta rzeki w działce właściciela wody oraz w zasięgu terenów zalewowych niezastąpiona jest nawigacja satelitarna GPS o dokładności kilku metrów. Możliwe jest następnie naniesienie punktów na mapy, obliczanie długości linii łamanych, powierzchni wielokątów oraz pełne wnioskowanie z tego płynące. Określenie położenia GPS daje też możliwość wyznaczenia z wystarczającą dokładnością zadań utrzymaniowych oraz ich kontroli.

Pomiary odległości taśmą mierniczą tylko wyjątkowo będą potrzebne w przypadku określania punktów przekrojów koryt, określenia długości krzywych będących linią brzegową (dokładność do około 10 cm) oraz ewentualnie domiarów założonych punktów referencyjnych do obiektów terenowych (dokładność do 1 cm).

Dla określenia powierzchni gruntu do celów odszkodowań za grunty trwale zajęte przez wody płynące oraz dla dokładnego wyznaczenia granicy działki konieczne jest skorzystanie z usług uprawnionego geodety.

4.5 Pomiary niwelatorem lub poziomnicą laserową

Pomiaru przekrojów koryt rzecznych można najłatwiej dokonać za pomocą niwelatora z dalmierzem optycznym i łątą, dzięki którym można w jednej operacji zmierzyć odległości i względne wysokości punktów przekroju. Dokładność odczytów (1 mm wysokości i 10 cm odległości) jest nawet większa, niż wystarczająca dla celów utrzymania, bowiem najczęstszym przypadkiem będzie porównywanie wysokości względem poziomu lustra wody brzegowej, widocznego w terenie w każdym przekroju. Niwelator jest natomiast konieczny do określenia wysokości punktów referencyjnych, jeśli mają być w miarę dokładnie określone, do kilku centymetrów. Określenie wysokości sieci głównych punktów referencyjnych warto zlecić uprawnionemu geodecie (dokładność do 1 mm).

Dla realizacyjnych pomiarów nieoceniona jest poziomnica laserowa, dająca możliwość szybkiego pomierzenia spadku skarp usypywanych przyz, określenia głębokości wykopu, sprawdzenia dokładności wykonania robót podczas odbiorów. Jej dokładność (kilka cm w odległości do kilkudziesięciu metrów) jest wystarczającą dla wszelkich prac realizacyjnych. We właściwych warunkach oświetleniowych jest możliwe wykonywanie pomiarów jednoosobowo, co zmniejsza koszt wykonywania takich pomiarów.

4.6 Siedliska chronione <http://natura2000.gdos.gov.pl/strona/nowy-element-3>

Dokładne opisy siedlisk chronionych są zamieszczone na stronie GDOŚ pod nagłówkiem „podręczniki metodyczne”. Dla osób zajmujących się utrzymaniem rzek

górkich najbardziej interesujący jest tom 2 – wody słodkie i torfowiska. Inne tomy podręczników metodycznych także są przydatne, jeśli opisane siedliska leżą na granicy zarządzanego obszaru lub są związane z wodą (tom 3 – murawy, łąki, wrzosowiska, ziołorośla; tom 5 – lasy i bory). Tamże znajdują się Wytyczne Komisji Europejskiej dotyczące zarządzania obszarami Natura 2000.

Powinno się dotrzeć do opisu siedliska w każdym przypadku jego zidentyfikowania, nawet jeśli występuje poza obszarem chronionym. Dla umiejętności rozpoznania siedliska potrzebna jest zazwyczaj konsultacja specjalistyczna, ale można też szukać bardziej ogólnej informacji u amatorów, użytkowników rybackich, miejscowych organizacji przyrodniczych czy nauczycieli przyrody. Stały kontakt z podręcznikami metodycznymi daje wiele satysfakcji i przynosi wymierne efekty poznawcze i praktyczne w pracy związanej z utrzymaniem rzek. Dla identyfikacji roślin w terenie trzeba posługiwać się kluczami czy atlasami, które są dostępne w Internecie²⁹.

4.7 Monitoring siedlisk i gatunków

<http://siedliska.gios.gov.pl/index.php/przewodniki-metodyczne>

Pod powyższym adresem znajdują się publikacje dotyczące siedlisk przyrodniczych, przewodniki metodyczne monitoringu siedlisk, gatunków roślin i gatunków zwierząt. Dla utrzymania rzek górskich (i nie tylko) istotny jest opis siedliska 90E0 – Łęgi wierzbowe, topolowe, olszowe i jesionowe oraz 91D0 – Bory i lasy bagienne. W ciasnych dolinach potoków można też napotkać siedlisko 9180 – Jaworzyny, lasy klonowo-lipowe na stromych stokach i zboczach.

W przewodnikach ważne rozdziały to warunki ekologiczne występowania siedliska – na przykład dla łągi wierzbowej konieczne jest coroczne zalewanie, a dla topolowego – co kilka lat, podczas gdy łągi olszowe i jesionowe są charakterystyczne dla mniejszych cieków i niekoniecznie związane są z terenami zalewowymi. Następne ważne rozdziały to ocena parametrów siedliska oraz wskaźników specyficznej struktury i funkcji wraz z tabelą waloryzacji dla oceny stanu siedliska – właściwego, niezadowolającego lub złego. Rozdział 5 – ochrona siedliska – podaje wskazówki, w jaki sposób gospodarować w obszarze siedliska dla jego zachowania, w tym jak zapewnić właściwe warunki wodne.

4.8 Przedmiar i obmiar robót utrzymaniowych

Określenie ilości usług, robót i dostaw materiałów dla wykonania robót utrzymaniowych jest znacznie prostsze niż dla wykonania robót budowlanych podobnego

²⁹ Patrz np. www.atlas-roslin.pl

charakteru. Wynika to z faktu, że roboty te dotyczą uzupełnienia czy przekształcenia już istniejących, łatwych od obmiaru struktur czy elementów przyrody. Ponadto można dostosować zasady i dokładność przedmiarowania do planowanego obmiaru wykonanych robót, najczęściej polegającego na bezpośrednim sprawdzaniu usługi przez zamawiającego w trakcie jej wykonywania.

Trzeba przy tym pamiętać, że najczęściej oprócz przedmiaru do opisu przedmiotu zamówienia nie będzie potrzebna żadna inna dokumentacja techniczna oprócz orientacyjnego szkicu czy lokalizacji wskazanej na ortofotomapie. Konieczne będzie więc zapisanie, kto będzie odpowiedzialny za wskazanie dróg dojazdowych, miejsc i wymiarów pryzm dostarczanych materiałów, czy i jak mają być zagęszczane i w jakich porach roku mają być wykonane roboty. Zamawiający powinien te czynności nadzoru wykonywać poprzez przeszkolonego inspektora, zatrudnionego w pełnym wymiarze godzin na czas wykonywania prac.

W przedmiarze należy uwzględnić także uwarunkowania środowiskowe w taki sposób, żeby nie było potrzeby transportu materiałów w poprzek koryta rzeki czy transportu maszyn wzdłuż koryta rzeki. Dlatego bilansowanie robót masowych (ziemnych, dostaw materiałów kamiennych) powinno odbywać się osobno dla prawego i osobno dla lewego brzegu koryta. W przypadku nieuniknionej konieczności przejazdu w poprzek lub wzdłuż koryta, takie miejsce powinno być przez zamawiającego wybrane i wskazane wykonawcy. Ograniczenia czasowe wykonywania robót w korycie rzeki dotyczą całego roku – ograniczenia terminu wycinki drzew i krzewów dotyczą okresu lęgowego ptaków. Przed przystąpieniem do wykonywania zabiegów utrzymaniowych należy zidentyfikować i oznaczyć miejsca przebywania gatunków chronionych.

Wobec szacunkowego charakteru przedmiaru jest istotne, żeby w materiałach przetargowych umieścić zapis o ewentualnych korektach wielkości wynikających z obmiaru w postaci dopuszczenia zwiększenia/zmniejszenia każdej czy wybranych pozycji przedmiarowych o określoną wielkość (na przykład o 30 czy 50%). Pozwala to na dostosowanie ilości prac utrzymaniowych do przetargowej ceny i posiadanego budżetu.

Zasadniczo, wszystkie materiały skalne i roślinne do wykonania utrzymania powinny pochodzić z tej samej lub co najwyżej sąsiedniej doliny dla zachowania różnorodności biologicznej charakterystycznej dla rejonu wykonywanych prac. Dla materiałów skalnych, np. kamienia do robót hydrotechnicznych³⁰, należy żądać badań dotyczących ich relatywnej mrozoodporności, choć pozostałe cechy wymagane w normach materiałowych na materiały skalne niekoniecznie będą pożądane. Warto też poszukiwać i wskazywać miejsca poboru potrzebnego materiału w lokalizacjach wymagających uporządkowania w ramach utrzymania wód, na przykład z osadów

³⁰ PN-EN 13383-1/2 Kamień do robót hydrotechnicznych, wymagania, badania

zawężających przekroje mostowe. Prawo wodne zezwala na stosowanie odpadów w utrzymaniu wód, jednak ich użycie wymaga każdorazowo przeanalizowania (przebadania) przez zamawiającego i wskazania w przedmiarze miejsca, skąd pochodzą lub skąd mają być pobierane.

5

ZABIEGI UTRZYMANIOWE

5.1 Brak dostawy rumowiska

Jednym z najważniejszych mankamentów polskich rzek górskich jest niedobór lub brak rumowiska dennego. Uwidacznia się on występowaniem prawie całkowicie odsłoniętego skalnego dna górskich potoków oraz występowaniem wciętych koryt żwirowych rzek górskich i podgórskich. Na zwiększenie deficytu żwiru w górskich rzekach wpływa regulacja tras ich przebiegu, umacnianie brzegów i dna, budowa zapór przeciwrumowiskowych, ogólnie – ograniczanie naturalnej dostawy rumowiska koluwalnego (pochodzącego z erozji skał na zboczach dolin) i aluwialnego z dna dolin (do którego dostęp ogranicza zabudowa podłużna i poprzeczna rzek górskich). Wobec powszechności zjawiska oczekiwanie, że bez właściwie zaplanowanej akcji rumowisko w górskich rzekach pojawi się samo z siebie jest nieuzasadnione. Tymczasem wcinające się rzeki stwarzają zagrożenie dla sąsiadującej infrastruktury i urządzeń wodnych, odwadniają aluwialne zbiorniki wód gruntowych, zagrażając istnieniu terenów podmokłych i rolnych, oraz zmniejszają retencję dolinową wód wezbraniowych.

Jako element powstrzymania ubytku żwiru w rzekach górskich należy wobec tego wdrożyć:

- zablokowanie wjazdów do koryt celem uniemożliwienia niezgodnego z Prawem wodnym korzystania z wód,
- stworzenie warunków do zmniejszenia mocy strumienia wód korytowych (zwiększenie krętości koryta, obniżenie teras zalewowych lub podniesienie koron bystrzy) w celu zmniejszenia ilości transportowanego rumowiska,
- umożliwienie dostawy rumowiska do cieków ze stref brzegowych (osuwiska, rozbiórka części umocnień brzegowych),
- bilansowanie prac ziemnych w korytach rzek wyłącznie na potrzeby utrzymania wód,
- pozyskanie i zakup legalnych materiałów żwirowych i skalnych z zewnątrz dla uzupełnienia niezbędnych ilości i kalibru rumowiska w korytach.

Prace dotyczące systematycznej ochrony aluwiów w korytach powinny obejmować obszar wszystkich dorzeczy górskich oraz innych rzek żwirowodnych, chociaż mogą być realizowane nawet fragmentarycznie, szczególnie w miejscach, gdzie brak aluwiów prowadzi do ewidentnych szkód w przyrodzie czy infrastrukturze. Warunkiem powodzenia zamierzenia jest właściwy i systematyczny monitoring zjawiska wcinania się koryt rzecznych, konsekwentna ochrona zasobów aluwiów w dolinach rzek górskich oraz zapewnienie dostawy rumowiska z dostępnych legalnych źródeł.

