

PODRĘCZNIK WDRAŻANIA PROJEKTU
Wytyczne do realizacji zadań i obiektów małej retencji
i przeciwdziałania erozji wodnej

**Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do
zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie
erozji wodnej na terenach nizinnych**

**Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do
zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie
erozji wodnej na terenach górskich**

CZĘŚĆ I
ZAKRES RZECZOWY

Warszawa, listopad 2016



Unia Europejska
Fundusz Spójności



Niniejszy dokument stanowi załącznik do Decyzji nr 552 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 25.11.2016r.

Wytyczne do realizacji zadań i obiektów małej retencji i przeciwdziałania erozji opracował zespół pracowników Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych, m.in. na podstawie:

Wytycznych do realizacji obiektów małej retencji w górach (maj 2011)

Wytycznych do realizacji obiektów małej retencji dla projektu Zwiększanie możliwości retencyjnych oraz przeciwdziałanie powodzi i suszy w ekosystemach leśnych na terenach nizinnych (styczeń 2011)

Spis treści

| | |
|--|-----------|
| | 1 |
| WSTĘP | 5 |
| PODSTAWOWE INFORMACJE I ZAKRES DZIAŁAŃ W PROJEKTACH | 6 |
| I. CEL PROJEKTÓW | 6 |
| II. TYPY REALIZOWANYCH DZIAŁAŃ | 7 |
| Działania z zakresu małej retencji oraz przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach nizinnych i górskich..... | 7 |
| 1. <i>Działania z zakresu małej retencji</i> | 7 |
| 2. <i>Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej</i> | 8 |
| UWARUNKOWANIA I OGRANICZENIA DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTÓW | 10 |
| I. <i>Uwarunkowania prawne i proceduralne</i> | 10 |
| II. <i>Uwarunkowania przyrodnicze - zagrożenia antropogeniczne i zalecenia ochronne</i> | 12 |
| III. <i>Uwarunkowania hydrotechniczne - wpływ budowli oraz regulacji rzek na ekosystemy wodne</i> | 15 |
| 1. <i>Zbiorniki retencyjne i stopnie wodne</i> | 15 |
| 2. <i>Regulacja rzek i potoków</i> | 15 |
| 3. <i>wysychanie starorzeczy i ubożenie roślinnych i zwierzęcych zbiorowisk nadrzecznych ekosystemów</i> | 16 |
| 4. <i>Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków</i> | 17 |
| 5. <i>Doświadczenia EkoFunduszu i Klubu Przyrodników</i> | 21 |
| IV. <i>Terminy i wykonawstwo robót</i> | 23 |
| WYTYCZNE DO REALIZACJI OBIEKTÓW I DZIAŁAŃ W RAMACH PROJEKTÓW | 26 |
| I. Charakterystyka metod przyjętych w projektach | 26 |
| 1. <i>Metody przyrodnicze (zabudowa biologiczna)</i> | 26 |
| 2. <i>Metody techniczne</i> | 29 |
| 3. <i>Przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z gwałtownym spływem wód opadowych na obszarach o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu z zastosowaniem metod technicznych i przyrodniczych</i> | 31 |
| II. Zalecenia dla nadleśnictw na etapie przygotowania do realizacji | 33 |
| III. Działania i obiekty przewidziane do realizacji | 36 |
| 1. <i>Działania z zakresu małej retencji</i> | 41 |
| 1.1. Budowa lub modernizacja zbiorników i polderów zalewowych..... | 44 |
| 1.1.1. Rodzaje realizowanych w ramach projektów zbiorników wodnych..... | 44 |
| a) Zbiorniki małej retencji stale gromadzące wodę..... | 47 |
| • Zbiorniki odpływowe lub bezodpływowe zasilane wodą gruntową/opadową, spływem lub ciekami okresowymi..... | 47 |
| • Zbiorniki boczne..... | 50 |
| • Zbiorniki odtwarzane na starych stawach i zbiornikach..... | 51 |
| • Zbiorniki na rowach..... | 53 |
| b) Zbiorniki suche o funkcji przeciwpowodziowej | 54 |
| c) Poldery zalewowe | 55 |
| 1.1.2. Elementy konstrukcyjne zbiorników, typy rozwiązań preferowane w projektach..... | 55 |
| a) Groble (zapory ziemne) zbiorników..... | 56 |
| b) Urządzenia upustowe zbiorników..... | 57 |
| c) Doprowadzalniki wody..... | 61 |
| d) Przeplawki dla ryb..... | 62 |
| 1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym | 66 |
| a) Budowa zastawek, progów, stopni i innych przy tamowach na rowach, sztucznych ciekach lub ciekach naturalnych w znacznym stopniu uregulowanych..... | 71 |
| • Zastawki..... | 71 |
| • Progi, stopnie i gury..... | 76 |
| b) Zatykanie odpływów i drenaży..... | 90 |
| c) Zasypanie rowów melioracyjnych..... | 94 |
| d) Budowa opóźniaczy odpływu na rowach..... | 96 |

| | | |
|---|---|------------|
| e) | Doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych..... | 97 |
| f) | Adaptacja istniejących systemów melioracyjnych na terenach nizinnych do pełnienia funkcji retencyjnych z zachowaniem drożności cieku dla ryb - budowa bystrzy, umożliwiających migrację ryb. 97 | |
| g) | Naturalizacja i meandryzacja cieków oraz odtwarzanie terenów zalewowych..... | 97 |
| • | Naturalny układ koryt rzecznych: bystrze-przełębienie (szypot-płoso)..... | 97 |
| • | Meandryzacja i odtwarzanie terenów zalewowych..... | 98 |
| 1.3. | Nietechniczne działania związane z małą retencją..... | 106 |
| 2. | Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej..... | 106 |
| 2.1. | Zabezpieczanie infrastruktury leśnej..... | 106 |
| 2.1.1. | Zabezpieczenie skarp i brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury..... | 107 |
| a) | Umacnianie skarp i osuwisk narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy..... | 107 |
| b) | Techniczno-przyrodnicze zabezpieczenia brzegów narażonych na nadmierną erozję wód wezbraniowych..... | 112 |
| • | Umacnianie brzegów potoku..... | 112 |
| • | Zabezpieczanie podnóża skapy brzegowej..... | 122 |
| • | Ochrona brzegu wklęsłego..... | 125 |
| 2.1.2 | Rozbiórka i modernizacja budowli niedostosowanych do wód wezbraniowych..... | 129 |
| a) | Rozbiórka budowli..... | 129 |
| b) | Przebudowa istniejących zapór przeciwrumowiskowych..... | 130 |
| c) | Przebudowa i modernizacja obiektów (mostów, przepustów, brodów)..... | 136 |
| • | Brody..... | 136 |
| • | Przepusty..... | 139 |
| d) | Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza..... | 144 |
| • | Bystrza o zwiększonej szorstkości..... | 144 |
| • | Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza..... | 148 |
| 2.2. | Zabudowa przeciwoerozyjna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich..... | 151 |
| 2.2.1. | Zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu zrębów (plotki drewniane i kamienne ograniczające spływ wód i transport rumowiska)..... | 151 |
| 2.2.2. | Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg (wodospusty, opóźniacze odpływu, dyłwanki, nowe brody i przepusty)..... | 155 |
| IV. | Adaptacja obiektów do zmian klimatu..... | 158 |
| 1. | Dostosowanie obiektów hydrotechnicznych do bardzo niskich stanów wody i suszy | 158 |
| 1.1. | Rozwiązania możliwe do zastosowania w zbiornikach wodnych..... | 158 |
| 1.2. | Rozwiązania możliwe do zastosowania w przypadku brodów, przepustów, bystrzy, kaskad oraz progów..... | 169 |
| 1.3. | Rozwiązania możliwe do zastosowania w przypadku cieków naturalnych oraz rowów prowadzących wodę..... | 177 |
| 1.4. | Przechwylenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych..... | 179 |
| 2. | Dostosowanie obiektów hydrotechnicznych do bardzo wysokich stanów wody i gwałtownych wezbrań..... | 181 |
| SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ | | 189 |
| Pojęcia ogólne..... | | 189 |
| Przepływy..... | | 190 |
| Podstawowe definicje obiektów i urządzeń..... | | 191 |
| Inne pojęcia..... | | 193 |
| LITERATURA | | 196 |
| Adresy internetowe..... | | 197 |

Wstęp

Pozyskiwanie funduszy unijnych wiąże się z szeregiem wymogów, które należy spełnić. Ponadto nasilenie ekstremalnych zjawisk pogodowych stawia zupełnie nowe wyzwania przed projektantami i wykonawcami infrastruktury związanej z retencjonowaniem wód i przeciwdziałaniem erozji wodnej. Niniejsze *Wytyczne...* dotyczą dwóch projektów:

Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich.

Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych.

Powstały one w celu określenia zakresu działań możliwych do podjęcia w ramach ww. projektów, a także w celu ułatwienia nadleśnictwom i projektantom doboru optymalnych rozwiązań z punktu widzenia ochrony środowiska i adaptacji do zmian klimatu.

Zgodnie ze *Szczegółowym opisem osi priorytetowych Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020* w ramach obu projektów powinny być realizowane działania z zakresu małej retencji i przeciwdziałania erozji, które w jaknajwiększym stopniu wykorzystują metody naturalne lub metody techniczne spełniające wymagania środowiskowe. W przypadku działań ingerujących w koryta cieków naturalnych, należy pamiętać, iż nie mogą one przerywać ciągłości korytarzy ekologicznych (wodnych i przyrzecznych). Jednocześnie powinny być to rozwiązania trwałe, bezawaryjne i tam gdzie jest to możliwe bezobsługowe.

Ponadto, realizacja inwestycji związanych z budową, przebudową i odbudową urządzeń wodnych musi być zgodna z wymaganiami wynikającymi z zapisów prawodawstwa unijnego, w szczególności Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW). Współfinansowane będą mogły być tylko przedsięwzięcia, które nie wpływają negatywnie na osiągnięcie dobrego stanu wód lub nie pogarszają stanu wód.

Podręcznik stanowi zbiór rozwiązań spełniających powyższe założenia. Zostały one zaczerpnięte z różnych źródeł literaturowych oraz doświadczeń terenowych - rozwiązań zastosowanych przez leśników, które zostały uznane za dobrą praktykę i okazały się najbardziej trwałe i bezpieczne dla ludzi i środowiska.

Przedstawione w *Wytycznych...* przykłady przyrodniczo-przyjaznych obiektów małej retencji i przeciwdziałania erozji wodnej nie stanowią zbioru zamkniętego. Uwzględniając uwarunkowania lokalne można podane rozwiązania modyfikować o ile nadal ich zespół cech i oddziaływanie na otoczenie będzie pozytywne. **Modyfikowanie proponowanych rozwiązań w stronę obiektów lub/i cech obiektów niedopuszczonych do realizacji w ramach projektów adaptacyjnych nie jest możliwe.** *Wytyczne* omawiają szeroki przekrój rozwiązań (sposób wykonania, funkcje i oddziaływanie itp.) oraz rozwiązania alternatywne, bazując na doświadczeniach polskich i zagranicznych, w tym na doświadczeniach zdobytych w ramach dwóch poprzednich projektów małej retencji, stanowiąc bogatą bazę rozwiązań, z których nadleśnictwa mogą korzystać w przypadku większości realizowanych zadań. **Ewentualne nietypowe rozwiązania, które stanowią znaczącą modyfikację w stosunku do rozwiązań zaproponowanych w podręczniku, wymagają wcześniejszego uzgodnienia z pracownikami CKPŚ.** Należy jednak pamiętać, iż modyfikacje mogą dotyczyć jedynie rozwiązań, sposobu wykonania obiektów i zadań, nie zaś zakresu zadań określonego w rozdziale II.

Realizacja zadań w ramach projektów niezgodna z Podręcznikiem wdrażania Projektów oraz założeniami projektów może skutkować uznaniem zrealizowanych przedsięwzięć przez instytucje nadrzędne (NFOŚiGW, MŚ, MR) za niespełniające celów projektu i/lub wymogów POIiŚ, czego skutkiem będzie brak możliwości refundacji poniesionych wydatków.

Spectrum rozwiązań opisanych w *Wytycznych* jest stale rozwijane także na bazie doświadczeń i pomysłów powstających dzięki współpracy nadleśnictw z projektantami. Jest to proces ciągłego zdobywania i upowszechniania pozytywnych doświadczeń, wiedzy praktycznej w Lasach Państwowych. Będziemy zatem bardzo wdzięczni za informacje o innych konstrukcjach i rozwiązaniach, które nie znalazły się w obecnym wydaniu podręcznika, a które Państwo uważają za dobre i godne polecenia innym.

PODSTAWOWE INFORMACJE I ZAKRES DZIAŁAŃ W PROJEKTACH

I. Cel projektów

Głównym celem projektów jest wzmocnienie odporności na zagrożenia związane ze zmianami klimatu w nizinnych i górskich ekosystemach leśnych. Działania podejmowane w ramach obu projektów ukierunkowane są na zapobieganie powstawaniu lub minimalizację negatywnych skutków zjawisk naturalnych w postaci: niszczącego działania wód wezbraniowych, powodzi i podtopień, suszy i pożarów poprzez rozwój systemów małej retencji i zwiększenie ilości magazynowanej wody oraz przeciwdziałanie zbyt intensywnym spływom powodującym nadmierną erozję wodną na terenach górskich dzięki zabudowie przeciwerozynnej cieków, szlaków zrywkowych i dróg. Projekt przyczyni się również do odbudowy cennych ekosystemów naturalnych terenów zalewowych, a tym samym będzie miały pozytywny wpływ na ochronę różnorodności biologicznej.

Celem uzupełniającym jest ocena skutków przyrodniczych wykonywanych zadań realizowana poprzez prowadzenie monitoringu porealizacyjnego wybranych zadań adaptacyjnych. Monitoring będzie obejmował również kontynuację monitoringu wykonanego w ramach Projektu małej retencji górskiej zrealizowanego w ramach POliŚ 2007-13, co pozwoli na uzyskanie cennych danych z wieloletnia. Cel uzupełniający wynika z potrzeby prowadzenia takich działań stwierdzonej na etapie Strategicznej Oceny Oddziaływania na Środowisko Programu Zintegrowanego Lasów Państwowych. Projekty są głównymi narzędziami wdrażania *Programu adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatycznych*¹.

Jednocześnie planowane w ramach projektów przedsięwzięcia stanowią kontynuację działań dotyczących rozwoju małej retencji oraz przeciwdziałania erozji wodnej na terenach nizinnych i górskich, współfinansowanych ze środków PO liŚ 2007-2013.

¹ Program został przyjęty przez Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych – dr inż. Konrada Tomaszewskiego dnia 25.05.2016 r.

II. Typy realizowanych działań

W przypadku każdego z projektów, cel główny zostanie osiągnięty poprzez realizację kompleksowych działań dotyczących zabezpieczenia lasów przed kluczowymi zagrożeniami związanymi ze zmianami klimatycznymi, które będą obejmowały **rozwój systemów małej retencji oraz przeciwdziałanie nadmiernej erozji wodnej na terenach nizinnych i górskich**.

W ramach tych działań będą realizowane inwestycje łączące przyjazne środowisku metody techniczne i przyrodnicze obejmujące:

- budowę, przebudowę lub odbudowę zbiorników małej retencji i zbiorników suchych;
- budowę, przebudowę lub odbudowę małych urządzeń piętrzących (zastawki, małe progi, przytamowania) na kanałach i rowach w celu spowolnienia odpływu wód powierzchniowych, przywracania funkcji obszarów mokradłowych i ich ochrony oraz odtwarzanie terenów zalewowych;
- przebudowy lub rozbiórki niedostosowanych do wód wezbraniowych obiektów hydrotechnicznych (mostów, przepustów, brodów);
- spowalnianie i rozpraszanie intensywności spływu wód powierzchniowych poprzez zabudowę przeciwerozijną dróg i szlaków zrywkowych oraz zabezpieczenie obiektów infrastruktury leśnej przed skutkami nadmiernej erozji wodnej związanej z gwałtownymi opadami (m.in. wodospusty, płotki drewniane, kaszyce, narzut kamienny).

Działania z zakresu małej retencji oraz przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach nizinnych i górskich

1. Działania z zakresu małej retencji

1.1 Budowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników

- zbiorniki bezodpływowe lub odpływowe zasilane wodą gruntową/opadową, spływem lub ciekami okresowymi oraz zbiorniki na rowach,
- zbiorniki boczne,
- zbiorniki odtwarzane na starych stawach i zbiornikach przy zapewnieniu ciągłości ekologicznej cieku,
- zbiorniki suche zapewniające ciągłość biologiczną cieku, poldery zalewowe
- zbiorniki małej retencji wraz z niezbędną infrastrukturą umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych na terenach nizinnych,

1.2 Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym

- budowa zastawek, progów, stopni i innych przytamowań na rowach, sztucznych ciekach, okresowych ciekach naturalnych lub ciekach naturalnych w znacznym stopniu uregulowanych,
- zatykanie odpływów i drenaży,
- zasypywanie rowów melioracyjnych,
- budowa opóźniaczy odpływu na rowach,
- doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych w połączeniu z ich renaturyzacją,
- adaptacja istniejących systemów melioracyjnych na terenach nizinnych do pełnienia funkcji retencyjnych z zachowaniem drożności cieku dla ryb - budowa bystrzy, umożliwiających migrację ryb,
- naturalizacja i meandryzacja cieków oraz odtwarzanie terenów zalewowych
- przeciwdziałanie fragmentaryzacji siedlisk mokradłowych przez infrastrukturę drogową poprzez: budowę brodów, dyłowanek, przepustów, drenów pod drogami, które zwiększają liczbę punktów migrowania wody pomiędzy siedliskami.

Obiekty i działania, które nie kwalifikują się do projektu:

- nowe zbiorniki wodne na ciekach naturalnych, w przypadku których istnieje ryzyko, że mogą zablokować korytarze ekologiczne (wodne lub przyrzeczne)
- zbiorniki wodne, podatne na zamulanie, zamykające zlewnię erodującego cieku,
- zbiorniki wodne na obszarach chronionych, niekorzystne dla przedmiotu ochrony,
- zbiorniki wodne na obszarach źródliskowych,
- zbiorniki suche i poldery zalewowe o obwałowaniach betonowych i betonowo-kamiennych,
- odmulanie istniejących zbiorników wówczas, gdy zamulenie jest efektem złej lokalizacji zbiornika np. na erodującym cieku,
- budowa i odbudowa zastawek, progów, stopni i innych przetamowań na ciekach naturalnych, w przypadku których istnieje ryzyko, że mogą zablokować korytarze ekologiczne (wodne lub przyrzeczne),
- budowa i odbudowa zapór kamiennych i betonowych, w przypadku których istnieje ryzyko, że mogą zablokować korytarze ekologiczne (wodne lub przyrzeczne),
- opóźniacze odpływu stosowane na ciekach naturalnych.

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej**2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej**

- budowle kontrolujące osuwiska oraz nadmierny transport/dostawę rumowiska do stale płynących potoków i strumieni (zapobiegające osuwaniu się stoków i skarp zagrażających infrastrukturze leśnej) wykonane z materiałów naturalnych (drewno, kamień) bez stosowania zaprawy cementowej - zabezpieczenie skarp narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy,
- techniczno-przyrodnicze zabezpieczenia brzegów: ożywione narzuty kamienne i kazyce, palisady i inne przyrodniczo-techniczne umocnienia brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury przed działaniem nadmiernej erozji wywołanej przez wody wezbraniowe,
- zabudowa biologiczna stoków narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy i brzegów narażonych na nadmierną erozję wywołaną wodami wezbraniowymi (darniowanie, nasadzenia i zakrzewienia) uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury leśnej,
- rozbiórka i modernizacja budowli niedostosowanych do wód wezbraniowych (w tym: rozbiórka zbędnych umocnień brzegów, np. murów oporowych i budowli poprzecznych, np. progów, stopni, zapór oraz przebudowa mostów, przepustów, brodów),
- przebudowa przepustów na brody,
- przebudowa przepustów na obiekty łukowe o większym świetle,
- przebudowa przepustów na mostki,
- przebudowa progów i stopni na kaskady i bystrza w celu przywrócenia ekologicznej ciągłości cieku i naturalnego transportu rumowiska.