5.1.1 Wcinające się ciek

Problem utrzymania wcinających się rzek i potoków nie zawsze jest możliwy do rozwiązania w łatwy i tani sposób. Pierwszym krokiem jest ocena poprzez rozpoznanie typu koryta według Rosgena. Dla koryt w dolinach wciosowych, które nie posiadają terasy zalewowej (typu Aa, A i B), trzeba przewidywać, że są one kształtowane przez każdy przepływ większy od poprzedniego. Jakikolwiek interwencje inżynierskie w korytach tego typu muszą brać pod uwagę przepływy miarodajne o wielkości wody stuletniej. Najczęściej oznacza to, że interwencje inżynierskie nie polegające na zabudowie są możliwe w korytach typu B w postaci uzupełnienia rumowiska gruboziarnistym rumoszem skalnym o ciągłym uziarnieniu lub wręcz ciężkimi fragmentami skalnymi. W korytach typu Aa, A i B konieczne jest zidentyfikowanie i wskazanie do przebudowy następujących struktur, które powodują nadmierną erozję tych koryt:

- zawężanie dolin nasypami na ich zboczach,
- mosty i przepusty o zbyt małych światłach,
- progi, stopnie – z wyjątkiem naturalnych tam drzewnych
- zapory przeciwrumowiskowe.

Jedyną możliwą do wykonania interwencją w przypadku istnienia takich struktur jest stałe uzupełnianie braku rumowiska poniżej nich lub poniżej ich serii.

W korytach typu B, C i E brak rumowiska jest powodem ich wcinania się i ewolucji w kierunku typu F i G. Ponieważ kompensacji negatywnych skutków braku dostawy rumowiska można dokonać poprzez zmniejszenie jednostkowej mocy strumienia oraz poprzez zwiększenie rozmiaru (kalibru) uziarnienia osadów korytowych, to dla umożliwienia podjęcia interwencji inżynierskich konieczne jest rozpoznanie, czy i w jakich odstępach występują bystrza, a właściwie **korony bystrzy**, które odgrywają kluczową rolę w procesie transportu rumowiska.

5.1.2 Identyfikacja położenia koron bystrzy

Podczas stanów wód zbliżonych do średnich niskich najłatwiej jest zidentyfikować miejsca, w których łagodny spadek lustra wody plosa przelamuje się w bardziej stromy spadek wody na bystrzu (ryc. 6). Lokalizacji przecięć linii tego przelamania z linią brzegową (linią porostu traw) można dokonać za pomocą nawigacji satelitarnej. Archiwizacja danych polega na wrysowaniu zidentyfikowanych punktów na ortofotomapie i zanotowaniu współrzędnych w tabeli, w której notuje się także odległości pomiędzy koronami bystrzy³¹.

³¹ Dla koryt prostych ($p \leq 1,1$) można przyjąć odległość w linii prostej, dla koryt krętych i meandrujących odległości pomiędzy koronami bystrzy należy pomierzyć jako długość linii biegnącej środkiem koryta pomiędzy koronami bystrzy



Ryc. 6. Sekwencja plosa – bystrze – plosa aluwialnego, nieregulowanego koryta Raby

Dla jednorodnych odcinków koryta (pomiędzy większymi dopływami) sekwencje bystrze-plosa i odległości pomiędzy koronami bystrzy powinny być mniej więcej podobne i wynosić około 5 do 7 szerokości lustra wody brzegowej. Koryta ewoluujące w kierunku typu B, F i G mogą wykazywać częściowy brak sekwencji bystrze-plosa, albo w postaci przewagi bystrzy na dłuższych odcinkach koryta, albo w postaci niemożności identyfikacji pojedynczej, lub kilku kolejnych koron bystrzy. Ten stan jest spotykany we wcinających się ciekach żwirowych szczególnie wtedy, kiedy poziom erozji dennej dociera do podłoża skalnego lub spoistego oraz wtedy, gdy brzegi rzeki były uregulowane w postaci długich, łagodnych łuków.

Żwirowe koryta anastomozujące (typ Da) są rzadkością, w Polsce nie występują w sposób naturalny. W korytach roztokowych (typ D) zamiast bystrzy występują węzły, w których większość roztek zbiera się w pojedyncze koryto, by następnie rozpleść się w następną serię roztek. W węzłach koryta roztokowego można wyróżnić linię przełamania spadku, tak jak dla korony bystrza i można ją identyfikować jako koronę węzła – w odróżnieniu od korony bystrza. Zasadniczo korony węzłów występują w odległości dwukrotnie większej niż występowałyby dla koron bystrzy rzeki krętej o podobnej charakterystyce przepływów. Zaawansowana ewolucja wcinającego się koryta żwirowego może przejawiać się występowaniem na niektórych odcinkach cech koryta roztokowego typu D, a na innych wciętego koryta o dużej pojemności typu B (z przewagą bystrzy) lub F. Odległość koron bystrzy i węzłów jest wtedy odzwierciedleniem tego podziału.

W korytach jednonurtowych czasem brak wyraźnych bystrzy w miejscach, gdzie jak wynika z rytmu sekwencji bystrze-plosa powinny one występować. Dla utrzymania czy rewitalizacji rzeki warto takie nowe bystrza ustanowić i wtedy należy tego dokonać na odcinku prostym koryta, pomiędzy zakolem w jedną a zakolem w drugą stronę, czyli tam, gdzie naturalnie występują: w miejscach przegięcia kierunku nurtu rzeki.

5.1.3 Monitoring przekrojów zlokalizowanych na koronach bystrzy

Celem monitoringu położenia koron bystrzy jest:

- określenie typu koryta w przekroju bystrza (węzła),
- postawienie hipotezy o przyszłej ewolucji przekroju, a więc odpowiedź na pytanie czy jest on w odpowiedniej równowadze z osadami w dolinie, czy też będzie ulegał systematycznym przekształceniom,
- przeanalizowanie możliwości utrzymania wcinającego się koryta według środowiskowych priorytetów Rosgena³², w kolejności:

◆ **po pierwsze:** zamienić koryto wcinające się typu G lub F na typ C lub E na poprzedniej wysokości: ustanowić przebieg koryta po oryginalnej terasie zalewowej, wykorzystując przebieg starorzeczy lub budując nowe, nie wcięte koryto; dawne koryto wcięte należy wtedy zasypać lub zamienić na starorzeczca, na poziomie właściwej, nie wciętej terasy zalewowej; jest to jedyne rozwiązanie przywracające poprzedni poziom wód gruntowych, najlepsze ze względów środowiskowych³³.

◆ **po drugie:** zamienić typ koryta G lub F na typ C lub E poprzez obniżenie zbyt wysoko położonych teras zalewowych lub podniesienie dna wciętego koryta; materiał żwirowy z teras zalewowych umieścić w korycie, materiał nieprzydatny wywieźć na odkład; następuje podniesienie zwierciadła wód gruntowych, ale nie do poprzedniej wysokości; odzyskuje się potencjał ekologiczny podobny do dawnego.

◆ **po trzecie:** zamienić typ koryta bez odtwarzania terasy zalewowej, ale zapewniając zwiększoną szerokość koryta dla pomieszczenia wylewu – zmiana typu G do B lub typu F do B; zmiana ta oszczędza teren (zabudowania) wzdłuż koryta, ale wymaga profilowania skarp brzegowych i umocnienia zarówno dna jak i skarp; jest to rozwiązanie kosztowne, nie powodujące podniesienia zwierciadła wód gruntowych, niekorzystne środowiskowo,

◆ **po czwarte:** ustabilizować istniejące koryto, na przykład poprzez zasypanie żwirem, rumoszem skalnym, głazami czy dużymi fragmentami skał adekwatnie do miarodajnych przepływów we wcięтым korycie; rozwiązanie najbardziej kosztowne i o najmniejszej wartości środowiskowej.

Monitoring powinien wykazać typ koryta i dynamikę przemian koron bystrzy, do czego w pierwszym przybliżeniu można stosować dane z map z dawnego studium ochrony przeciwpowodziowej (szerokość lustra wody brzegowej **W**, szerokość zalewu, przybliżona głębokość maksymalna koryta d_{\max} , stąd wskaźnik wcięcia się ciekłu i wskaźnik kształtu koryta dla określenia typu koryta). Z map możemy co najwyżej

³² Rosgen D.L.: A Geomorphological Approach to Restoration of Incised Rivers. Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision, 1997

³³ Rozwiązanie to jest możliwe w niezamieszkałych zalesionych dolinach, natomiast jest praktycznie niewykonalne technicznie i nie do zaakceptowania przez lokalną ludność z powodu zagrożenia powodziowego w terenach rolniczych

przewidywać dynamikę zmian – na przykład wobec stwierdzenia zbyt pojemnych koryt, natomiast nie stwierdzimy, czy w rzeczywistości koryta nie stają się coraz bardziej wcięte. Do takiego monitoringu niezbędny jest **systematyczny monitoring położenia koron bystrzy**. Obejmuje on na rozpatrywanym odcinku zawierającym i koron bystrzy:

- identyfikację koron bystrzy i odległości pomiędzy nimi z_{i-1} , za pomocą GPS,
- wykonanie pomiarów przekrojów przez korony bystrzy z określeniem lustra wody brzegowej, stąd W_p , A_p , d_p , d_{maxi} ,
- określenie uziarnienia aluwii na koronach bystrzy, $D_{50\%i}$ i $D_{84\%i}$, próbka powierzchniowa zbierana.

Powyższe pomierzone parametry można zanotować w arkuszu kalkulacyjnym, z którego łatwo będzie je wykorzystać do dalszych obliczeń. Ponieważ nie jest konieczne ani właściwe notowanie „kilometrażu” koryta, jest przyjęte, że płosa pomiędzy bystrzami stabilnej w planie i profilu rzeki nazywa się lokalnymi nazwami, zazwyczaj nadawanymi przez miejscową ludność lub społeczność wędkarską. Nazwy te można zostawić bez zmian (np. „Wieśkowe dziury”, „nad wąskim mostem”, „topole”, „bania niżej topól”, „Zarębki”, „Pabiska”, „pod drutami”, „pod Hołujem”) lub ewentualnie zmienić je lub pominąć w przypadku nazw niecenzuralnych. Nowe płosa powstające w wyniku utrzymania wód będą z pewnością nazwane i wtedy jest możliwa ich rejestracja. W ten sposób nie tylko rzeka nabiera podmiotowości, ale ułatwiona jest orientacja w terenie i komunikacja z miejscowymi społecznościami.

Dla oceny odcinka koryta można wykorzystać obliczenia podobne do zawartych w rozdziale 3.4 (Raba stan istniejący 2010) i porównać z parametrami równowagi symulowanymi układem równań równowagi Hey’a – Thorne’a. Trzeba jednak mieć świadomość ograniczeń stosowania tych obliczeń polegających na:

- zakresach stosowalności parametrów dotyczących spadku, przepływu, itp. zawartych w tabeli 4 w rozdziale 3.3,
- ograniczeń dotyczących obecności terasy zalewowej pokrytej drobnoziarnistymi i spoiwymi osadami i porośniętej roślinnością,
- ograniczeń wynikających z obrośnięcia brzegów drzewami i krzewami.

Potoki o powierzchni zlewni mniejszej niż około 5 km² wykraczają poza zakres równań równowagi, toteż kryteria stabilności ich przekrojów powinny być określone bezpośrednio z typologii Rosgena, a odstępy pomiędzy koronami bystrzy według przybliżonej formuły:

$$z = (5 \div 7) * W_b$$

Najważniejsze do celów monitoringu koron bystrzy jest przyjęcie właściwego pożądanego (miarodajnego) przepływu brzegowego Q_b na odcinku koryta. Dla rzek z terasą zalewową przepływ ten nie powinien wykraczać poza zakres o prawdopodobieństwie przewyższenia 50% do 80% i równocześnie być w równowadze z uziar-

nieniem aluwiiów i dostawą rumowiska. Ze względów środowiskowych w odcinkach cieków płynących przez lasy łągowe i łąki powinien być zbliżony do przepływu 80%. Racjonalny przepływ miarodajny dla określenia parametrów przekroju korony bystrza to przepływ 67%. Im mniejsza jest terasa zalewowa lub jej brakuje, tym większy przepływ należy uznawać jako miarodajny, aż wreszcie dla koryt typu **Aa**, **A** i **B** przepływ miarodajny powinien być wodą stuletnią.