2.2. Zabudowa przeciwerozynna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich

- zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu pozyskania drewna (płotki drewniane i kamienne ograniczające spływ wód i transport rumowiska łącznie z zabudową biologiczną),
- zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg (budowa wodospustów, opóźniaczy odpływu, dyłowanek, brodów, przepustów itp.),

Obiekty i działania, które nie kwalifikują się do projektu:

- wszelka zabudowa poprzeczna i liniowa cieków nie sąsiadująca z infrastrukturą leśną,
- stabilizacja dna poprzez brukowanie dna cieków naturalnych

- zapory kamienne i betonowe przerywające ekologiczną ciągłość cieku i zaburzające naturalny transport rumowiska,
 - nowe progi, stopnie i kaskady na ciekach naturalnych,
 - progi betonowe,
 - zabezpieczenie dróg leśnych wykonane z użyciem stali i cementu,
 - obustronna zabudowa brzegów cieków naturalnych, prowadząca do kanalizacji cieku.
-

UWARUNKOWANIA I OGRANICZENIA DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTÓW

I. Uwarunkowania prawne i proceduralne

Projekty będą współfinansowane z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko (POIiŚ) 2014-2020 r., w ramach II osi priorytetowej *Ochrona środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu*, działanie 2.1 *Adaptacja do zmian klimatu wraz z zabezpieczeniem i zwiększeniem odporności na klęski i katastrofy oraz monitoring środowiska*, priorytet inwestycyjny 5.2 *Wspieranie inwestycji ukierunkowanych na konkretne rodzaje zagrożeń przy jednoczesnym zwiększeniu odporności na klęski i katastrofy i rozwijaniu systemów zarządzania klęskami i katastrofami*. Głównym celem ww. priorytetu inwestycyjnego jest wzmocnienie odporności na zagrożenia związane ze zmianami klimatu oraz zwiększenia możliwości zapobiegania zagrożeniom naturalnym (głównie powodziom i suszom) i reagowaniu na nie.

Realizacja obu Projektów musi uwzględniać zapisy m.in. Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW), Dyrektywy o ocenach oddziaływania na środowisko oraz Dyrektywy Siedliskowej.

Dyrektywy te określają działania na rzecz ochrony śródlądowych wód powierzchniowych i podziemnych, polegające na: zapobieganiu dalszemu pogarszaniu się ekosystemów wodnych oraz ochronie i poprawie stanu ekosystemów wodnych, terenów podmokłych i łądowych bezpośrednio uzależnionych od wody.

Zgodnie z RDW głównym celem gospodarowania zasobami wodnymi jest uzyskanie/utrzymanie dobrego stanu wód i siedlisk hydrogenicznych. Dyrektywa wyraźnie określa kryteria oceny „**dobrego stanu ekologicznego**”. Oprócz oczywistych wskaźników chemicznych i fizycznych pozwalających ocenić stopień zanieczyszczenia wód, kładzie szczególny nacisk na skład gatunkowy organizmów wodnych i od wody zależnych. Inaczej mówiąc, wody powierzchniowe bez zanieczyszczeń chemicznych, zawiesin i zanieczyszczeń termicznych są w świetle kryteriów RDW mało wartościowe ekologicznie, jeśli nie występują w nich organizmy o składzie gatunkowym właściwym dla danej strefy klimatycznej i określonego charakteru akwenu. RDW zakazuje działań zmieniających i modyfikujących (pogarszających) stan wód, ekosystemów wodnych i od wody zależnych.

RDW określa także warunki, w których pogorszenie stanu części wód powierzchniowych bądź podziemnych jest możliwe (*art. 4 ust. 7 RDW*), gdy:

- zostały podjęte wszystkie możliwe kroki zmierzające do ograniczenia niekorzystnego wpływu na stan wód,
- przyczyny tych zmian lub modyfikacji są szczegółowo określone i **wyjaśnione w planie gospodarowania wodami w dorzeczu**,
- przyczyny tych zmian lub modyfikacji stanowią **nadrzędny interes społeczny** i/lub korzyści dla środowiska naturalnego i dla społeczeństwa płynące z osiągnięcia celów wymienionych w ust. 1, są mniejsze niż korzyści dla zdrowia ludzi, utrzymania bezpieczeństwa ludzi lub zrównoważonego rozwoju, wynikające ze zmian lub modyfikacji (dotyczy projektów o dużym znaczeniu dla kraju),
- korzystne cele, którym służą te zmiany lub modyfikacje części wód, nie mogą, ze względu na możliwości techniczne czy nieproporcjonalne koszty, zostać osiągnięte w wyniku innych działań, bardziej korzystnych z punktu widzenia środowiska naturalnego.

Przy ingerencji w naturalną strukturę cieków wodnych położonych w granicach leśnych obszarów chronionych szczególną uwagę należy zwracać na główny przedmiot ochrony (gatunek, siedlisko, krajobraz). Powierzchnia nadleśnictw objętych projektem w dużej mierze należy do leśnych obszarów chronionych i często objęta jest kilkoma formami ochrony przyrody. To niezwykle ważna przesłanka zarówno dla projektanta planowanych w ramach projektów obiektów, wykonawców, jak też późniejszych użytkowników, czyli nadleśnictw.

W kontekście minimalizacji niekorzystnych oddziaływań na środowisko przy projektowaniu obiektów na obszarach leśnych należy stosować nieskomplikowane konstrukcje budowli, które mogą zostać wykonane przy użyciu prostych środków oraz zastosowaniu materiałów miejscowych (drewno,

faszyna, kamień, piasek, grunty spoiste). Pozwala to ograniczyć transport materiałów, zmniejszyć koszty inwestycji i minimalizować ujemne skutki przyrodnicze podczas budowy. Urządzenia te powinny być trwałe i funkcjonować (najlepiej samoczynnie) przez minimum tzw. „okres trwałości projektu”.²

Obiekty małej retencji w lasach powinny być projektowane kompleksowo w ujęciu zlewniowym. O ich oddziaływaniu decyduje nie wielkość, ale liczba urządzeń na terenie zlewni, co odpowiada zasadzie synergii ale i rozproszonego ryzyka. Ponadto każdy projekt obiektu hydrotechnicznego powinien uwzględniać funkcje techniczne i przyrodnicze, jakie ma pełnić w danym miejscu oraz specyfikę ekosystemu wodnego i leśnego, w którym zostanie wykonany.

W ocenach oddziaływania na środowisko dla projektów, zarówno podczas budowy, jak i w okresie eksploatacji, należy oszacować, czy oddziaływania te mogą doprowadzić do pogorszenia stanu wód oraz czy ewentualne pogorszenie stanu wód nastąpiło przy spełnieniu warunków podanych w artykule 4 ust. 7 RDW. Należy także uwzględnić ograniczenia i uwarunkowania związane z ochroną środowiska.

W 1979 i 1992 roku Unia Europejska przyjęła między innymi 2 dyrektywy: pierwszą tzw. Dyrektywę Ptasią (Dyrektywa Rady 79/409/EWG o ochronie dziko żyjących ptaków) oraz Dyrektywę Siedliskową (92/43/EWG w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory), których celem jest zachowanie różnorodności biologicznej w obrębie państw członkowskich UE.

Dyrektywa Siedliskowa zawiera cztery załączniki, w których wymienia się siedliska, gatunki roślin i zwierząt o znaczeniu europejskim, których ochrona jest konieczna i wymaga wyznaczenia Specjalnych Obszarów Chronionych (SOO) oraz Obszarów Specjalnej Ochrony (OSO) w przypadku gatunków wymienionych w Dyrektywie Ptasiej. Podstawowym celem Dyrektywy Siedliskowej jest utworzenie spójnego systemu obszarów chronionych na całym terytorium Unii Europejskiej określanego jako europejska sieć ekologiczna – Natura 2000.

Obszar objęty siecią Natura 2000 może stanowić część lub całość obszaru już chronionego lub też może być nie objęty dotychczas żadną formą ochrony. Zakwalifikowanie powierzchni do SOO lub OSO nie oznacza objęcia jej ochroną ścisłą i zakazu działalności gospodarczej. Głównym celem ochrony tych obszarów jest nie zmniejszanie, pod względem powierzchni, naturalnego zasięgu wyznaczonych siedlisk i trwałego zachowania ich specyficznej struktury i funkcji.

Ogólny zakres ochrony obszarów sieci Natura 2000 obejmuje między innymi:

- przeciwdziałanie przekształceniom siedlisk i niekorzystnym zmianom w obrębie priorytetowych gatunków roślin i zwierząt,
- przywracanie utraconych wartości ekosystemom i ich rekonstrukcja tzw. **renaturyzacja**.

Oznacza to, że sposoby regulacji i utrzymania rzek, regulacji stosunków wodnych, eksploatacji i konserwacji urządzeń melioracyjnych, budowy zbiorników itd. muszą uwzględniać określone typy siedlisk przyrodniczych oraz gatunki, które uważane są za cenne i zagrożone w skali całej Europy, dla których ustanowiono dany obszar chroniony (SOO lub OSO). W takich przypadkach należy odnieść się do planów zadań ochronnych obszarów Natura 2000 w aspekcie możliwych ograniczeń przy wdrażaniu działań w ramach projektu. Podobnie, należy przeanalizować zapisy wynikające z innych planów ochrony, w tym ochrony rezerwatów, identyfikując ograniczenia oraz obszary działań zbieżnych/synergicznych.

W ramach Projektów należy unikać sytuacji, w których wystąpią negatywne oddziaływania realizowanych przedsięwzięć na środowisko i przyrodę, gdyż jest to sprzeczne z ich założeniami. Ewentualne wystąpienie przypadków negatywnie wpływających na środowisko naturalne niesie za sobą po pierwsze ryzyko uznania poniesionych wydatków za niekwalifikowane, a po drugie możliwe konsekwencje wynikające z przepisów prawa, w tym m.in.: z *ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie, ustawy o ochronie przyrody*.

Dla uniknięcia negatywnych efektów środowiskowych, konieczne jest:

² Szczegółowe omówienie zagadnienia trwałości znajduje się w Podręczniku wdrażania Projektu cz. II. .

- skrupulatne weryfikowanie środowiskowych uwarunkowań każdego planowanego obiektu małej retencji, w tym każdorazowa inwentaryzacja przyrodnicza w terenie, w miejscu jego lokalizacji – sprawdzenie, czy nie ma ryzyka zniszczenia siedlisk bądź gatunków chronionych;
- bardzo skrupulatne przestrzeganie przepisów i procedur związanych z ocenami oddziaływania inwestycji na środowisko wynikających zarówno z prawa polskiego jak i unijnego;
- wszechstronne konsultowanie założeń poszczególnych inwestycji w zależności od potrzeb z naukowcami, specjalistami w zakresie hydrologii i hydrografii cieków, specjalistami w zakresie torfowisk i ich ekologii, ichtiologami, organizacjami ekologicznymi it...
- monitorowanie stanu technicznego i wpływu na środowisko zrealizowanych obiektów - jest to obowiązek wynikający m.in. z Prawa budowlanego, Prawa wodnego i Ramowej Dyrektywy Wodnej (w ramach projektów stosowane będą procedury monitoringu opisane w Podręczniku wdrażania Projektów cz. II).

Skutecznie zrealizowana mała retencja może wiązać się z lokalnymi podtopieniami drzewostanów, łąk, pastwisk, utrudniającymi lub wręcz uniemożliwiającymi gospodarowanie na nich. W wyniku podtopień może wystąpić lokalne zamieranie drzewostanów, wypadanie upraw itp. Jest to bowiem nieunikniony skutek faktu, że mała retencja ma przywrócić naturalne stosunki wodne. Niekiedy musi więc odwrócić skutki dawniejszych odwodnień, wykonanych w celu „regulacji stosunków wodnych”, uproduktywnienia niezdatnych do tego obszarów, zalesienia czy ułatwienia gospodarowania. Dla uniknięcia nieoczekiwanych skutków (co może być poważnym problemem, jeśli chodzi o grunty niebędące w zarządzie PGL LP), konieczne jest dobre przygotowanie analiz hydrologicznych w ramach operatu wodnoprawnego.

II. Uwarunkowania przyrodnicze - zagrożenia antropogeniczne i zalecenia ochronne

Poniżej przedstawiono wybrane zagrożenia oraz zalecenia ochronne, które powinny być brane pod uwagę przy projektowaniu i zapewnianiu trwałości funkcji technicznych i środowiskowych obiektów małej retencji.

Wody stojące (m.in. naturalne eutroficzne zbiorniki wodne i starorzecza)

Zagrożenia: zanieczyszczenia, eutrofizacja, zarastanie zbiorników, regulacje rzek, zasypywanie starorzeczy, presja rekreacyjna, nowa infrastruktura turystyczna, intensyfikacja gospodarki rolnej na terenach przyległych.

Zalecenia ochronne:

- utrzymanie czystości wód stojących i zasilających zbiorniki,
- zakaz: zabudowy brzegów, likwidowania starorzeczy, pozbawiania brzegów zabudowy roślinnej, wycinania szuwarów,
- ograniczanie spływu nawozów i środków ochrony roślin m.in. poprzez wprowadzenie wokół zbiorników strefy zieleni o minimalnej szerokości 50m,
- promowanie w otoczeniu zbiorników ekstensywnych form gospodarowania.

Wody płynące (górskie potoki i pionierska roślinność na kamieńcach, górskie potoki z zaroślami wierzbowo-wrześniowymi, nizinne i podgórskie rzeki ze zbiorowiskami włosieniczników, zalewane muliste brzegi rzek)

Zagrożenia: zanieczyszczenia, regulacja koryta, zasypywanie starorzeczy, przegradzanie cieków i przerwanie ciągłości biologicznej, brukowanie dna, niszczenie naturalnych form korytowych, takich jak łachy, wyspy, odsypy

Zalecenia ochronne:

- utrzymanie czystości wód,
- zakaz regulacji rzek i potoków górskich,
- regulacje rzek powinny uwzględniać ograniczenia i uwarunkowania związane z ochroną środowiska,
- zakaz zabudowywania brzegów (również dla celów rekreacyjnych),

- ograniczenie spływów nawozów i środków ochrony roślin np. poprzez wprowadzenie strefy ochronnej.

Niżowe i górskie łąki użytkowane ekstensywnie

Zagrożenia: zaniechanie tradycyjnego użytkowania, intensyfikacja gospodarki, zmiana warunków wodnych, regulacje rzek likwidujące naturalne wylewy.

Zalecenia ochronne:

- liczba i terminy pokosów powinny być ustalane indywidualnie dla typu łąki i jej stanu,
- konieczne jest utrzymanie dla każdego typu łąki odpowiedniego reżimu wodnego, niezbędne mogą okazać się melioracje nawadniające, zakaz oczyszczania niektórych rowów, podniesienie poziomu wód gruntowych, dopuszczenie do okresowych zalewów (zaniechanie ruchu wód gruntowych lub zalewowych prowadzi do zaniku niektórych siedlisk) itp.,
- prace agrotechniczne należy wykonywać poza sezonem lęgowym,
- należy zadbać o zachowanie we właściwym stanie tzw. biotopów towarzyszących, a więc drobnych zbiorników wodnych, zadrzewień śródpolnych, naturalnych brzegów cieków wodnych itp. w znacznym stopniu zwiększających różnorodność biologiczną i będących siedliskami dla wielu gatunków zwierząt w różnych okresach ich życia.

Torfowiska wysokie, przejściowe i niskie oraz inne tereny podmokłe

Zagrożenia: działania odwadniające, eksploatacja torfu, zalesianie, eutrofizacja, zmiany stosunków wodnych (obniżenie zwierciadła wody, uruchomienie przepływu), sukcesja i inne.

Zalecenia ochronne:

- podstawowym zaleceniem dla wszystkich typów torfowisk jest utrzymanie reżimu wodnego i ewentualna renaturyzacja warunków wodnych, zakaz budowy zbiorników wodnych kopanych,
- bezwzględny zakaz odwadniania i wydobycia torfu na torfowiskach wysokich,
- ochrona przeciwpożarowa torfowisk wysokich,
- w przypadku źródeł – utrzymanie reżimu wodnego w ich otoczeniu oraz zakaz zabudowy, budowy ujęć wody itp.,
- zakaz zalesiania.

Najczęściej spotykane przykłady negatywnego oddziaływania przedsięwzięć małej retencji na środowisko i przyrodę.

Dobrze zaprojektowane przedsięwzięcia małej retencji służą zarazem ochronie jak i odtwarzaniu siedlisk przyrodniczych i gatunków wodno-błotnych, pozytywnie oddziałując na środowisko. Jednak przedsięwzięcia źle zaprojektowane, albo zaprojektowane bez starannej analizy uwarunkowań środowiskowych, mogą również powodować zniszczenie istotnych wartości przyrodniczych. Najczęściej spotykane przykłady negatywnego oddziaływania dotyczą zwykle sytuacji opisanych poniżej.

– Na mokradłach:

- Dewastacji lub degradacji cennych siedlisk, przez ich zalanie lub zniszczenie podczas prac budowlanych. Szczególnie narażone na takie zniszczenie są te siedliska przyrodnicze, które są trudniejsze do rozpoznania, a więc:
 - torfowiska alkaliczne, zasilane wypływami wód podziemnych – często występujące w dolinach rzecznych i to w miejscach „topograficznie dogodnych do spiętrzenia zbiornika wodnego”, trudne do rozpoznania przez osobę niebędącą specjalistą, a bardzo cenne przyrodniczo i stanowiące ostoje cennych gatunków (np. zwykle występują chronione gatunki mchów);
 - źródła i źródlika, tj. wszystkie miejsca naturalnego wycieku lub wysączenia się wody na powierzchnię ziemi. Ze względu na walory przyrodnicze naturalnych źródeł, należałoby przyjąć, że żadne miejsca z naturalnymi wypływami wody nie mogą być niszczone;

- łąki z występowaniem cennych gatunków roślin (np. storczyków, mieczyka, kosaćca syberyjskiego);
- strefy brzegowe naturalnych akwenów – pasy naturalnych wahań poziomu wody, które są niekiedy zasiedlane przez wyspecjalizowane i cenne gatunki.
- Nieświadomego zniszczenia stanowisk lub siedlisk gatunków chronionych, związanych z ciekami lub ekosystemami wodno-błotnymi, albo z terenem przylegającym do lokalizacji inwestycji. Należy zdawać sobie sprawę, że „gatunki chronione” to nie tylko gatunki powszechnie znane, jak storczyki czy rosiczka, ale także np. wszystkie torfowce, pływacze i włosieniczniki, kilka gatunków niepozomych mchów występujących dość pospolicie na mechowiskach, kilka gatunków ważek, motyli i ryb.
- Pogorszenia warunków wodnych ekosystemów wodno-błotnych przyległych do obiektu małej retencji. Ten paradoksalny efekt jest związany np. z sytuacjami, gdy projektuje się budowę progę lub zastawki, ale jednocześnie oczyszczenie i konserwację zarośniętych dotychczas rowów odwadniających ten ekosystem. Uzyskanie „efektu retencyjnego” w jednym miejscu wiąże się w taki sposób z ograniczeniem retencji gruntowej w innym miejscu.
- Zniszczenie mokradeł przez zasilenie ich „wodą o niewłaściwym pochodzeniu i charakterze”. Paradoksalnie, nawodnienie torfowiska wysokiej wodą z rzeki, nie pomoże mu, lecz je zniszczy – ten typ ekosystemu związany jest bowiem wyłącznie z zasilaniem wodą opadową. Wprowadzenie na torfowisko wysokiej eutroficznych wód z szerszej zlewni uruchomi procesy negatywnej sukcesji, która zniszczy ekosystem. Podobnie, zasilenie jeziora lobeliowego lub ramienicowego wodą z rowu odwadniającego torfowisko uruchomi niekorzystny proces eutrofizacji.

– **Na ciekach naturalnych:**

- Zniszczenie naturalnych odcinków cieków, przez ich zalanie, regulację, odmulanie, pogłębianie lub inne przekształcenie. Odcinki rzeki strumieni, które zachowały naturalne cechy (np. zróżnicowania morfologię, naturalne meandry, naturalną roślinność nurtu rzeki, naturalną faunę prądolubną) nie powinny być przekształcane.
- Zmiany reżimu wodnego cieków poniżej obiektów małej retencji. Mała retencja prowadzi zwykle do „spłaszczenia” zmienności przepływów cieków – a to zjawisko paradoksalnie nie zawsze jest korzystne dla ekosystemów związanych z tym ciekami. Ograniczenie częstotliwości występowania wysokich stanów wody może pogorszyć warunki funkcjonowania i stan ekosystemów łąkowych poniżej, a także unikatowych siedlisk związanych z miejscami świeżo erodowanymi; ograniczenie występowania niżówek może pogorszyć warunki funkcjonowania populacji gatunków związanych z efemerycznie odsłanianymi łąkami i mieliznami.
- Utrudnienia lub uniemożliwienia migracji organizmów wodnych, a tym samym przerwania ciągłości ekologicznej cieku – zwykle w wyniku budowy urządzeń piętrzących. Trzeba zdawać sobie sprawę, że ryzyko to dotyczy nie tylko „rzek łososiowych”, ale praktycznie wszystkich cieków – wszystkie gatunki ryb są do pewnego stopnia wędrowne, a oprócz ryb w ciekach występują inne organizmy wodne, które migrują.
- Zatrzymania lub znacznego spowolnienia naturalnego ruchu rumowiska wleczonego.
- Utraty wody przez parowanie. Budowa zbiornika wodnego na ciek może spowodować takie zwiększenie strat wody przez parowanie z lustra zbiornika, że ciek poniżej zaniknie lub prawie zaniknie. Taki efekt jest oczywiście zupełnie odwrotny do celów małej retencji.