Obliczony parametr Q_B dla kolejnych przekrojów na koronach bystrzy nie powinien się wiele różnić pomiędzy nimi. Sąsiadujące przekroje o dużej różnicy przepływu brzegowego wskazują na nierównowagę wyrażającą się zróżnicowaną rzeźbą przekrojów, a pomiędzy tymi przekrojami można oczekiwać nierównomierności w ułożeniu się profilu zwierciadła wód wezbraniowych. Jeśli uznamy to podejrzenie za uzasadnione, to warto prześledzić profil rzędnych zwierciadła wód brzegowych³⁴ w tych przekrojach i zwrócić uwagę na miejsca, które wykazują zwiększony spadek w stosunku do przyjętego spadku S (patrz przykład z rozdziału 3.4). Takie miejsca występują często na końcu odcinków regulowanych, gdzie Q_B odpowiadające wodzie pięcio- czy dziesięcioletniej sąsiaduje z przekrojem o Q_B odpowiadającym wodzie corocznej czy dwuletniej.

W wyniku przeprowadzonego monitoringu dla wcinających się cieków uzyskuje się w rezultacie serię bystrzy, które będzie można uznać za będące w **równowadze dynamicznej, jeśli istnieje terasa zalewowa, przepływ brzegowy w przekrojach koron bystrzy odpowiada przepływowi, który jest w równowadze z dostawą rumowiska i uziarnieniem materiału dennego bystrzy, a głębokość średnia i maksymalna na bystrzu wyliczona z wzorów równowagi odpowiada uziarnieniu aluwiiów na bystrzu**. Będą też może pojedyncze bystrza, które w wyniku lokalnego braku teras zalewowych i niemożności ich odtworzenia będą wymagały dla zabezpieczenia przed wcinaniem się cieku określenia pożądanego uziarnienia bystrzy według wzorów innych niż równania równowagi, na przykład na podstawie dostosowania uziarnienia do prędkości odpowiadających prędkościom nierozmywającym dla uprzednio określonego przepływu miarodajnego. Będą też bystrza, lub całe ich serie wzdłuż aktywnych teras zalewowych wskazujące, że głębokości średnie i maksymalne koryta są tam zbyt duże. Wtedy można określić, że dla utrzymania takiego odcinka koryta konieczne jest uzupełnienie rumowiska bystrzy lub podniesienie wysokości koron bystrzy.

5.1.4 Uzupełnianie rumowiska bystrzy – zasypywanie wybojów

Stosunkowo łatwo uzupełniać wyboje lub w całości podnosić korony bystrzy dla rzek z terasami zalewowymi, dla których można rozwiązać równania równowagi. Wszystkie parametry zamierzenia wynikają bowiem z symulacji przedstawionej

³⁴ Wymaga dokonania dodatkowych pomiarów niwelatorem położenia rzędnej lustra wody brzegowej w przekrojach



Ryc. 7. Zasypywanie wyboju pod uregulowanym wklęsłym brzegiem na koronie bystrza poniżej mostu – zagęszczanie przejazdami środków transportowych dowożących gruboziarnisty żwir do klinowania pustych miejsc pomiędzy głazami rampy narzutowej

w rozdziale 3.4. Jeśli dla pewności uzupełnienie wysokości korony bystrzy odbędzie się materiałem o uziarnieniu grubszym niż wynikające z obliczeń, to można odpowiedzialnie zagwarantować, że graniczne naprężenia ścinające na bystrzu nie zostaną przekroczone, o ile spadek dna takiego bystrza będzie podobny do spadku sąsiadujących bystrzy i o ile gruboziarniste uzupełnienie bystrza będzie zagęszczone kilkoma przejazdami walca drogowego. W większości przypadków naturalnych koryt cały spadek lustra wody ma miejsce na bystrzu, a spadek dna w linii nurtu na bystrzu jest około 5-krotnie większy od spadku koryta i nie powinien być większy niż 10-krotny spadek koryta.

W praktyce dowozi się w miejsce wykonania robót rumowisko skalne i usypuje na wyznaczonej rzędnej określonej w relacji do lustra wody brzegowej przejazd dla samochodów samowyladowniczych aż do drugiego brzegu (ryc. 7). Każdy ładunek rumowiska przywiezionego z kamieniołomu należy przesypać drobniejszym materiałem kruszonym lub dowiezionym żwirem gruboziarnistym. Wstępne zagęszczenie materiału następuje w trakcie przejazdów środków transportowych. Dalsze uzupełnianie płaszczyzny bystrza następuje po założonym spadku, który zazwyczaj jest nie większy niż 2 do 4%. Płaszczyzna ta kontynuowana jest do przecięcia się z powierzchnią dna koryta lub kończy się ją po osiągnięciu głębokości wody, w której nie mogą poruszać się środki transportowe. Zagęszczenie końcowe dokonuje się walcem drogowym, który ujednotolica klinowanie rumowiska i żwiru.

Jeśli bystrze ma być usypane tylko z gruboziarnistego żwiru, to spadek płaszczyzny dna bystrza nie powinien być większy od 2%, a materiał należy usypać z nadmiarem, aby nawet po zagęszczeniu walcem powierzchnia dna bystrza była 0,1 do 0,2 m powyżej przewidzianej. Zagęszczenie żwiru oprócz jego klinowania niszczy

niektóre powierzchniowe ziarna, które podczas najbliższego wezbrania zostaną przez prąd wody uniesione w kierunku plosa.

Umocnienie brzegów uregulowanych odcinków rzek powoduje powstawanie wybojów w plosach przy brzegach wklęsłych. Dopiero kiedy przekroczona jest maksymalna głębokość plosa wyliczona z wzorów równowagi, należy dno w miejscu takiego wyboju nadsypać do wyliczonej głębokości maksymalnej w plosie rumoszem skalnym o ciągłym uziarnieniu. Pozwoli to uniknąć niekontrolowanej erozji dennej podczas następnego wezbrania i ewentualnego zniszczenia umocnienia brzegowego.

W korytach typu Aa, A, B, F i G odtwarzanie bystrzy służy zróżnicowaniu morfologii koryta, co może być korzystne dla celów środowiskowych, mimo że podniesienie ich korony nie zawsze powoduje wylew wód do zazwyczaj nie istniejącej terasy zalewowej. Bystrza ustanowić trzeba w odległościach równych około $6 \cdot W_B$ od siebie, dostarczając w te miejsca materiał żwirowy lub skalny o uziarnieniu znacznie grubszym od istniejącego naturalnie i poszerzając w tych miejscach koryto o około 10% w stosunku do szerokości plosa. Następnie należy takie bystrza objąć monitoringiem.

5.1.5 Systematyczne wprowadzanie rumowiska dla zachowania trwałej lub chwilowej dynamicznej równowagi koryta

Deficyt materiału żwirowego i grubszego rumoszu w dopływach rzek i w samych rzekach górskich jest tak duży, że trudno o popętnienie pomyłki polegającej na dostarczeniu zbyt dużej ilości skalnego materiału dla podtrzymania równowagi dynamicznej koryt. W dotychczasowej praktyce rzeczywiste potrzeby dostarczania żwiru do rzek okazały się być zawsze niedoszacowane i to wielokrotnie (ryc. 8). Gdyby trzeba było odtworzyć rzędne dna rzek z połowy XX wieku, to całkowita ilość ma-



Ryc. 8. Dostarczanie żwiru do rzeki poprzez usypywanie wydłużonej przymy na tworzącej się łasze żwirowej w środku rzeki – przejazd sprzętu i transport wzdłuż usypywanej przymy



Ryc. 9. Troć wędrowna podczas tarła na odtworzonym tarlisku – rzeka Łeba, 2005 rok. Fot. Tomasz Borowiecki, dzięki uprzejmości Towarzystwa Przyjaciół Rzeki Łeby.

teriału żwirowego potrzebna do dostarczenia do rzek górskich musiałaby sięgać od pół do kilku metrów sześciennych materiału na metr kwadratowy ich koryt. Podobnie w Wiśle i Odrze, nadmierny transport rumowiska dennego, głównie piaszczystego, należy przypisać wydobyciu żwiru z koryt tych rzek, a w rezultacie pozostawianiu osadów piaszczystych bez opancerzenia grubszymi frakcjami żwirowymi i kamienistymi. Dodatkowy deficyt powstaje w wyniku braku dostawy rumowiska spowodowanego zabudową hydrotechniczną ich dopływów.

Z drugiej strony są przykłady, że dostarczenie we właściwe miejsca kilkudziesięciu metrów sześciennych odpowiednio uziarnionego żwiru potrafi odtworzyć w rzekach tarliska ryb litofilnych na wiele lat (ryc. 9). Określenie właściwej ilości dostarczanego rumowiska jest więc problemem określenia niezbędnego minimum koniecznego dla podtrzymania procesów korytowych i biologicznych w rzece, bo ze względów ekonomicznych nie ma szans na odtworzenie stanu sprzed lat.

Dla rzek z terasą zalewową można szacować ilość koniecznej dostawy rumowiska z równań równowagi. Dla rzeki Raby w Myślenicach natężenie transportu rumowiska na 1 m szerokości dna koryta, Q_s , wynosi przy przepływie brzegowym około 3 kg/s, a więc około 8000 ton (5000 m^3) na dobę. Dostawa taka jest w równowadze z bardzo grubym opancerzeniem dna koryta ($D_{50} = 70 \text{ mm}$, $D_{84} = 130 \text{ mm}$) i powinna być większa, jeśli dąży się do zbliżenia uziarnienia opancerzenia dna do średniego uziarnienia osadów korytowych. Poniżej przedstawiono symulację ilości transportu rumowiska

koniecznej dla utrzymania uziarnienia dna zbliżonego do uziarnienia średniej próbki masowej żwiru ($D_{50} = 30$ mm, $D_{84} = 100$ mm), która przy przepływie brzegowym wynosi ponad 11 kg/s, prawie czterokrotnie więcej niż w analizowanych wyżej warunkach opancerzenia dna. Symulacja ta wskazuje ponadto, że równania równowagi zezwalają w tym rozwiązaniu na większe głębokości średnie i maksymalne w rozpatrywanych przekrojach.

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli										
QB	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S
131	2,7	0,070	0,130	31,2	32,3	30,2	1,79	1,70	1,88	2,51	2,29	2,73	197	0,00270

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli										
QB	Qs	D50	D84	W	RW	PW	d	Rd	Pd	d _{max}	Rd _{max}	Pd _{max}	z	S
131	11,2	0,030	0,100	31,2	32,3	30,2	1,96	1,87	2,06	3,68	3,36	4,01	197	0,00270

Dla minimalizowania ilości koniecznej dostawy rumowiska istotne jest więc stosowanie uziarnienia grubszego niż istniejące oraz niedopuszczanie do powstania wybojów w korycie, czyli utrzymanie mające na celu nieprzekraczanie maksymalnych dopuszczalnych głębokości na bystrzu i pod umocnionym wklęsłym brzegiem plosa. Opisana wcześniej w punkcie 5.1.4 procedura sprzyja więc minimalizowaniu koniecznej dostawy rumowiska w korytach z terasą zalewową.

Dla minimalizowania kosztów transportu można zastosować spotykane obecnie w Europie rozwiązanie polegające na wykonaniu w obszarze terasy zalewowej koryta równoległego do istniejącego i żwir z tego wykopu zużyć na zasypanie wybojów istniejącego koryta. Powstałe w ten sposób boczne koryta zmniejszają jednostkową moc strumienia, a żwir z ich wykopów może być wykorzystany do uzupełnienia rumowiska w korycie głównym. Całość rozwiązania przyczynia się ponadto do urozmaicenia siedlisk i zwiększenia retencji korytowej w dolinie.

Brak rumowiska w dopływach rzek górskich jest bardzo dotkliwy, gdyż potęguje erozję ich koryt i nie przyczynia się do uzupełnienia rumowiska w rzece głównej. Trzeba podkreślić, że zazwyczaj wcięte doliny dopływów decydują o nierównomierności dostawy rumowiska, zarówno pod względem ilości, jak i uziarnienia. Mniejsze wezbrania dostarczają rzece głównej żwiru i drobnych kamieni, a większe – niewy-sortowane rumowisko pochodzące z erozji brzegowej i dennej żwiru, gruntów piaszczystych i zwietrzałych skał, zawierające także duże fragmenty skalne. Ze względu na stochastyczny proces generowania przepływów nie da się z góry przewidzieć dostawy rumowiska, ani kompensacji jego braku w przypadku istnienia zapory przeciwrumowiskowej. Można natomiast spowodować, żeby dostawa rumowiska stała się procesem w miarę ustabilizowanym i będącym pod kontrolą.