III. Uwarunkowania hydrotechniczne - wpływ budowli oraz regulacji rzek na ekosystemy wodne

1. Zbiorniki retencyjne i stopnie wodne

Za szkodliwe uważa się obecnie duże zbiorniki retencyjne **zmieniające reżim hydrologiczny na długich odcinkach rzek poniżej zapory i stanowiące przeszkodę dla przemieszczania się organizmów wodnych**. Dotyczy to także budowania stopni wodnych z pionową ścianą spadową. Najlepsze rozwiązanie, to budowa zbiorników o pojemności pozwalającej wyrównać odpływ do wartości średniej z wielolecia. Należy jednak pamiętać o zagrożeniach wynikających z budowy i eksploatacji takich obiektów:

- likwidacja okresowych zalewów potrzebnych do funkcjonowania lasów łęgowych i siedlisk łęgowych ptaków,
- erozja dna poniżej zapór,
- zatrzymanie lub znacznego spowolnienia naturalnego ruchu rumowiska wleczonego,
- przeszkoda na trasie wędrówki ryb i organizmów wodnych,
- zahamowanie procesów samooczyszczania się wody,
- zmiana ekosystemu rzeczno-jeziornego na jeziorno-łęgowe.

2. Regulacja rzek i potoków

Zwężenie koryta rzeczno-łęgowe jest jedną z **głównych przyczyn znacznej erozji koryt rzek polskich**, dlatego należy unikać skracania biegu rzeki (prostowania meandrów) i koncentracji (skupiania) koryta. Skutki środowiskowe nieprzemyślanej regulacji rzek to zubożenie tarlisk ryb, likwidacja siedlisk łęgowych ptaków siewkowych (fach piaszczystych i wysp) oraz przyśpieszona erozja dna.

Do robót hydrotechnicznych przyczyniających się do obniżania poziomu dna rzek i potoków można zaliczyć:

- przeciwerozryjną zabudowę brzegów koryt,
- wznoszenie murowanych zapór przeciwrumowiskowych,
- obudowę brzegów,
- przegradzanie rzek zbiornikami zaporowymi.

Wznoszenie stopni piętrzących powoduje lokalne zmniejszenie spadku koryta. Jest to rozwiązanie zadowalające z punktu widzenia stabilności dna cieku na danym odcinku, ma jednak istotne wady:

- nie likwiduje przyspieszonego odpływu wód wezbraniowych wyprostowanym korytem,
- powoduje zwiększoną akumulację materiału dennego powyżej budowli piętrzących, która przyczynia się do jego niedoboru w dolnym odcinku rzeki,
- obecność nawet niskich stopni powoduje przerwanie możliwości komunikacji organizmów wodnych wzdłuż biegu cieku (próg betonowy o wysokości 20cm pozbawiony szczelin staje się przeszkodą nie do przewyciężenia dla większości małych organizmów wodnych; także możliwość pokonywania przeszkód przez ryby jest często przeceniana, kaskada nawet 3 niewielkich stopni może być dla większości z nich barierą nie do przebycia).

Bezpośrednie skutki regulacji rzek i potoków to:

- odsłonięcie i podmywanie budowli regulacyjnych jak i filarów mostów,
- wynurzenie brzegowych ujęć wody ponad zasięg niskich stanów,
- obniżanie się zwierciadła wód gruntowych w dnach dolin powodujące drenowanie do koryt wód retencjonowanych dotychczas w warstwach wodonośnych.
- radykalne obniżenie zasobności aluwialnych zbiorników wód podziemnych,
- przesuszanie gruntów uprawnych i spadek plonów upraw prowadzonych w dolinach rzek,

3. wysychanie starorzeczy i ubożenie roślinnych i zwierzęcych zbiorowisk nadrzecznych ekosystemów,

- obniżenie się stanów wód w rzekach poniżej gęstej strefy korzeniowej roślinności nadrzecznej, co wpływa na podmywanie brzegów i szybkie ich cofanie.

Dla zespołu organizmów wodnych, szczególnie tych charakterystycznych dla potoków i rzek górskich, istotne jest, aby okresowo wykorzystywać przestrzenie między ziamami żwiru. Zamulenie tych przestrzeni (budowa zbiorników), ubezpieczenia dna lub wcięcie się koryta do podłoża skalnego wyklucza możliwość ich przetrwania.

Obecność niezamulonego żwiru jest konieczna m.in. dla:

- przemieszczania się bezkręgowców wodnych,
- ustabilizowania wahań temperatury wody w zimie i w lecie,
- odbycia tarła ryb prądolubnych.

Równie ważnym elementem zapewniającym bioróżnorodność w dolinie rzecznej jest umożliwienie dostępu zwierząt do rzeki. Stosowane często skarpowanie brzegów o nachyleniu większym niż 1:2, z ich obrukowaniem praktycznie uniemożliwia korzystanie z wodopojów lub przekraczanie rzeki przez większe zwierzęta (poważne niebezpieczeństwo dla zwierząt kopytnych stwarza także zabudowa brzegów nieosłoniętymi gabionami).

Na zły stan gospodarki wodnej koryt rzecznych wpływa także niekontrolowany pobór piasku, żwiru i otczaków z dna potoków i rzek.

W wyniku eksploatacji koryt rzecznych lub prac regulacyjnych degradacji ulega naturalne opancerzenie dna chroniące ciek przed nadmierną degradacją. Ulegają zniszczeniu i podmyciu budowle wodne oraz budowle regulacyjne i chroniące przed powodzią, a także podpory mostowe. Konsekwencją ekologiczną rabunkowego poboru rumowiska rzecznoego jest eliminacja makrofauny bezkręgowej wskutek usunięcia naturalnych miejsc jej bytowania.

Żwirowe i piaszczyste łachy korytowe tworzące się w rzece są wyjątkowo bogato zasiedlone przez różnorodne organizmy lądowe i wodne. Wymagają więc szczególnej uwagi i troski. Łachy korytowe są strukturami niezbędnymi do rozwoju makrobentosu oraz powodują utrzymanie rzeki w równowadze hydrodynamicznej w odniesieniu do transportowanego materiału dennego. Dlatego należy je chronić i zapobiegać rabunkowej działalności polegającej na poborze z nich żwiru i piasku.

Odtwarzanie morfologii cieku, w którym łachy korytowe będą jego głównym elementem jest jednym z celów nowoczesnego utrzymania koryt rzek i potoków.

Konstrukcja niektórych budowli wodnych, takich jak niskie progi, progi kaszycowe oraz bystrza o zwiększonej szorstkości, sprzyja tworzeniu się łach korytowych w aluwialnych odcinkach rzek i potoków. Dlatego też priorytetem przy utrzymaniu koryt musi stać się utrzymanie łach korytowych, jako jednego z podstawowych elementów habitatowych (fot. 1).



Fot. 1. Odtwarzająca się łacha korytowa powyżej bystrza o zwiększonej szorstkości (Koncepcja 2008)

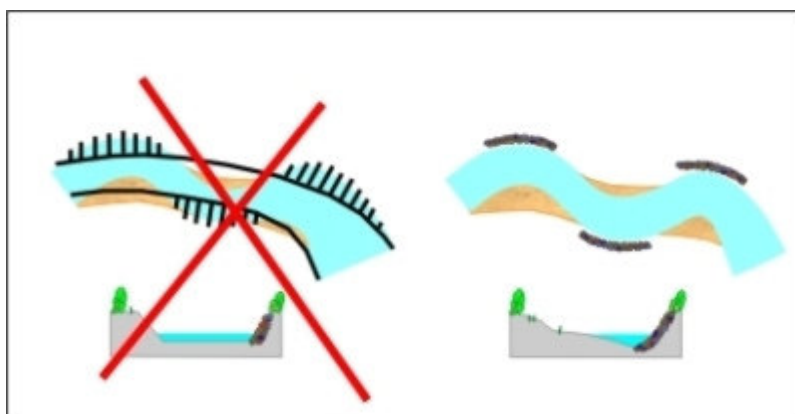
Reasumując, do najważniejszych negatywnych skutków oddziaływania technicznej regulacji rzek i potoków należą:

- zmniejszenie bioróżnorodności dolin rzecznych,
- zmniejszenie różnorodności struktur koryta i warunków przepływu (głębokości, prędkość, przepływów, dna i brzegów),
- zmiany stosunków wodnych (likwidacja siedlisk bezkręgowców),
- obniżenie poziomu zwierciadła wody (zawężanie obszaru wodnego),
- zubożenie bioróżnorodności terenów zalewowych (ograniczenie zalewów, likwidacja tarlisk),
- zastępowanie rodzimej flory gatunkami obcego pochodzenia (wycinanie lasów i zarośli łągowych),
- zahamowanie procesów samooczyszczania (eliminacja mikroorganizmów),
- ograniczenie drożności dolin rzecznych (korytarzy ekologicznych), migracji gatunków, kontaktów populacji,
- likwidacja łągowisk, miejsc bytowania i żerowania ptaków, ssaków, ryb, płazów i gadów,
- obniżenie walorów krajobrazowych.

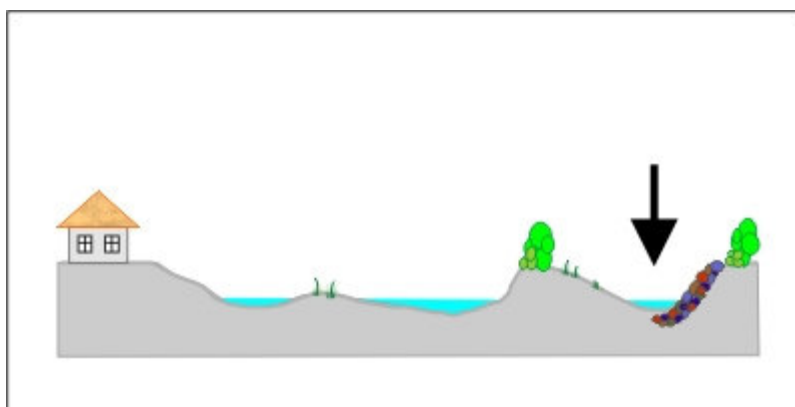
4. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków

Poszukując właściwych rozwiązań opartych o aktualną wiedzę i uwarunkowania przyrodnicze, stosując jako wyjściową zasadę "nie pogarszać", RZGW w Krakowie na początek zaniechał planowania nieuzasadnionych tradycyjnych regulacji technicznych rzek i potoków. W obecnie realizowanych i planowanych działaniach inżynierskich w korytach rzek przyjęto następujące zasady:

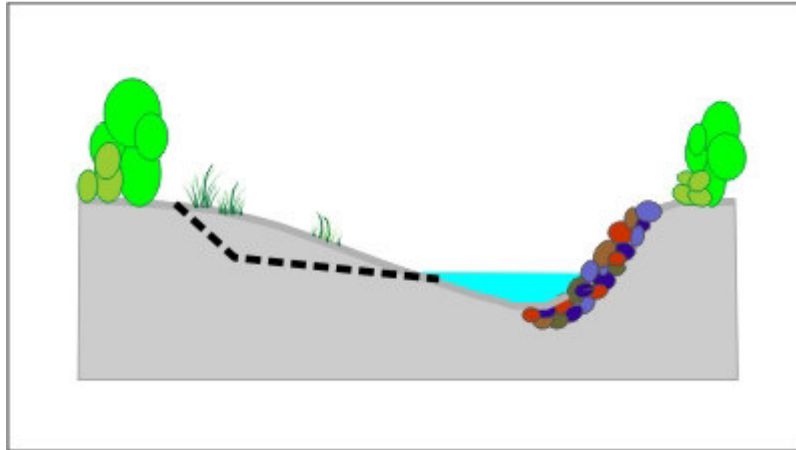
1. Dla ochrony naturalnego koryta odstępuje się od robót ziemnych profilujących go do przekroju trapezowego, konieczne i uzasadnione przekorytowania wykonuje się inicjując płosko poprzez nadanie przekroju trójkątnego wypełniony zostaje tym samym obowiązkiem z art. 24 i art. 63 ust. 1 ustawy Prawo wodne, zachowując istniejący dobry stan ekologiczny lub stymulując jego odbudowę (Rys. 1, 2).