Tak jak w dolinach z terasami zalewowymi – także i w korytach typu A i B odtwarzanie koron bystrzy wpływa na relatywnie mniejszy transport rumowiska. Trudność stanowi brak równań równowagi dla tego typu koryt, stąd odtworzenie aluwialnego

charakteru ich dna wiąże się raczej z ustanawianiem przegród w postaci sztucznych lub naturalnych tam drzewnych, które są w miarę nietrwałe i nie powodują stałej blokady komunikacji wzdłuż cieku, lub ułożenia na całej szerokości koryta dużych fragmentów skalnych w postaci nieforemnego bystrza. Stosowanie takich przegród jest wskazane jako tymczasowe zatrzymanie nadmiernej erozji koryta poniżej mostów czy przepustów o zbyt wąskim świetle. Dostawa rumowiska staje się konieczna poniżej zapór przeciwrumowiskowych lub stopni, a właściwie poniżej ich serii. W takich miejscach dostawa powinna obejmować całość niewysortowanego rumowiska, z przewagą frakcji średnich i najgrubszych i zostać wykonana jednorazowo w nadmiarze. Coroczny monitoring ubytków rumowiska z takiej przyzmy pozwoli na planowanie uzupełnień w latach następnych w zależności od wielkości i czasu trwania przepływów wezbraniowych w tych lokalizacjach.

5.1.6 Rozwiązania naturopodobne przeciwdziałania erozji dla koryt wciętych bez teras zalewowych

W praktyce utrzymania okazuje się, że dla swobodnie migrujących zwirodennych koryt, dla których jesteśmy w stanie podać i monitorować warunki równowagi, konieczne staje się lokalne zabezpieczenie przeciwerozyjne ich brzegów, na przykład w sąsiedztwie liniowych budowli komunikacyjnych. Poważniejszych działań wymagają koryta typu A i B (górskie potoki w stromych dolinach wciosowych) czy F (wcięte rzeki i potoki górskie) bez teras zalewowych, gdzie często występuje konieczność wzmocnienia przeciwerozyjnego nie tylko brzegów koryta, ale także i jego dna. Problem ten rozwiązuje się w ten sposób, że stosuje się narzuty kamienne (skaliste) w miejscach, gdzie występują duże prędkości wody. Potrzeba ta występuje niekiedy na całej długości tych koryt, najczęściej jednak ogranicza się do wklęsłych brzegów płos oraz do okolicy obiektów inżynierskich takich jak bulwary, mury oporowe, mosty czy przepusty, w uzupełnieniu już istniejących urządzeń wodnych. Dobranie uziarnienia takich narzutów polega na określeniu głębokości i prędkości wody, które wystąpią na styku wody i dna (narzutu) podczas możliwego największego wezbrania oraz dobraniu z tabel właściwego uziarnienia gruntu niespoistego (zagęszczonego) lub właściwej frakcji materiału narzutu kamiennego. Korzystając z załącznika nr 1 do rozporządzenia ministra transportu i gospodarki morskiej z dnia 30 maja 2000 r. (w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie), gdzie znajdziemy odpowiednie tabele i metodykę postępowania, można dobrać właściwe umocnienia dna i brzegów nie tylko w okolicy przepustów i mostów. W tabeli 7 zestawiono streszczenie wielkości prędkości nierozmywających dla różnych gruntów z tego rozporządzenia oraz ze specyfikacji amerykańskich dla narzutów z rumoszu skalnego.

Analiza prędkości nierozmywających zestawionych w tabeli 7 wskazuje, że grunty niespoiste oraz rumosze skalny o ciągłym uziarnieniu są bardziej odporne na rozmy-

Tabela 7. Średnie prędkości wody nie powodujące rozmycia podłoża gruntów o zróżnicowanym uziarnieniu (streszczenie z Załącznika 1, Dz.U. 2000 nr 63 poz. 735) i narzutów skalnych* dla głębokości strumienia 1,0 m**

Grunty niespoiste			Narzut skalny, frakcje	
Rodzaj	Średnica D ₈₀ [m]	Prędkość nierozmywająca [m s ⁻¹]	Frakcja od - do [m]	Prędkość nierozmywająca [m s ⁻¹]
Piaski średnie	0,00025 ÷ 0,001	0,45 ÷ 0,60		
Piaski grube	do 0,002	0,70		
Żwiry drobne	do 0,005	0,85		
Żwiry średnie	do 0,010	1,05		
Żwiry grube	do 0,015	1,20		
Otoczaki drobne	do 0,025	1,40		
Otoczaki średnie	do 0,040	1,80		
Otoczaki grube i rumosz skalny o ciągłym uziarnieniu	do 0,075	2,40		
	do 0,100	2,70*		
	do 0,150	3,30*	0,100 ÷ 0,300	0,60 ÷ 1,80*
	do 0,200	3,90*		
Fragmenty skalne, średnica D₅₀ [m]	0,300		0,150 ÷ 0,450	1,80 ÷ 2,40*
	0,450		0,300 ÷ 0,600	2,40 ÷ 3,00*
	0,600		0,450 ÷ 0,750	3,00 ÷ 3,60*

* Ohio Department of Transportation, Construction and Material Specification, 1997

** dla głębokości strumienia innych niż 1,0 m należy pomnożyć prędkości odczytane z tabeli przez $h^{1/5}$, gdzie h jest głębokością strumienia podaną w metrach

wanie przez strumień wody o określonej prędkości niż narzut z fragmentów skalnych o określonych frakcjach – takich jak zazwyczaj stosuje się do robót hydrotechnicznych. Prędkość nierozmywająca dla zagęszczonego żwiru o percentylu D80% rozkładu średnic ziarn = 0,040 m jest taka sama jak dla narzutu z kamienia do robót hydrotechnicznych o średnicy D50% = 0,150 m (Dmax = 0,300 m). Wynika to z tego, że prędkość wody – którą w tabeli podaje się jako średnią w przekroju – jest znacznie większa w szczelinach pomiędzy głazami, co powoduje nadmierną erozję wokół ułożonych głazów, a tym samym destabilizację ułożonego narzutu. Z powyższego spostrzeżenia wynika praktyczny wniosek o celowości układania narzutów o ciągłym uziarnieniu (wymieszanych frakcjach) oraz zagęszczania ułożonych gruntów niespoistych (rumoszy, żwirów i pospółek) w korytach i na brzegach. To ostatnie wymaga, aby nachylenie skarp brzegu było łagodne, gdyż zagęszczarki i walce drogowe nie mają możliwości poruszania się po skarpach o spadku większym niż 1:3.

Drugim wnioskiem z powyższej tabeli jest to, że narzuty skalne i z gruboziarnistych gruntów niespoistych mają odporność na prędkości wody mniejsze niż 4,0 m s⁻¹. W górskich korytach typu A zdarza się, że prędkości przepływu podczas wezbrań wynoszą ponad 5 m s⁻¹, a wielkość największych ziarn rumowiska dennego jest porównywalna z wymiarami koryta małej wody. Nawet niewielkie zawężenie takich koryt przepustami czy mostami o zbyt małej rozpiętości powoduje wzrost

i tak dużej prędkości wody, w wyniku czego lokalnie powstają wyrwy, wyboje oraz kotły eworsyjne zagrażające postępującym wcinaniem się koryt w dno doliny poniżej tych budowli w przyszłości. Próby zasypania wybojów olbrzymimi głazami dają mizerne wyniki, bo nie sprzyja to ograniczaniu dalszej erozji. W takich przypadkach konieczne jest przesunięcie interwencji poniżej wyboju i ułożenie gruboziarnistego, zagęszczonego nasypu o ciągłym uziarnieniu, w odpowiednio szerokim korycie i w łagodnym spadku. Wystarczająca szerokość tego koryta powinna zapewniać prędkość poniżej granicznej około 4 m s^{-1} przy przewidywanym najwyższym napełnieniu koryta (zazwyczaj przyjmuje się tu wodę pięćdziesięcioletnią lub stuletnią).

Dla stref przejściowych koryt w równowadze dynamicznej, w których lokalnie prędkości przekraczają 4 m s^{-1} , można stosować zabezpieczenia dna i wyrw brzegowych nazywane „grouted rock”, które są bardzo wytrzymałe na prędkości wody (do 8 m s^{-1}), a jednocześnie przy niższych stanach wód nie sprawiają wrażenia nienaturalnie ukształtowanego dna czy brzegu (ryc. 10). Wykonuje się to umocnienie, układając głazy na warstwie mieszanki betonowej C15/20 o uziarnieniu kruszywa do 32 mm. Pomiedzy głazami należy pozostawić szczeliny nie mniejsze niż



Ryc. 10. Widok z góry rampy wykonanej z „grouted rock” na dnie górskiego potoku poniżej przebudowywanej zapory przeciwrumowiskowej



Ryc. 11. Układanie fragmentów skalnych w betonie na dnie i skarpach górskiego potoku celem uzyskania umocnienia typu „grouted rock”

75 mm, ewentualnie stosując w tym celu drewniane przekładki i kliny. W trakcie wykonywania umocnienia powstałe szczeliny wypełnia się tym samym betonem co podkładowy, zostawiając nie mniej niż 1/3 wysokości szczeliny niewypełnione i wyrównuje się beton pomiędzy głazami kielnią w taki sposób, aby łącznie z betonem podkładowym dokładnie otaczał dolne 2/3 wysokości głazu (ryc. 11). Przy wykonaniu takiego umocnienia nie jest konieczne stosowanie szczelin konstrukcyjnych w betonie podkładowym, gdyż mimo powstania późniejszych nieregularnych rys czy osiadań „grouted rock” zachowuje pierwotnie założoną formę zaklinowanych fragmentów połączonych betonem głazów. Po oddaniu do użytku puste części szczelin pomiędzy głazami wypełniają się z czasem rumowiskiem górskiego potoku na dnie i osadami drobnoziarnistymi na skarpach i wtedy beton podkładowy staje się zupełnie niewidoczny.

Do celów przedmiaru i obmiaru robót zabezpieczających przed erozją należy stosować ilości wykazane w dowodach dostawy. Głazy, rumosz skalny, żwir czy otoczaki rozlicza się w jednostkach masy (Mg), co także dotyczy „grouted rock”, który rozlicza się za masę wbudowanych głazów. Skłania to wykonawcę do oszczędnego stosowania betonu.

5.2 Rzeki roztokowe

5.2.1 Koryto roztokowe będące objawem nadmiernej dostawy rumowiska

Przyjmuje się, że naturalne koryto rzeki roztokowej (*braided river*, *Wildfluss*) powstaje wtedy, gdy zdolność cieku do transportowania rumowiska jest mniejsza od jego dostawy, czego efektem jest rozdzielanie się nurtu na wiele roztok w zapelnionym rumowiskiem dnie doliny. Obecnie mimo niewielkiej dostawy rumowiska ze zlewni charakter roztokowej górskiej rzeki mają Białka Tatrzańska poniżej Nowej Białej i Czarny Dunajec między Wróblówką a Długopolem. Taki charakter rzeki te zawdzięczają dużym spadkom dolin i zapasom aluwiiów w rozplecionych korytach o nieumocnionych brzegach.

Rzeki roztokowe mają bardzo dużą wartość środowiskową. Płaskie dno doliny i wiele koryt o zróżnicowanej głębokości i uziarnieniu dna stanowią najlepsze środowisko dla wszystkich roczników ryb z krainy pstrąga i lipienia. Ponadto roztokowe rzeki mają olbrzymie powierzchnie kamieńców zalewanych z różną częstotliwością przez wezbrania, utrzymując w swoim zasięgu warunki do powstania i rozwoju pionierskich zespołów roślinnych, nawadniania łągów i mokradel. W rzekach tych trwa ciągła wymiana wód gruntowych z powierzchniowymi, co przyczynia się do zmniejszenia wahań temperatury wód płynących. Pozostawione sobie wraz z przylegającym do brzegów szerokiego koryta nadrzecznym lasem, rzeki te mają ogólny przebieg stosunkowo trwałe. Za najbardziej niebezpieczne dla sąsiedztwa rzek roztokowych uznaje się zjawisko awulsji, czyli nagłego przerzucenia głównego nurtu do którejś z bocznych roztok, co czasem zagraża naruszeniem granicy obszaru koryta, a czasem zasadniczo zmienia kierunek dopływu do budowli mostowych.