Rys. 1. Zaniechanie profilowania koryta do przekroju regulacyjnego trapezowego

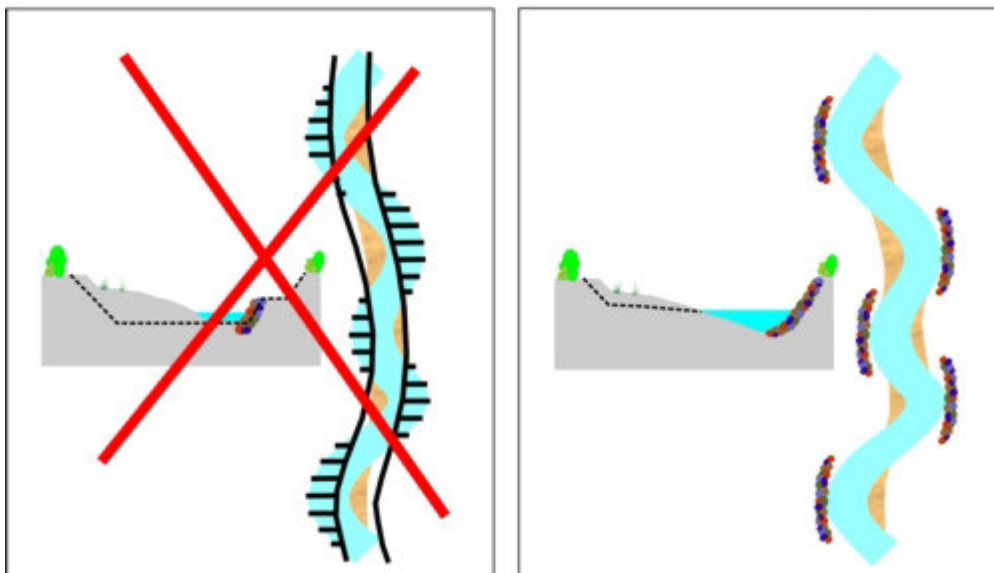


Rys. 2. Niezbędny nowy przekop – nowe koryto główne, odnogi pozostają niezasypane



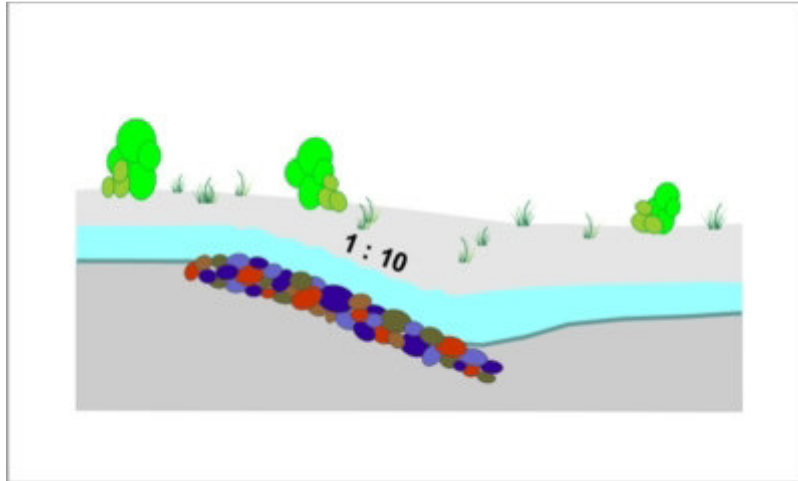
Rys. 3. Zwiększenie przepustowości koryta do wielkości miarodajnej – odtworzenie terasy

2. Odstępuje się od prostowania koryt poprzez łagodzenie naturalnych meandrów koryta budowlami liniowymi z poprzeczkami – tamy zastąpiono opaskami umacniającymi tylko brzegi wklęsłe i opartymi o aktualny brzeg, z wyjątkiem sytuacji, gdy takie rozwiązanie nie może być zastosowane, wypełniamy tym samym obowiązek z art. 67 ust. 3 i art. 63 ust. 1 ustawy Prawo wodne, dążąc do zapewnienia dynamicznej równowagi cieku naturalnego (Rys. 3, 4).



Rys. 4. Zachowanie morfologii koryta w pracach związanych z utrzymaniem wód

3. Budowle poprzeczne stabilizujące dno koryta wykonywane są jako bystrza narzutowe o łagodnym spadku (nawet do 1:30) zachowując tym samym drożność biologiczną cieku; lokalizacja bystrza, jeśli to możliwe dobierana jest tak, aby mogło spełniać również funkcję szypotu, a nie tylko redukcji spadku i stabilizacji dna, wykorzystując tę metodę budowy rezygnuje się z wykonania kosztownych stopni betonowych i przepławek, nie narusza się walorów krajobrazowych cieku wodnego i zapewnione zostaje tym samym poszanowanie obowiązku zapisanego w art. 24 i art. 63 ust. 1 ustawy Prawo wodne (Rys. 5).



Rys. 5. Bystrze z poduszką wodną

4. Celem zachowania kształtu morfologicznego koryta i dna cieku konstrukcją narzutów kamiennych buduje się od dna plosa, co eliminuje konieczność naruszania naturalnego opancerzenia dna żwirowego w czasie formowania gródz z tych aluwiołów, budowle wykonywane są bez gródz, podobnie jak to się robi w korytach dużych rzek i zapewniamy tym samym poszanowanie obowiązku zapisanego w w/w art. 24 i art. 63 ust. 1 ustawy Prawo wodne.



Fot.2. Ożywiony narzut kamienny

5. Podwyższa się trwałość i estetykę narzutów kamiennych poprzez układanie głazów (nie klinowanie odpadami kamienia) i inicjowanie zadarnienia zasypem ziemią przestrzeni wolnych między głazami (tworząc strukturę dobrze upakowaną) lub obsiew nasionami traw wg właściwych receptur (fot. 2). Taka konstrukcja jest trwalsza od tradycyjnego narzutu, utrudnia rozkradanie kamienia i jest znacznie bardziej estetyczna. Jest sprawdzona w praktyce i daje bardzo dobre rezultaty.
6. Nadaje się skarpom z narzutem nachylenia od 1:2,5 do 1:4 oraz mniejsze, tam gdzie to tylko możliwe, czyniąc koryto cieku pojemniejszym oraz dostępnym dla ludzi i zwierząt, a budowle regulacyjne trwalszymi.
7. Wprowadza się stosowanie umocnień z koszy siatkowo-kamiennych **wyłącznie** dla zabezpieczenia konstrukcji budowlanych usytuowanych blisko brzożu cieku (fot. 3).



Fot. 3. Zabezpieczenie konstrukcji budowlanych

8. Celem zachowania naturalnego biotopu, poprawy skuteczności i obniżenia kosztów utrzymania wód wyeliminowano stosowanie świeżej faszyny liściastej i wiklinowej z konstrukcji umocnień brzegów, jako element obcy biologicznie i krajobrazowo i nieskuteczny w ochronie powodziowej, co udowodniły ostatnie powodzie.
9. Również na większych rzekach akceptuje się meandrowanie bez zastosowania długich ostróg (prostujących koryto), lecz budowę opasek brzegowych, a w sytuacjach wyjątkowych krótkie budowle o konstrukcji jak głowica ostrogi jedynie dla ochrony brzegu w sposób mało oddziałujący na przepływy korytowe i samo koryto rzeki (fot. 4).



Fot. 4. Ochrona brzegów rzeki wyłącznie przez wykonanie głowic ostróg (Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków 2006).

10. Wykreślono z użycia pojęcie odsypisk, które szkodliwie działają na brzegi rzek, bo odrzucają nurt i dlatego muszą ulec likwidacji. Takie działania stymulują dalsze pionowe obniżanie się dna cieków. Dopuszcza się jedynie, uzasadnioną odpowiednimi analizami, korektę niwelety tych odsypisk lub wysp, umacniając tylko brzeg przeciwny³.

³ Mgr inż. Tadeusz Litewka (RZGW w Krakowie), źródło: www.krakow.rzgw.gov.pl

5. Doświadczenia EkoFunduszu i Klubu Przyrodników

Dodatkowo na podstawie wieloletniego doświadczenia fundacji EkoFundusz w finansowaniu budowy obiektów małej retencji stwierdzono, że najważniejszymi etapami przy ich realizacji są:

- inwentaryzacja przyrodnicza,
- kontrola realizacji projektu w terenie.

Wśród zrealizowanych ze środków EkoFunduszu projektów przeważają:

- drobne piętrzenia z materiałów naturalnych (*ziemia, glina, drewno, kamienie*),
- piętrzenia stałe,
- małe, płytkie zbiorniki, rozlewiska.

Z kolei Klub Przyrodników w zależności od możliwego wpływu obiektów małej retencji na środowisko zaklasyfikował je do trzech grup:

1) Projekty bezpieczne:

- projekty wynikające z planów ochrony obiektów przyrodniczych lub w pełni zharmonizowane z tą ochroną, wynikające z profesjonalnych inwentaryzacji i programów ochrony mokradeł, przygotowane z udziałem przyrodników,
- projekty likwidacji zbędnych budowli regulacyjnych i piętrzących,
- projekty likwidacji sztucznych rowów odwadniających, drobne projekty naturalizacji uregulowanych cieków (*meandryzacja, urozmaicenie koryta*),
- zastępowanie przepustów przez mostki.