Od niedawna uważa się, że koryto może wykazywać cechy koryta krętego lub roztokowego w zależności od warunków zewnętrznych, a van den Berg³⁵ podał funkcję określającą granicę pomiędzy występowaniem koryt meandrujących ($p > 1,5$) i roztokowych, o mniejszej krętości:

$$\omega_{vr} = 843 * D_{50}^{0,41}$$

gdzie ω_{vr} to jednostkowa moc strumienia określająca granicę przejścia pomiędzy korytem meandrującym a roztokowym, charakteryzującym się większą mocą strumienia, a D_{50} to mediana średnic ziarn żwiru ($D_{50} < 0,1$ m, $Q_B > 10$ m³ s⁻¹). Koryta o mocy strumienia większej niż graniczna będą miały tendencję do tworzenia roztok, a te poniżej granicznej będą miały tendencję do tworzenia meandrów.

³⁵ Van den Berg J. H.: Prediction of alluvial channel pattern of perennial rivers. *Geomorphology* 12 (1995): 259-280

5.2.2 Koryto roztokowe jako etap ewolucji koryta wciętego

Koryto wcinającej się rzeki ulegające w końcu katastrofie polegającej na podmyciu i zniszczeniu naturalnych lub sztucznych umocnień brzegowych przekształca się w bardzo szerokie i pojemne koryto, zdolne prowadzić wody o prawdopodobieństwie przewyższenia mniejszym niż 20%. Koryto zazwyczaj przypomina typ B lub F, ale często wyróżnić można jakby roztoki, czasem zanikające przy najniższych przepływach. Koryto znacznie poszerzone w stosunku do poprzedniego jest mimo to zbyt wąskie i ma zbyt małe deniwelacje w swoim obrębie, aby służyć za niższą terasę zalewową. Dalszą jego ewolucję można przewidywać jako poszerzenie „nowej” terasy zalewowej i wytworzenie w niej nowego krętego lub meandrującego koryta. Jeśli koryto na tym etapie ewolucji przyjmuje postać koryta roztokowego, to można wykorzystać to do stworzenia nowej jakości w dolinie, a mianowicie:

- wykorzystać teren zajęty przez wody płynące do utrzymania szerokiej doliny podlegającej przekształceniom zgodnym z siłami przyrody, będącej jednocześnie miejscem zwiększonej retencji korytowej i zróżnicowanej sedimentacji oraz magazynem aluwii służących do podtrzymania procesów korytowych w niższym biegu rzeki,
- stworzyć miejsce występowania mozaiki siedlisk związanych z rzeką, w tym siedlisk pionierskich, w dynamicznie przekształcającym się układzie roztok, łąk i wysp.

5.2.3 Koncepcja korytarza swobodnej migracji koryta

Publikacja „Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich”³⁶ przedstawia koncepcję korytarza swobodnej migracji rzeki, która zakłada, że koryto i terasa zalewowa są kształtowane siłami natury rzeki, a chronione przed erozją są tylko wartościowe tereny znajdujące się poza terasą zalewową. Koncepcja ta zakłada, że granice te wyznaczone w planach zagospodarowania terenu są, lub mogą być umocnione w miejscach, których przekroczenie zagraża elementom infrastruktury lub innym wrażliwym czy cennym terenom. Dotychczas była ona realizowana głównie w oparciu o doradztwo autorów „Zasad...” w granicznych meandrach Odry, wzdłuż Białej Tarnowskiej i na krótkim odcinku Raby od Lubnia do Pcimia.

Realizacja koncepcji korytarza swobodnej migracji rzeki zawiera zaniechanie odbudowywania lub nawet częściowe usunięcie umocnień brzegowych koryta w zamian za umocnienie granic obszaru swobodnej migracji rzeki. Skutkiem realizacji tej koncepcji jest zapewnienie zwiększonej ilości rumowiska w korycie rzeki wewnątrz i poniżej korytarza, odtworzenie naturalnych form korytowych, odtworzenie teras zalewowych na nowym, obniżonym poziomie oraz uzyskanie w efekcie końcowym koryta swobodnie migrującego w obrębie obszaru zalewowego bez konieczności umacniania brzegów koryta i dewastacji środowiska.

³⁶ Patrz przypis 26



Ryc. 12. Czyszczenie wlotu do roztoki wypłyconej podczas wezbrania w wyniku depozycji materiału zwirowego

5.2.4 Pogłębianie linii nurtu roztok

Zwiększona dostawa rumowiska z erozji brzegów lub wcinania się uregulowanych odcinków rzek może lokalnie doprowadzić do nadmiernego wypełnienia koryta rumowiskiem i zablokowania roztok, których utrzymanie jest istotne dla celów technicznych (właściwe doprowadzenie wody do mostu czy ujęcia) lub środowiskowych (zwiększenie retencji korytowej i wymiany wód powierzchniowych z wodami gruntowymi, podkreślenie granic przebiegu roztok). Udrożnienia i zwiększenia przepustowości roztoki wybranej do utrzymania można dokonać poprzez roboty polegające na pogłębieniu linii jej nurtu (ryc. 12). Wykonuje się to koparką z transportem, przewożąc aluwia i wypełniając nimi linię nurtu roztoki, która jest przeznaczona do „osłabienia”. Miejsce, które nadaje się do tego zabiegu to przede wszystkim węzły koryta roztokowego, chociaż czasem jest wskazane pogłębienie innej roztoki pomiędzy punktami węzłowymi.

Pogłębianie linii nurtu roztok odbywać się powinno głębokim wykopem wąsko-przestrzennym, dla zmniejszenia ilości materiału transportowanego sprzętem mechanicznym, pozostawiając poszerzenie wykopu siłom przyrody.

5.2.5 Umacnianie granicy obszaru swobodnej migracji koryta

Biorąc po uwagę, że konieczność przeciwerozyjnego zabezpieczenia granicy obszaru swobodnej migracji rzeki występuje tylko w miejscach bezpośredniej bli-

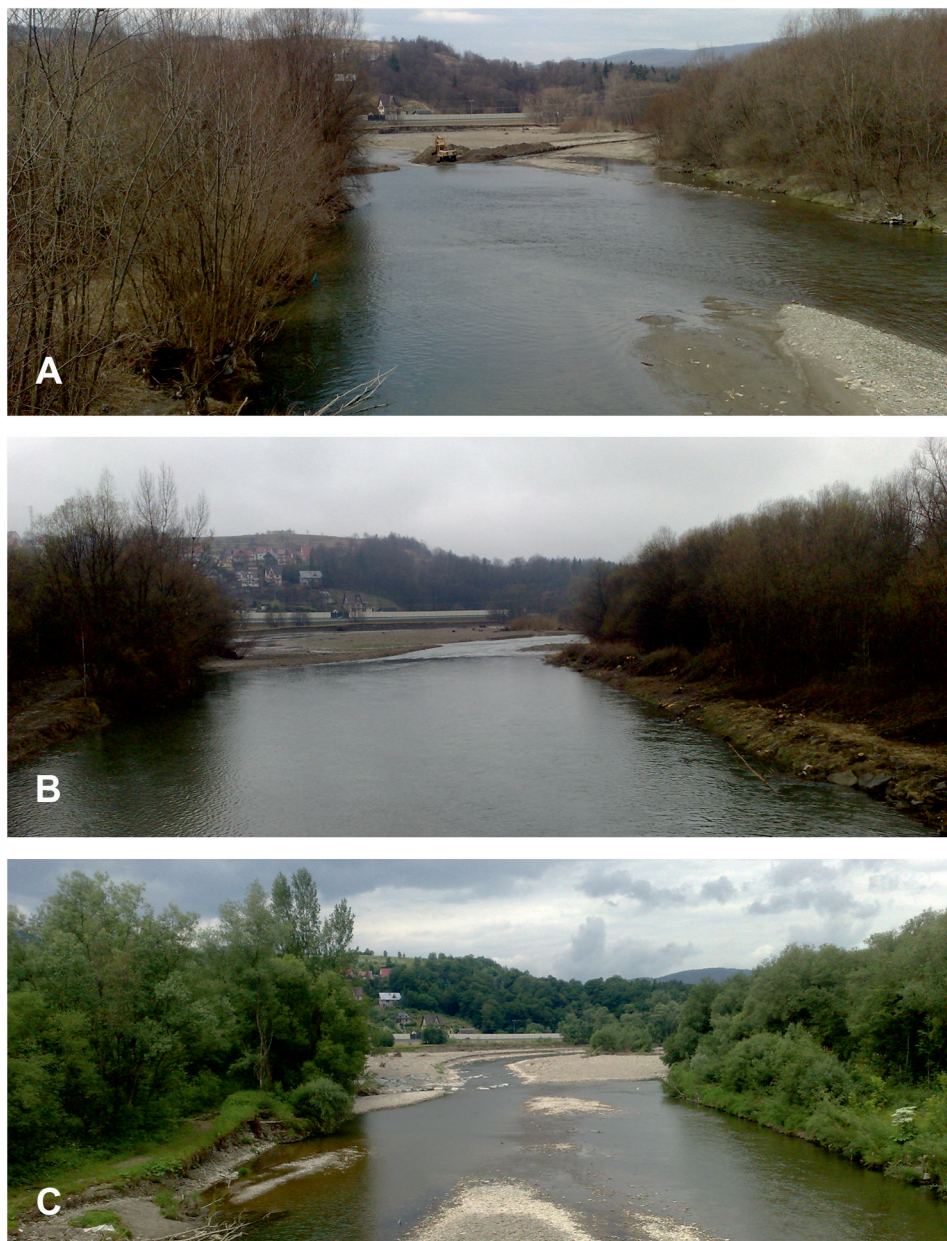


Ryc. 13. Wymiana gruntu na skalisty na granicy obszaru swobodnej migracji koryta Raby

skości koryta rzeki z zabudową infrastrukturalną, mieszkaniową czy w inny sposób cennym terenem, prace takie można wykonywać z dala od czynnego koryta, w sposób nieuciążliwy dla środowiska wodnego i przy użyciu sprzętu zmechanizowanego, a ponadto mogą być one rozłożone na wiele lat i programowane dopiero w przewidywaniu zbliżania się głównego koryta do skraju wyznaczonego obszaru swobodnej migracji rzeki. Zasadniczym elementem umocnienia jest umieszczony w wykopie na odpowiedniej głębokości zagęszczony nasyp z gruntu skalistego, którego kształt powinien być dopasowany do używanego sprzętu zagęszczającego (ryc. 13). Profil nasypu powinien odpowiadać spadkowi doliny, a jego największe zagłębienie powinno sięgać co najmniej 0,8 m poniżej zwierciadła wody średniego niskiego przepływu SNQ. Pomiedzy nasypem a infrastrukturą powinno się zachować pas około 20 m szerokości, na którym należy utrzymywać właściwy porost odpowiednich dla tego miejsca drzew i krzewów. Tam gdzie nie ma w pobliżu koryta zabudowy infrastrukturalnej czy mieszkaniowej – nie podejmuje się inżynierskich interwencji.

5.2.6 Zapobieganie niepożądanemu awulsji koryta

W szerokiej dolinie migrującego koryta zdarza się, że istnieje konieczność wyłączenia przebiegu koryta na odcinku, który uznaje się za zagrożający sąsiadującej zabudowie (ryc. 14). Najlepiej w takim wypadku wybrać albo stare koryto rzeki, albo jedną z roztok i skierować tam główny nurt (ryc. 14A, B). Najczęściej konieczne jest także przetamowanie odcinanej odnogi w taki sposób, żeby podczas kolejnego



Ryc. 14. Odsunięcie głównego koryta Raby od erodowanego lewego brzegu: (A) rozpoczęcie robót przy budowie deflektora w 2012 roku, odcinanie roztoki kierującej główny nurt w kierunku drogi szybkiego ruchu, (B) widok po wykonaniu przetamowania kierującego nurt w prawo do wcześniej suchego koryta, (C) stan po powodzi z maja 2014, nowa roztoka przebiega środkiem aktywnego koryta, przecinając wcześniejszą łączę śródkorytową, po obu stronach występują koryta czynne tylko podczas wezbrań

wezbrania nie mogło nastąpić nagłe przerwienie nurtu (awulsja) do dawnego, niepożądanego kierunku. To przetamowanie nie powinno mieć charakteru umocnienia brzegu nowego koryta, lecz raczej deflektora o stosunkowo dużej powierzchni w starym korycie, kierującego nurt w pożądanym kierunku, ale z możliwością przelania się i rozlania w dolinie i w odciętej odnodze przy wezbraniach. Trwała konstrukcja deflektora powinna być stosunkowo płaska, o spadku podłużnym od 2% wzdłuż krawędzi koryta do 4% przy krawędzi wewnątrz obszaru swobodnej migracji. W ten sposób przelewająca się woda kieruje się do wewnątrz obszaru koryta i erozja poniżej przetamowania nie zagraża brzegom koryta. Przetamowanie takie nie powinno być planowane jako trwała budowla – przeciwnie, jest ważne, żeby przewidywać późniejszą powolną erozję deflektora, który ma przecież tylko opóźnić, a nie uniemożliwić naturalne procesy korytowe (ryc. 14C).

6

INTERWENCJE BIOLOGICZNE

6.1. Potrzeba interwencji w zakresie roślinności doliny rzecznej

Szata roślinna naturalnych górskich dolin i rzek nie wymaga interwencji. Nie jest tam też potrzebne usuwanie napławionego drewna i rosnących drzew i zakrzewień. Może być ewentualnie dopuszczona ekstensywna gospodarka leśna na terasach zalewowych i w łęgach, w postaci cięć częściowych lub stopniowych i bez wprowadzania obcych gatunków. W przypadku stosunkowo dużych obszarów grądów na wyższych terasach zalewowych i na granicach obszarów swobodnej migracji koryt właściwa i celowa gospodarka leśna jest tam jak najbardziej wskazana.

Interwencje stają się niezbędne wtedy, gdy naturalny przebieg rzeki został naruszony, lub naturalna szata roślinna została usunięta i zastąpiona celowo lub spontanicznie przez gatunki roślin nie przynależne do właściwych siedlisk związanych ze środowiskiem wodnym, lub środowiskiem lądowym przyległym do wód. Należy przy tym pamiętać, że nadbrzeżne środowisko składa się z mozaiki siedlisk i taki stan jest tam nie tylko właściwy, ale i konieczny, ze względu na potrzebę występowania wczesnych procesów sukcesji, a więc dopuszczenia zniszczenia niektórych siedlisk celem umożliwienia występowania innych. Dobrym przykładem jest tutaj zależność występowania siedliska włosienicznika od spontanicznego czy zamierzonego usuwania zarośli wierzbowych i olchowych ocieniających koryto potoku (ryc. 15). W przypadku interwencyjnego usuwania drzew w celu ochrony włosieniczników



Ryc. 15. Włosieniczniki rosnące dzięki wycięciu wszystkich gałęzi drzew rosnących ponad lustrem wody – Obszar Natura 2000 Raba z Mszanką

warto zastępować je niskimi zakrzaczeniami derenia świdwy czy czarnego bzu, które opóźniają sukcesję wierzb i olch, zmniejszając w ten sposób nakład koniecznych prac utrzymaniowych.

„Klucz do oznaczania makrofitów dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych” jest bogato ilustrowanym opracowaniem, które umożliwia rozpoznanie roślin wodnych czy nadwodnych i daje opisy warunków ich występowania. Pozwala to określić intensywność porostu i różnorodność gatunkową roślin wodnych w ubogich zazwyczaj w rośliny podwodne siedliskach rzek górskich. Wszelkie napotkane miejsca występowania naczyniowych roślin zanurzonych w rzekach górskich i podgórszych zasługują na staranną ochronę.

W obszarach chronionych należy z góry zaplanować, które siedliska będą szczególnie chronione, które powinny być chronione w związku z głównym przedmiotem ochrony oraz te, które mogą być przedmiotem gospodarowania rolno-leśnego, mimo że leżą w granicach chronionego obszaru. Gospodarka ta może dawać określone korzyści dla właścicieli gruntów, w tym szczególnie dla właścicieli wody (KZGW czy marszałków województw).

6.2 Usuwanie obcych gatunków roślin

Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz. U. 2009, Nr 151, poz. 1220, z późn. zm.) przyjmuje definicję gatunku obcego jako „gatunku występującego poza swoim naturalnym zasięgiem w postaci osobników lub zdolnych do przeżycia: gamet, zarodników, nasion, jaj lub części osobników, dzięki którym mogą one się rozmnażać³⁷”. Nie wszystkie jednak gatunki zaliczane do obcych są uznawane za inwazyjne, które definiuje się jako te spośród gatunków obcego pochodzenia, które zagrażają różnorodności biologicznej i/lub funkcjonowaniu ekosystemów.

Gatunki obce występują nad rzekami górskimi jako sztucznie wprowadzone (np. plantacje topól mieszańcowych i wierzb krzaczastych) lub rozsiewające się samodzielnie (robinia akacja, klon jesionolistny, rdestowce, barszcze). Te ostatnie bardzo często rozpowszechniają się wzdłuż cieków wodnych w szczególności w przypadku, kiedy w wyniku wykonywania rozległych robót regulacyjnych lub drogowych odsłaniane są duże i silnie nasłonecznione powierzchnie pozbawione ziemi urodzajnej.

Profilaktyka unikania inwazji gatunków obcych to utrzymanie naturalnych zespołów roślinnych. W obszarach Natura 2000 zakres oraz sposoby monitorowania i zwalczania gatunków obcych powinny być zawarte w planach zadań ochronnych

³⁷ Pogłębienie wiadomości na temat inwazyjnych gatunków obcych i sposobów ich zwalczania można znaleźć w publikacji: Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zajac M., Zajac A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński C.: Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. GDOŚ, Warszawa, 2012



Ryc. 16. Usunięty płat rdestowca i wyrosnięte sadzonki drzew – w tle typowe miejsce rozpowszechniania się rdestowca w dolinach rzek górskich: przesuszone zarośla wikliny

obszaru. W innych cennych przyrodniczo terenach powinno się zwalczać gatunki obce należące do gatunków inwazyjnych lub szkodliwych dla zdrowia ludzi.

Rdestowiec jest bardzo trudny do usunięcia. Aby się go trwale pozbyć, należy łączyć jego dokładne mechaniczne usuwanie (wrywanie i wykopywanie wraz z systemem korzeniowym) z nasadzeniami krzewów i drzew wytrzymujących konkurencję rdestowca (dereń świdwa, dąb, grab, olcha szara) (ryc. 16). Celem zwalczania rdestowca jest uniemożliwienie rozsiewania się i eliminacja zwartych płatów całkowicie zagłuszających inne gatunki roślinne.

Barszcze (Sosnowskiego i Mantegazziego) powinny być usuwane jak najszybciej, ze względu na oparzenia skórne, które powoduje ich sok. Rośliny należy wykopywać razem z korzeniami i palić w miejscu ich napotkania. Nie powinno się dopuszczać do rozsiania się barszczu, można więc pakować kwiatostany rosnących roślin w worki foliowe zanim przystąpi się do ich unicestwienia.

Dorosłe drzewa obcych gatunków wycina się nie wcześniej niż po doczekaniu do ich wieku rębności i tylko wtedy, gdy swoją pozycją w stosunku do koryta rzeki zagrażają osunięciem się do koryta i zatamowaniem przepływu podczas wezbrania. Małe samosiejki i odrosty (np. robinii akacji, topoli czy dębu czerwonego) można usuwać poprzez wycinanie i wrywanie. Klon jesionolistny produkuje bardzo wiele nasion i rozpowszechnia się zarówno wzdłuż rzek jak i dróg. Powinno się go eliminować przede wszystkim w okolicy mostów, przecinając szlaki jego rozpowszechniania się.

Celem usunięcia dorosłych drzew należy złożyć do właściwej gminy wniosek o wydanie decyzji zezwalającej na wycięcie bez naliczania opłat, załączając szkic lub mapę ich rozmieszczenia i cel ich wycięcia, którym może być usunięcie związa-

ne z utrzymaniem koryta cieku naturalnego (art. 86 ust 1 pkt. 13 Ustawy o ochronie przyrody). Po dokonaniu wizji lokalnej i stwierdzeniu, że nie występują gatunki chronione w obrębie drzew, w tym na pniach, w koronach oraz w obrębie systemu korzeniowego (art. 83 ust 2c Ustawy o ochronie przyrody) wójt gminy wydaje decyzję, w której podaje termin wycinki oraz ilości i gatunki drzew zastępujących wycinane drzewa gatunków obcych.

6.3 Uzupelnianie składu gatunkowego siedlisk chronionych, czy mozaiki

Nie ma potrzeby ingerowania w skład gatunkowy istniejących siedlisk chronionych, czy mozaiki siedlisk na dnie doliny. W takim przypadku najbardziej właściwa jest ochrona bierna. Czasem jednak w ramach prac utrzymaniowych powstają nowe siedliska, bardziej adekwatne dla terenów nadrzecznych, inne podlegają przekształceniom, a niektóre zostają odtworzone po tak długim okresie czasu, że trudno oczekiwać samoczynnego ich zasiedlenia przez właściwe dla tych siedlisk gatunki. Dotyczy to przede wszystkim siedliska 3260: „Nizinne i podgórskie rzeki ze zbiorowiskami włosieniczników”, które zanika w regulowanych rzekach i potokach podgórskich. Po odtworzeniu właściwych stosunków wodnych (swobodna wymiana wód gruntowych z płynącymi) i oświetleniowych, oraz zapewnieniu występowania płaskich koryt z szerokimi terasami zalewowymi obecność niektórych gatunków włosieniczników może samoistnie zostać przywrócona, jeśli jednak nie, to ze względu na to, że większość gatunków rzecznych jest chroniona, ich sprowadzenie z innych stanowisk wymaga uzyskania odpowiedniej zgody. Inne rośliny wodne nie mają tak wysokich wymagań dotyczących wymiany wód jak włosieniczniki, mogą więc rosnąć nawet w mulistych czy piaszczystych plosach i starorzeczach, gdzie znajdują ostoję podczas gwałtownych wezbrań. Stamtąd rozpowszechniają się przy średnich stanach wód, szczególnie jeśli są kawałkowane przez żerujące ptactwo wodne. Wiele gatunków rdzestnic (ryc. 17), wywłócznik okółkowy i nie podlegający ochronie włosienicznik krążkolistny będą rosły w nasłonecznionych plosach o powolnym przepływie wody przed węzłami rzeki roztokowej lub przed koronami bystrzy, jeśli spadek koryta jest nie większy niż 0,003 m/m, samo koryto jest w miarę szerokie i płaskie, a terasa zalewowa niska i rozległa.

Dla siedlisk 3230 i 3240³⁸ podstawowym lub znaczącym gatunkiem jest **września pobrzeźna** (ryc. 18), która zanika w uregulowanych rzekach do tego stopnia, że w górnej Rabie i Skawie nie widziano jej od kilkadziesiąt lat. Roślina ta jest trudna do ponownego wsiedlenia, jednak wiosną dwu- i trzyletnie sadzonki pochodzące z nasion udawało się rozsadzać na nasłonecznionych łachach w szeroko rozplecionych korytach. Najwłaściwszym sposobem ponownego wsiedlenia wrześni pobrzeźnej jest uzyskanie zezwolenia od RDOŚ oraz zakup sadzonek po-

³⁸ Zarosła wierzby na kamieńcach potoków górskich z wrześnią pobrzeźną i bez wrześni pobrzeźnej



Ryc. 17. Rdestnice (kędzierzawa i drobna) porastające dno Raby powyżej węzła koryta roztokowego – wysmienite miejsce wychowania narybku



Ryc. 18. Sześcioletnia wrzesnia pobrzeżna rozsiewa niezliczoną ilość nasion w roztokowym korycie Raby od 2012 roku

chodzących z rzeźów w doniczkach od gospodarstwa ogrodniczego posiadającego odpowiednie zezwolenie na prowadzenie hodowli tej rośliny chronionej. Sadzonki powinno się sadzić wiosną lub jesienią w okolicy planowanego rozsiania się na odsłoniętym żwirowisku czy kamienisku wewnątrz koryta rzeki górskiej, wybierając lokalizację raczej pod kątem przetrwania sadzonki niż właściwego finalnego położenia zespołu wrześni w korycie. Sadzonka pochodząca z hodowli nie posiada bowiem cienkiego i wydłużonego palowego korzenia, który „kotwicz” w żwirowisku krzew od samego początku jego wzrostu z siewek. W sprzyjających warunkach środowiskowych września rozsiewa się doskonale i już po kilku latach od zasadzenia krzewu „matecznego” można doczekać się sporego zagajnika. Ta roślina krzewiasta tworzy trwałe umocnienie żwirowisk i wytrzymuje ich przeformowanie wodami powodziowymi, rozrastając się z przewróconych krzewów przymulonych osadami żwirowymi. Nie wymaga wycinania, gdyż nie przekształca się w drzewa, jak zarośla wierzbowe. Przyczynia się do stabilizacji koryt żwirowych nie stanowiąc żadnego dodatkowego zagrożenia powodziowego.