2) Projekty zwykle korzystne, ale wymagające dodatkowej analizy:

- zbiorniki wodne odtwarzane w miejscach, gdzie zbiorniki dawniej istniały,
- zbiorniki wodne o charakterze płytkich rozlewisk do 0,5 – 1m głębokości,
- projekty blokowania odpływu na sztucznych rowach (*małe zastawki drewniane, zaczopowania ziemne*) nie powodujące powstawania zbiorników wodnych - wymagają one jednak konsultacji z przyrodnikiem, czy nie występują lokalne przeciwwskazania,
- drobne zbiorniki wodne poza torfowiskami (*realizowane kosztem drzewostanu, ubogiej łąki bez walorów florystycznych/entomologicznych, pastwiska*), jeżeli nie blokują drożności cieku,
- projekty renaturyzacji stosunków wodnych, bazujące na historycznych danych.

3) Projekty ryzykowne, wymagające bardzo dokładnej analizy:

- progi, zbiorniki wodne na naturalnych ciekach, przegradzające je w sposób uniemożliwiający migrację ryb,
- kopanie zbiorników wodnych, zwłaszcza w torfie,
- wszystkie zbiorniki wodne (*nawet małe*), powodujące zalanie gruntów torfowych oraz gruntów sklasyfikowanych jako „bagna”,
- remont i konserwacja rowów (*nawet tzw. odmulanie istniejących rowów*),
- wszystkie projekty, których celem jest odwodnienie jakiegokolwiek terenu (*odwodnienie okresowe, a także odwodnienie uzasadnione potrzebami gospodarki leśnej oraz tzw. regulacje stosunków wodnych*),
- regulacje potoków.

W zależności od typu inwestycji **wstępna inwentaryzacja przyrodnicza** powinna obejmować:

1) w przypadku **zalewanych zbiorników wodnych**:

- roślinność, jaka ma podlegać zalaniu (*zbiorniska roślinne w sensie fitosocjologicznym, gatunki dominujące*),
- ewentualne gatunki chronione występujące na terenie do zalania (*nie jest to przeciwwskazanie bezwzględne, ale wymaga analizy i ewentualnie odpowiedniego zezwolenia*),
- co najmniej jeden profil glebowy lub wiercenie torfowe, wykonane w centrum terenu przeznaczonego do zalania, w tym szczególnie informacje o występowaniu murszu, torfu, gleby mineralnej, poszczególnych rodzajów torfu,
- informacje o występujących na terenie lub w pobliżu wypływach i wysiękach wód podziemnych.

2) w przypadku **kopanych zbiorników wodnych**:

- roślinność w miejscu projektowanego zbiornika oraz osobno w pasie 100m od niego (jak wyżej),
- ewentualne gatunki chronione występujące na terenie do zalania oraz osobno w pasie 100m od niego,
- co najmniej jeden profil glebowy wykonany w centrum terenu przeznaczanego do zalania, w tym szczególnie informacje o występowaniu murszu, torfu, gleby mineralnej,
- wyniki wierceń ustalających stratyografię gleby i torfu, w tym szczególnie warstwy torfu o różnym charakterze, a także relację torfu do gytii - co najmniej jedno na każde 10 arów powierzchni zbiornika.

3) w przypadku **przegród na ciekach**:

- charakterystykę rybostanu cieku,
- charakterystykę terenu, który będzie pod wpływem piętrzenia.

4) w przypadku **kopania, odtwarzania lub konserwowania rowów**:

- roślinność w pasie 100m od rowu (*zbiorowiska roślinne w sensie fitosocjologicznym, gatunki dominujące, ew. gatunki chronione*),
- charakterystykę gleb i siedlisk w pasie 100m od rowu (*ze szczególnym uwzględnieniem gleb torfowych i zbliżonych do torfowych*).

W wielu publikacjach organizacji pozarządowych (*min. Klubu Przyrodników*), jak również w specjalistycznych czasopismach pojawiają się generalne **zalecenia, na które należy zwrócić szczególną uwagę przy realizacji obiektów małej retencji**, w tym:

- należy utrzymywać, konserwować i ewentualnie odbudowywać dawne urządzenia hydrotechniczne, które doprowadziły do ukształtowania się cennych przyrodniczo układów,
- należy wziąć pod uwagę sytuacje awaryjne i sprawdzić, czy nie zagrażają one obszarom chronionym,
- podczas inwentaryzacji należy sprawdzić, jak funkcjonuje układ ekologiczny, w którym chcemy dokonać inwestycji i czy przedsięwzięcie nie zniszczy naturalnej biocenozy – należy pamiętać, że oprócz zbiorników skutecznie zatrzymują wodę także torfowiska oraz kilkunastocentymetrowe piętrzenia na niewielkich ciekach wodnych,
- do zadań pierwszoplanowych należy wybrać przedsięwzięcia na terenach, na których niedawno zostały zakłócone stosunki wodne; zamiast budowy nowych zbiorników i stawów znacznie lepiej jest odtworzyć obiekty istniejące wcześniej (*piętrzenia młyńskie, stawy rybne, oczka wodne*),
- liczne, małe i proste obiekty retencyjne to zazwyczaj rozwiązanie lepsze, niż jeden duży obiekt,
- jeżeli można, należy unikać budowania betonowych budowli i wykorzystywać materiały naturalne takie jak ziemia, drewno i kamienie, szybko wkomponowujące się w otoczenie,
- skarpy zbiorników i rzek powinny pozostać nieregularne o zróżnicowanym kącie nachylenia,
- nie należy planować odtwarzania zbiornika, jeżeli w tym miejscu tamę zbudowały już bobry,
- w ramach zwiększania retencji na powierzchniach leśnych można przeanalizować możliwość introdukcji bobrów,
- rozwiązania najtańsze są przyrodniczo najkorzystniejsze i najbezpieczniejsze dla przyrody,
- należy przeciwdziałać degradacji obszarów cennych przyrodniczo i w pierwszej kolejności podejmować działania je ratujące,
- działania należy prowadzić kompleksowo, optymalizować rozwiązania,
- obiekty powinny być stałe i funkcjonować samoczynnie (*bezobsługowo*),
- do każdego projektu należy podchodzić indywidualnie i unikać standardowych rozwiązań,
- przed podjęciem jakiegokolwiek działania, należy wykonać dogłębną analizę zysków i strat,
- należy dokonać obliczeń hydrologicznych i porównać ilość wody potrzebnej na cele projektu z wodą dostępną w środowisku,
- projekty powinny powstawać przy współpracy przyrodników, hydrologów i hydrotechników,
- nie należy lokalizować zbiorników na terenie źródeł, torfowisk, mszarów i mechowisk,

- zatorfienie się zbiorników wodnych nie jest „stratą pojemności retencyjnej”, pomimo iż lustro wody może ulec zmniejszeniu,
- umożliwiać przemieszczanie się organizmów wodnych, w tym ryb dwuśrodowiskowych;
- formowanie czaszy zbiornika i jego brzegów należy tak przeprowadzać, aby tworzyć warunki dla zróżnicowanej fauny i flory (*zmienna głębokość i różne pochylenie skarp*),
- nie retencjonować wód silnie zanieczyszczonych,
- projektować rowy odpływowe i doprowadzające wodę tak, aby ich konserwacja nie była konieczna (*wycinanie roślinności, odmulanie*) dla zapewnienia odpowiedniej przepustowości hydraulicznej,
- jedynie na ciekach o większych przepływach dopuszcza się użycie innych materiałów (*cement, tworzywa sztuczne, stal itp.*), w szczególności dotyczy to oczepów na progach, geowłókniny pod narzutem kamiennym na bystrzach oraz nawierzchni brodów,
- dla urządzeń wodnych takich jak groble, skarpy, nasypy - w miejscach narażonych na uszkodzenia spowodowane przez bobry, należy zaprojektować skuteczne zabezpieczenia (*np. zakopać stalową siatkę*),
- urobek pozyskany z kopania oczek wodnych wykorzystany powinien być do zasypania rowów lub do wykorzystania w szkółkach leśnych - w kosztorysie należy też przewidzieć koszty przewozu urobku na odległości większe niż 1km,
- bystrza na ciekach o stałych przepływach powinny mieć spadki od 1:20 do 1:30;
- do obsiewu (*jeżeli jest on niezbędny*) nasypów, grobli, zasypanych rowów itp. używać tylko rodzimych gatunków roślin,
- budowę urządzeń wodnych należy zaprojektować i zaplanować w sposób, który ograniczy dewastację i degradację gleby, zminimalizuje uszkodzenie runa i drzewostanu.

Warto promować przykłady dobrze zrealizowanych projektów z zakresu małej retencji, aby móc korzystać z doświadczeń przedsięwzięć zakończonych sukcesem.

IV. Terminy i wykonawstwo robót

Realizację robót budownictwa wodnego powinni projektować i przeprowadzać specjaliści o kwalifikacjach z zakresu organizacji i technologii robót dysponujący niezbędnymi wiadomościami o środowisku, w którym działają i o stosowanych materiałach i technologiach.

Roboty powinny być starannie i wnikliwie zaplanowane, przy czym szczególną uwagę trzeba zwrócić na ochronę przed zniszczeniem walorów przyrodniczych w ekosystemie otaczającym plac budowy.

W przypadku przeprowadzania procedury oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, aspekty organizacji prac budowlanych powinny być również przedmiotem tej procedury.

W przypadku prac polegających na regulacji wód oraz budowie wałów przeciwpowodziowych, a także robót melioracyjnych, odwodnień budowlanych oraz innych robót ziemnych zmieniających stosunki wodne na terenach o szczególnych wartościach przyrodniczych, zwłaszcza na terenach, na których znajdują się skupiska roślinności o szczególnej wartości z punktu widzenia przyrodniczego, terenach o walorach krajobrazowych i ekologicznych, terenach masowych lęgów ptactwa, występowania skupień gatunków chronionych oraz tarlisk, zimowisk, przepławek i miejsc masowej migracji ryb i innych organizmów wodnych, szczególne warunki prowadzenia robót budowlanych mogą być nałożone decyzją regionalnego dyrektora ochrony środowiska wydawaną w trybie art. 118 ustawy o ochronie przyrody. Taka decyzja (*lub postanowienie stwierdzające, że nie jest ona wymagana*), powinna być uzyskana przez nadleśnictwo przed uzyskaniem pozwolenia na budowę.