6.4 Utrzymywanie roślinności koryt uregulowanych i obwałowanych

Umocnienia brzegowe koryt uregulowanych stanowią urządzenia wodne lub budowle hydrotechniczne i przez administrację wodną są regularnie czyszczone z wszelkiej roślinności. Zazwyczaj administracja żąda, aby drzewa nie były sadzone bliżej niż w odległości 2 m od krawędzi tych urządzeń. Budowle wykonane z faszyzny wiklinowej wymagają regularnego wycinania, gdyż wierzby charakteryzują się wielką ekspansywnością, a bywały sadzone przez hydrotechników w strefach nie przewidzianych dla wierzb krzaczastych. W samych korytach trudno znaleźć warunki dogodne dla roślin podwodnych. Do właściwego utrzymania pozostają więc lądowe strefy przybrzeżne, które trudno nazwać terasami zalewowymi, gdyż zalew tych terenów występuje nie częściej niż co 5 do 20 lat. Najczęściej są one porośnięte przerośniętymi krzewami wikliny, która pozostała po dawnej zabudowie biologicznej lub plantacjach wikliny. Wiklina wymaga przecinania co 2 do 4 lat, ale ze względu na olbrzymią wielkość powierzchni tych plantacji i brak finansowania wycinka odbywa się nieregularnie, prowadząc do powstawania segetalnych³⁹ i ruderalnych zbiorowisk w postaci bezużytecznych zagajników przesuszonej, badylastej wierzby podrośniętej pokrzywami i szeregiem gatunków obcych.

Tymczasem brzegi wciętych potoków i rzek górskich są usytuowane zbyt wysoko nad lustrem wód gruntowych, aby stanowić siedliska łągów czy zarośli wierzbowych, natomiast wykazują tendencję do ewolucji w kierunku łągów środkowoeuropejskiego. Pomiędzy bezwartościowymi przerośniętymi krzewami wierzby znajduje się wiele samosiejek jesionu, jarzębiny, czeremchy, wiśni ptasiej, jaworu, grabu, dębu, róży,

³⁹ Segetalny – pochodzenia rolniczego



Ryc. 19. Uregulowane brzegi potoku Skomielnianka w Tokarni po wycince zarośli wiklinowych – pozostawione samosiejki drzew stanowią początek zagajnika nadbrzeżnego

głogu, derenia świdwy, brzozy, osiki, lipy, świerka, sosny i innych cennych drzew i krzewów. Wycinanie wierzb powinno oszczędzać te samosiejki (ryc. 19), co po latach spowoduje zacienienie i zanik wierzb krzewiastych w zbyt wysoko nad lustrem wody usytuowanych zagajnikach nadbrzeżnych, a więc uniknie się konieczności ich regularnego wycinania.

Wskazówki kreowania pasów brzegowych porośniętych drzewami są szeroko opisane w publikacji „Podstawy renaturyzacji rzek”⁴⁰. W utrzymaniu rzek uregulowanych właściwe wydaje się raczej usuwanie drzew rosnących nie w swoim siedlisku i zapewnienie ochrony naturalnych samosiejek. Czasem jednak warto przewidzieć sadzenie drzew, ale wtedy konieczne jest przestrzeganie doboru właściwych miejscowych gatunków do odpowiednich warunków zastanych wzdłuż uregulowanych brzegów. Najczęściej będą to warunki odpowiednie dla grądu środkowoeuropejskiego, jaworzyny lub olszyny górskiej, lub lasów dębowo-wiązowo-jesionowych.

Po dużych wezbraniach w terasie zalewowej poza umocnieniami brzegowymi powstają czasem wyerodowane zagłębienia wypełnione wodą. Dla ograniczenia erozji w tych miejscach podczas późniejszych wezbrań można zainicjować ich porośnięcie roślinnością podwodną (głównie **rdestnice** i **wywłócznik okółkowy**) lub nadbrzeżną, odporną na falowanie i umiarkowany prąd wody (**jeżogłówka gałęzista**, **kosaciec żółty**, **manna mielec**). Należy unikać rozpowszechniania rodzimych gatunków bar-

⁴⁰ Żelazo J., Poppek Z.: Podstawy renaturyzacji rzek. SGGW, Warszawa, 2014

Tabela 8. Przydatność gatunków drzew i krzewów do interwencyjnych nasadzeń

Wysokość nad lustrem małej wody [m]	Gatunki drzew i krzewów przydatne do nasadzenia przy granicy swobodnej migracji koryta oraz w miejscach pozbawionych nadbrzeżnego zadrzewienia		
1-2	<i>Alnus incana</i> olsza szara,		
2-3	<i>A. glutinosa</i> olsza czarna, <i>Ulmus glabra</i> wiąz górski,	<i>Fraxinus excelsior</i> jesion wyniosły, <i>Acer pseudoplatanus</i> klon jawor,	
>3	<i>Quercus robur</i> dąb szypułkowy, <i>Cornus sanguinea</i> dereń świdwa	<i>Rosa canina</i> róża dzika, <i>Padus avium</i> czeremcha zwyczajna	<i>Carpinus betulus</i> grab pospolity, <i>Sambucus nigra</i> bez czarny, <i>Sorbus aucuparia</i> jarząb

dzo ekspansywnych, takich jak trzcina pospolita i pałka wąskolistna, które wcześniej czy później i tak znajdą się w stojącej wodzie zalewisk.

Zarówno w nieregulowanych jak i uregulowanych rzekach górskich i podgórskich nie występuje konieczność zwalczania roślinności podwodnej – przeciwnie, wszelkie miejsca w płynącej wodzie, jak i w starorzeczach, zasiedlone przez podwodną roślinność zasługują na ochronę i właściwą opiekę jako wyśmienite stanowiska wychowania narybku i zasiedlania przez bezkręgowce wodne (ryc. 17).

6.5 Umacnianie granic swobodnej migracji koryta przez zadrzewienia

Wyznaczona na mapie (a najlepiej w oparciu o numeryczny model terenu i ortofotomapę) granica korytarza swobodnej migracji koryta może przebiegać bardzo blisko zabudowy i bardzo daleko od czynnego koryta rzeki. Taką granicę warto zabezpieczyć przez nasadzenie pasa drzew o głębokim systemie korzeniowym, właściwych dla warunków pogranicza terasy zalewowej i nadzalewowej. Drzewa takie będą mogły skutecznie osłaniać zabudowę dopiero po kilkudziesięciu latach, ale od samego początku będą wyznaczały w sposób trwały granicę pomiędzy tym, co zbudowane, a tym co naturalne. W tabeli 8 zestawiono gatunki drzew przydatne do tego celu w zależności od położenia ponad lustrem małej wody w rzece.

6.6 Możliwe strategie utrzymania działki wód górskich

Prawo wodne i Ustawa o ochronie przyrody wycinkę drzew i krzewów oraz koszenie roślinności w ramach utrzymania wód ograniczają do „dna i brzegów wód płynących”. Takie sformułowanie stoi w sprzeczności z warunkami referencyjnymi bardzo dobrego stanu wód, które w normie PN-EN 14614:2008 są określone jako: „4.6.6. roślinność w strefie nadbrzeżnej – obecność przyległej naturalnej roślinności

odpowiedniej dla typu i geograficznego położenia rzeki”, oraz z zaleceniami dotyczącymi roli drzew i pasów brzegowych w rewitalizacji rzek⁴¹. Stoi także w sprzeczności z powszechną praktyką, według której wycinane bywają drzewa rosnące nie tylko wewnątrz aktywnego koryta ograniczonego linią porostu traw, ale także na skarpach brzegowych oraz na terasach zalewowych, nie mówiąc już o rozległych obszarach pomiędzy obwałowaniami. Wyjaśnieniem takiej praktyki jest to, że wycina się drzewa z „międzywala” lub z „koryta wielkiej wody”, które nie jest przecież zaliczane do utrzymania wód – a stoi w sprzeczności z zaleceniami renaturyzacji czy rewitalizacji wód, traktowanych jako zwykłe, należące do właściciela działki utrzymanie, służące zachowaniu dobrostanu powierzonego terenu. Jest to bardzo ważny element utrzymania – rewitalizacji, gdyż w terenach górskich dotyczy do 90% powierzchni działek właściciela wody zajętych według map ryzyka powodziowego przez nieużytki, użytki rolne lub leśne, wobec 10% zajętych przez aktywne koryto. W konsekwencji ograniczenie realizacji utrzymania do koryta i brzegów rzek pozbawia większą część działki właściciela wody celowych działań utrzymaniowych, które ma charakter porzucenia i zaniedbania terenu, oraz skłania do jego nieuprawnionego zajęcia i użytkowania.

Konsekwencją „porzucenia” terenów wzdłuż potoków i rzek górskich jest ich zajmowanie na różnorodne użytkowanie, legalne lub nie, jako składów materiałów i surowców drewnianych i skalnych, parkowanie pojazdów osobowych i ciężarowych oraz budowa tymczasowych garaży, zasypywanie materiałami odpadowymi i gruzem celem poszerzenia lub podniesienia rzędnej przyległych działek prywatnych itp. Legalizacja takich działań nazywanych „pełzającą cywilizacją” prowadzi do trwałego zawężenia korytarzy potoków i rzek w miejscowościach, tym samym stanowiąc blokady korytarzy ekologicznych zazwyczaj przebiegających wzdłuż rzek i naruszając właściwe proporcje pomiędzy szerokością koryta i teras zalewowych.

Określenie właściwego celu, porządku i zakresu utrzymania działki właściciela wody dla jej dobrostanu i zabezpieczenia przed nieuprawnionym użytkowaniem wód nie oznacza wcale konieczności zwiększenia nakładów właściciela wody na utrzymanie w dłuższych okresach czasu. Wyznaczenie terenu do utrzymania pozwala bowiem na jego wydzierżawienie celem określonego właściwego zagospodarowania leśnego czy rolniczego, które byłoby rozliczane w sposób pozwalający dzierżawcy na uzyskanie dopłat rolno-środowiskowych oraz czerpanie korzyści z eksploatacji pasterskiej, rolniczej czy leśnej.

Należy przy tym pamiętać, że działka właściciela wody to użytkowanie odpowiadające określeniu „wody płynące”, któremu jest przyporządkowane na mocy Prawa wodnego powszechne korzystanie z wód (jeśli szczegółowe przepisy nie stanowią inaczej). Art. 34.1 ust. 2 stanowi, że „*Powszechne korzystanie z wód służy do zaspokajania potrzeb osobistych, gospodarstwa domowego lub rolnego, bez stosowania*

⁴¹ Żelazo J., Poppek Z.: Podstawy renaturyzacji rzek. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2014



Ryc. 20. Sposoby blokady nieuprawnionego wjazdu sprzętu mechanicznego na działkę właściciela wody

specjalnych urządzeń technicznych, a także do wypoczynku, uprawiania turystyki, sportów wodnych oraz, na zasadach określonych w przepisach odrębnych, amatorskiego połowu ryb". Wobec tego zagospodarowanie i utrzymanie „wód płynących” nie może utrudniać powszechnego korzystania z wód w sposób opisany w Prawie wodnym dla niezmechanizowanych osób.

Nie wyklucza to jednak stosowania blokad wjazdów na teren „wód płynących” celem uniemożliwienia nieuprawnionego korzystania z wód, a dotyczy to przede wszystkim używania zmechanizowanego sprzętu i transportu (ryc. 20). Taka powszechna dostępność i brak możliwości grodzenia dostępu do wody narzuca najczęstsze użytkowanie terenu lądowego działki wód płynących opisywane w mapach i dokumentach jako „nieużytki”, „łąki i pastwiska”, „zakrzaczenia i zadrzewienia”.

W obszarach chronionych obowiązuje zazwyczaj plan zadań ochronnych lub podobny dokument, który określa dodatkowe obostrzenia w użytkowaniu i dostępności terenów nadrzecznych. Stosowanie tych dokumentów wskazuje sposób zagospodarowania terenów nadrzecznych i czasem narzuca sposób ich utrzymania. Zasadniczo realizacja planów zadań ochronnych należy do właściciela terenu.

6.6.1 Przyrodnicze podstawy gospodarki leśnej

Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków wydało publikację „Przyrodnicze podstawy gospodarki leśnej w Karpatach”, w której zwraca uwagę na konieczność odpowiedniego decydowania w planie urządzenia lasu w zakresie typów drzewostanów dla poszczególnych typów siedliskowych lasu, przyjętych wieków rębności dla

poszczególnych lasotwórczych gatunków drzew, typów rębni i zalecanych okresów odnowienia, ilości drewna pozyskiwanego przy założeniu ciągłości i trwałości zasobów leśnych, drzewostanów „wyłączonych z użytkowania”, zapisów dotyczących minimalizacji niekorzystnych oddziaływań gospodarki leśnej na środowisko, w tym pozostawiania drzew biocenotycznych, biogrup, nieużywanych pasów drzewostanów wzdłuż potoków itp. Z inwentaryzacji przeprowadzonych w wielu lokalizacjach w Karpatach wynika, że wzdłuż potoków leśnych w pasie szerokości do 30 m od brzegów potoku znajdują się obszary leśne najcenniejsze przyrodniczo i o najstarszym składzie gatunkowym w Karpatach, które powinny być pozostawione bez gospodarowania. Znajduje się tam 70% wskaźnikowych organizmów lasów naturalnych⁴². Jednocześnie zwraca się uwagę na rolę ochrony ekosystemów nieleśnych w lasach, w tym łąk, mokradel i torfowisk. Wynika z powyższego, że sąsiedztwo lasu i rzeki stanowić może najcenniejsze środowiska leśne i nieleśne, konieczne dla zachowania bioróżnorodności zarówno w rzece, jak i w lasach.

Właściwe gospodarowanie leśne na działkach właściciela wody może, także w obszarach chronionych, być podstawą planu utrzymania wód, oraz przychodów pozwalających na całkowite lub częściowe pokrycie kosztów realizacji takiego gospodarowania.

6.6.2 Łąki, pastwiska

Usunięcie plantacji wikliny czy płatów niektórych inwazyjnych gatunków obcych (np. nawłóć, trzcinnik piaskowy) nie jest skuteczne, jeśli nie przewidzi się właściwego, długoletniego gospodarowania w wykoszonym czy wykarczowanym terenie. Może to być gospodarowanie leśne, które wymaga przeznaczenia tego terenu na obszar leśny, albo częściowe czy całościowe przeznaczenie na łąki lub pastwiska. W każdym razie wycinanie zakrzaczeń wierzbowych w rejonie powyżej 2 m nad zwierciadłem wody gruntowej bez ich karczowania jest niekończącym się zaproszeniem dla inwazji gatunków obcych, bez możliwości jakiegokolwiek rozsądnego użytkowania takiego terenu. Wycinając co kilka lat z takich terenów niepożądane wierzby, powinno się pozostawiać cenne samosiejki, wyznaczające skład gatunkowy nadbrzeżnego lasu charakterystycznego dla położenia określonej terasy zalewowej. To stanowi początek zagajnika o właściwym składzie gatunkowym, a po podrośnięciu samosiejek może stanowić właściwe pastwisko dla bydła i koni⁴³. Czasowy brak pastwiskowego gospodarowania będzie prowadził do odnowy gatunków leśnych i dalszego wzrostu lasu nadbrzeżnego. Wtedy kośne lub pastwiskowe użytkowanie płatów porośniętych

⁴² Fundacja Dziedzictwo Przyrodnicze, <http://przyrodnicze.org/>

⁴³ W Lasach Państwowych obowiązuje zakaz wypasu zwierząt. Nie dotyczy to lasów położonych na gruntach innych właścicieli, co umożliwia urządzenie na gruntach właściciela wody lasu przewidzianego do wypasu bydła i koni

roślinnością zielną pomiędzy drzewami także jest możliwe i wskazane dla uzyskania siedliska podobnego do świetlistej dąbrowy, łągu jesionowego, lasu dębowo-wiązowo-jesionowego czy do zagospodarowania parkowego terasy zalewowej⁴⁴.

W „Wizji Ekorozwoju Gmin Karpackich – Dobre Praktyki” wskazano, że oprócz zielonej turystyki, pasterstwa, rejestracji i promocji produktu lokalnego istnieje duży potencjał rozwoju gospodarki w gminach karpackich w dziedzinie pozyskania i przetwarzania biomasy. Obserwuje się stały wzrost produkcji i zużycia biomasy zarówno do spalania, jak i w biogazowniach do produkcji ciepła i energii elektrycznej. Głównym kierunkiem rozwoju działalności opartej na przetwarzaniu biomasy powinno być jej efektywne zagospodarowanie w kierunku biopaliw stałych lub też wytwarzania biogazu w instalacjach biogazowych i wykorzystania go do produkcji energii elektrycznej i ciepłej w układach kogeneracyjnych. Utrzymanie sporych obszarów nadrzecznych we władaniu właścicieli wody stanowić może źródło materiału do przetwarzania w biogazowniach (skoszona trawa), jak również surowiec do brykietów czy pelletów biopaliwa stałego (zrębki z wycinki krzewiastych wierzb, obcych gatunków drzew i krzewów oraz z odpadów leśnych). Jednocześnie ten typ gospodarowania mógłby stwarzać warunki dla rozwoju bardziej zaawansowanego gospodarowania w przyszłości (turystyka – pasterstwo – gospodarka leśna) poprzez celowe kreowanie terenów dla odpowiedniego gospodarowania z wykorzystaniem dofinansowania z programów rolnośrodowiskowych.

⁴⁴ Gdy byłaby zabraknie w dąbrowie: o lasowieniu gajów pogórzy karpackich http://karpatylacza.pl/images/aktualnosci/Ziobro_Pilch_Frankow.pdf

7

SPIS PODSTAWOWYCH AKTÓW PRAWNYCH (stan na dzień 30.04.2016)

7.1 Dyrektywy Wspólnoty Europejskiej

Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz. Urz. WE L 327 z 22.12.2000, str. 1, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 5, str. 275)

Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (Dz. Urz. UE L 288 z 06.11.2007, str. 27)

7.2 Ustawy

Ustawa z dnia 18 lipca 2001 Prawo wodne, Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229, (tekst jednolity: Kancelaria Sejmu 2016-02-11)

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880 (tekst jednolity Dz.U. 2015 nr 0 poz. 1651)

7.3 Akty normatywne niższego rzędu

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU I GOSPODARKI MORSKIEJ z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. Dz.U. 2000 nr 63 poz. 735 (brzmienie z dnia 25 marca 2015)

Rozporządzenie nr 4/2014 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie z dnia 16 stycznia 2014 r. w sprawie warunków korzystania z wód regionu wodnego Górnej Wisły. <http://bip.malopolska.pl/rzgwkrakow/Article/get/id,848610.html>

PRIORYTETOWE RAMY DZIAŁAŃ DLA SIECI NATURA 2000 na Wieloletni Program Finansowania UE w latach 2014-2020. Warszawa, kwiecień 2013 r.

http://www.google.pl/search?q=PRIORYTETOWE+RAMY+-DZIA%C5%81A%C5%83+DLA+SIECI+NATURA+2000+na+Wieloletni+Program+Finansowania+UE+w+latach+2014-2020.+Warszawa%2C+kwiecie%C5%84+2013+r.&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gfe_rd=cr&ei=_c81V9SgL-uv8wfoqa3oDA

8

SPIS PODSTAWOWYCH POZYCJI LITERATURY

Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyzga B., Zalewski J.: Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2005

www.krakow.rzgw.gov.pl/download/Zasady_dobrej_praktyki.pdf

Godyn I., Indyk W., Jarząbek A., Pudłowska-Tyszewska D., Owsiany M., Sarna S., Stańko R., Tyszewski S.: Dobre praktyki planowania gospodarowania wodami na obszarach cennych przyrodniczo. Kraków, 2011

www.orawa.krakow.rzgw.gov.pl/download/nowy/broszura.pdf

Jeleński J.: Kształtowanie rozwiązań wariantowych w ochronie przed powodzią w kontekście ochrony środowiska. Materiały Sympozjum Ogólnokrajowego HYDROTECHNIKA XIII'2011, Śląska Rada Naczelna Organizacji Technicznych FSNT w Katowicach, Ustroń, 17-19 maja 2011

www.jot-raba.az.pl/pdf/ksztaltowanie.pdf

Jeleński J.: Monitoring dynamicznej równowagi koryt rzek górskich (program działań naprawczych ograniczających negatywne skutki antropogenicznych zmian hydromorfologicznych). Materiały XXIV Ogólnopolskiej Szkoły Gospodarki Wodnej, Kraków, 24-26 września 2014

Jeleński J., Gatkowska-Jeleńska D.: Zastosowanie równań równowagi cieków zwirodnennych dla zachowania naturalnego otoczenia dróg. [w:] Odwodnienie dróg i ulic a ekologia - prawo, projektowanie, wykonawstwo. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP w Krakowie, seria: Materiały konferencyjne nr 85/2008 (zeszyt 141) str. 57-84

www.jot-raba.az.pl/pdf/koryta.pdf

Jeleński J., Mikuś P.: Zastosowanie przyjaznego środowisku podejścia inżynierskiego do ograniczania ryzyka powodzi na przykładzie odcinka rzeki Bóbr w Wojanowie. Gospodarka Wodna 4 (2016), str. 101-109

Kowalczak P., Nieznański P., Stańko R., Magdaleno Mas F., Bernués Sanz M.: Natura 2000 a gospodarka wodna. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2009

www.gdos.gov.pl/files/artykuly/5073/Natura_2000_a_gospodarka_wodna.pdf

Rosgen D. L.: A Geomorphological Approach to Restoration of Incised Rivers. [w:] Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision. Wang S.S.Y., Langendoen E.J., Shields F.D. (eds), 1997

Rosgen D. L.: A classification of natural rivers. *Catena* 22 (1994) str. 169-199

Szozkiewicz K., Jusik S., Zgoła T.: Klucz do oznaczania makrofitów dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 2010

www.gios.gov.pl/images/dokumenty/raporty/Klucz_makrofitow_nizsza_rozdzielczosc.pdf

Thorne C. R., Hey R. D., Newson M. D.: Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Wiley, Chichester, 1997

Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński C.: Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. GDOŚ, Warszawa, 2012

www.gdos.gov.pl/files/artykuly/5050/Rosliny_obcego_pochodzenia_w_PL_poprawione.pdf

Wilk T., Michałek J., Pawlusiński R., Pietras-Goc B., Serafin R., Śliwa-Martinez K., Wierzbiński M.: Wizja Ekorozwoju Gmin Karpackich – Dobre Praktyki. OTOP, Marki, 2013

www.ptakikarpat.pl/en/do-pobrania.html

Wilk T., Pawlaczyk P., Bobrek R., Pępkowska-Król A.: Przyrodnicze podstawy gospodarki leśnej w Karpatach. OTOP, Marki, 2014

www.ptakikarpat.pl/en/do-pobrania.html?start=30

Wyźga B.: Wcinanie się rzek polskich Karpat w ciągu XX wieku. [w:] Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty. Wyźga B. (red.), 2008, str. 7-39

www.iop.krakow.pl/pobierz-publicacje,1293

Wyźga B. (red.): Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 2008

Wyźga B. (red.): Stan środowiska rzek południowej Polski – znaczenie środowiskowe, degradacja i możliwości rewitalizacji rzek wielonurtowych. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 2013

Wyżga B., Hajdukiewicz H., Radecki-Pawlik A., Zawiejska J.: Eksploatacja osadów z koryt rzek górskich – skutki środowiskowe i procedury oceny. *Gospodarka Wodna* 6 (2010) str. 243-249

Wyżga B., Radecki-Pawlik A.: Jak zmniejszyć zagrożenie i ryzyko powodziowe w dorzeczu górnej Wisły? *Gospodarka Wodna* 10 (2011) str. 414-421

Wyżga B., Zawiejska J.: Znaczenie hydromorfologicznej jakości dla stanu ekologicznego rzek polskich Karpat. [w:] *Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych*. Mazurkiewicz-Boroń G., Marczewska B. (red.), 2014, str. 339-350
www.iop.krakow.pl/pobierz-publicacje,1041

Żelazo J., Popek Z.: *Podstawy renaturyzacji rzek*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2014

NOTATKI