Plan prac powinien obejmować cały obszar wykorzystywany dla celów budowy, zwykle znacznie większy niż teren pod same obiekty, biorąc pod uwagę następujące elementy:

- obiekty i zadania powinny być planowane, procedowane i wykonywane (w miarę możliwości) w ramach jednej zlewni (lub kilku mniejszych zlewni położonych obok siebie),

- drogi, dojazdy, magazyny, składy, place postojowe itp. powinny być tak zlokalizowane i rozwiązane, by nie ingerować w istniejące biotopy (*ogrodzenia i strefy ochronne*),
- należy ogradzać grupy i pojedyncze drzewa, tereny przeznaczone pod odkłady, zasypania itp. (*grodzenie drzew powinno obejmować cały teren, pod którym rozwinął się lub rozwinie system korzeniowy*),
- roboty na ciekach powinno prowadzić się odcinkami o niezbyt dużych długościach, w ten sposób, by ryby i inne organizmy wodne mogły chronić się na sąsiednich, pobliskich odcinkach, na których nie trwają żadne prace,
- wskazane jest, aby na odcinku objętym robotami pozostawiać skupiska roślinności wodnej i brzegowej, które już w toku robót mogą służyć jako schronienie dla organizmów wodnych (*likwidować je należy w ostateczności*)
- roboty regulacyjne w istniejącym korycie prowadzić należy tak, by jeden z brzegów pozostawał nienaruszony (*przełownie prawy lub lewy*),
- należy dążyć do nienaruszania tych brzegów, które stanowią istotny, wymagający ochrony, element krajobrazowy, lub na którym znajdują się cenne obiekty,
- wydobyty urobek, z wyjątkiem tej części materiału, którą wbudowuje się bezzwłocznie, powinien być zagospodarowany jak najszybciej i w sposób, który nie wyrządzi dużych szkód w środowisku,
- materiał gruboziarnisty z dna koryta należy kierować na odpowiednio oznakowane odkłady, skąd po pogłębieniu rzeki przewozi się go na miejsca pobrania,
- szczególną uwagę zwracać należy na dokładne odłożenie na to samo miejsce materiałów najgrubszych: *żwirów oraz kamieni*, gdyż warunkować to może stateczność dna (*dla odbudowy biotopów dennych ważne jest odtworzenie zróżnicowania materiałów dna w zagłębieniach i na przemiałach, na brzegach wklęsłych i wypukłych*),
- istotne jest prowadzenie prac począwszy od góry rzeki ku dołowi (*część zagrożonej fauny dennej może schronić się na dolnych odcinkach, gdzie nie zaczęto jeszcze robót*),
- urobek odkłada się na powierzchniach w wytypowanych wcześniej miejscach, nie porośniętych cenną roślinnością, z których zdjęto darni i warstwę próchniczą, a po uformowaniu nasypu pokrywa się go odłożoną uprzednio warstwą próchniczą, obsiewa trawą i obsadza drzewami oraz krzewami,
- należy ograniczać ruch ciężkiego sprzętu (*aby nie dopuścić do dużego zagęszczenia gruntu np. poprzez zastąpienie go lżejszym lub przez zmniejszenie ciężaru przewożonych ładunków oraz wykluczać w miarę możliwości przejściowe odkłady gruntu, kierując go bezpośrednio z wykopu w miejsce wbudowania lub na stałe hałdy*),
- należy stosować jak najmniejszy i najlżejszy sprzęt, choćby był mniej wydajny i powodował wzrost kosztów robót; w niektórych przypadkach może wystąpić konieczność ręcznego wykonania prac,
- jeżeli nie jest możliwe uniknięcie nadmiernego zagęszczenia gleby, usuwa się ją na czas trwania robót i składowuje w nasypach wysokości nie przekraczającej 1,3 m,
- miejsce usunięcia gleby i jej składowania powinno oznaczać się w taki sposób, by można było ją wbudować z powrotem tam, skąd ją pobrano,
- w przypadku realizacji większych robót ziemnych należy przeprowadzić analizę, czy nie spowodują one nadmiernego zanieczyszczenia cieków zawiesinami; jeżeli zanieczyszczenia nie można uniknąć, buduje się osadniki,
- usuwać można jedynie drzewa, które zostały przewidziane do wycinki, w sytuacjach gdy stanowią zagrożenie dla stateczności skarp i budowli lub uniemożliwiają prowadzenie prac,
- niepowodowanie hałasu, sprawne operowanie maszynami budowlanymi, niezaśmiecanie terenu oraz niezanieczyszczanie wody i gruntu smarami, olejami i paliwem - należy do obowiązku i kultury technicznej wykonawcy,
- duże roboty ziemne powinny być, jeżeli to możliwe, wykonywane z wody z obiektów pływających, odnosi się to również do transportu (*ogranicza to niszczenie roślinności brzegowej oraz degradację terenów przybrzeżnych*).

Terminy prowadzenia robót powinno się dostosowywać do wymagań ochrony środowiska, tak by nie powodować zbyt dużych zaburzeń w warunkach bytowania fauny, szczególnie w okresach lęgowych.

WYTYCZNE DO REALIZACJI OBIEKTÓW I DZIAŁAŃ W RAMACH PROJEKTÓW

Rozdział ten zawiera preferowane metody realizacji działań i rozwiązania konstrukcyjne obiektów przewidzianych do budowy w ramach obu projektów.⁴ Powinny to być **małe budowle o prostej konstrukcji**, wykonywane solidnie, zgodnie z zasadami techniki budowlanej. Te cechy ułatwią zachowanie ich należytego stanu technicznego, zwiększą odporność na działanie czynników zewnętrznych (*w szczególności płynącej wody czy też aktów wandalizmu*) i ograniczą zagrożenia dla środowiska.

Obiekty muszą być tak zaprojektowane by **umożliwiały swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych**. Mają zapewniać ciągłość biologiczną i transport rumowiska w ciekach, spełniając tym samym poszanowanie obowiązku zapisanego w art. 24 i art. 63 ust. 1 ustawy Prawo wodne (*ochrony i zachowanie dobrego stanu wód*).

Czynnikiem istotnym przy projektowaniu obiektów lub działań dla zwiększania retencji wodnej na obszarach leśnych jest ich **dostosowanie do warunków przyrodniczo-krajobrazowych**. Istotne jest tu użycie **materiałów naturalnych** takich jak *kamień, drewno, faszyna, grunt* i odpowiednie wkomponowanie obiektów w krajobraz. Obiekty małej retencji mają być projektowane w ten sposób, aby mogły działać i funkcjonować bez dalszych kosztownych nakładów przynajmniej kilka – kilkanaście lat.

W tabelach zamieszczonych w niniejszym rozdziale podano preferowane rozwiązania konstrukcyjne obiektów przewidzianych do realizacji w ramach obu projektów. Przedstawiono w nich jedynie ogólne założenia techniczne oraz podstawowe rozwiązania, które w zależności od konkretnych projektów należy dostosować do rzeczywistych warunków przyrodniczych, hydrologicznych i geologicznych.

I. Charakterystyka metod przyjętych w projektach

Metody stosowane w projektach w celu ochrony przed skutkami gwałtownych spływów wód opadowych można podzielić na:

- przyrodnicze
- techniczne
- przyrodniczo-techniczne

1. Metody przyrodnicze (zabudowa biologiczna)

Zabudowa cieków nizinnych, potoków górskich, podobnie jak zabezpieczeń stoków przed nadmierną erozją wodną powinna być prowadzona przede wszystkim poprzez zabudowę biologiczną z uwzględnieniem zasad regionalizacji przyrodniczo-leśnej i regionalizacji nasiennej obowiązującej w gospodarce leśnej. Wynika to między innymi z konieczności unikania wprowadzania obcych gatunków inwazyjnych.

Zabudowa biologiczna wymaga dostosowania gatunków drzew i krzewów do warunków wzrostu. Przy zabudowie potoków górskich istotnym kryterium wprowadzania odpowiednich gatunków jest wysokość nad poziomem morza. Takie gatunki jak olsza czarna, jesion, topola czarna występujące przeważnie nad brzegami rzek to gatunki nizinne i wyżynne. Granica zasięgów pionowych dla tych gatunków to około 600-700m n.p.m. Powyżej tych wysokości do 1000-1200m n.p.m. można stosować wierzbę białą lub kruchą, olszę szarą. Niewykorzystanym do tej pory gatunkiem przy zabudowie potoków górskich w wysokich położeniach nad poziomem morza jest jarzab pospolity czyli jarzębina. Gatunek ten stanowi jednocześnie doskonały przedplon dla gatunków lasotwórczych, a naturalne odnowienia jarzębiny często skutecznie zabezpieczają przed erozją strome zbocza na dużych wysokościach.

⁴ W szczególnych przypadkach dopuszcza się stosowanie innych rozwiązań, jednakże muszą być one poparte właściwym uzasadnieniem (np. opinią projektanta) i uzgodnione z pracownikami CKPŚ.

W sytuacji, kiedy zabudowa biologiczna wymaga uzupełnienia o dodatkowe zabezpieczenia techniczne, elementy tej zabudowy powinny być wykonane z materiałów naturalnych, występujących blisko miejsc budowy.

Z punktu widzenia ochrony przyrody i krajobrazu pożądane jest utrzymywanie i przywracanie naturalnego charakteru potoków i rzek. W połączeniu z zabudową biologiczną cieków wodnych, renaturyzacja sprzyja ochronie brzegów przed erozją i łagodzi skutki gwałtownych spływów wód opadowych.

Metody przyrodnicze polegają między innymi na:

- wprowadzaniu gatunków drzew odpornych na podtopienie w strefie brzegów potoków, obszarów stożków napływowych i stromych zboczy podlegających erozji powierzchniowej,
- zalesianiu oraz obsadzeniu drzewami i krzewami brzegów i pasów terenu przyległych do cieków i zbiorników poza obszarami lasów i łąk w celu ograniczenia erozji i dopływu zanieczyszczeń, pod warunkiem, że nie ogranicza to przepływu wody w ciekach,
- umacnianiu roślinnością brzegów wklęsłych – podmywanych i niszczonej podczas wezbrań,
- kształtowaniu drzewostanów dostosowanych do warunków siedliskowych, co poprawia ich odporność na szkody wywoływane przez owady, śniegołomy i wiatrołomy,
- urozmaiceniu składu gatunkowego drzewostanów świerkowych ograniczające ich zakwaszający wpływ na wodę glebową,
- zabudowie szlaków zrywkowych natychmiast po zakończeniu zrębów,
- prowadzeniu zabudowy przyrodniczej i technicznej leśnych zlewni górskich, ze szczególnym zwróceniem uwagi na ochronę i odtwarzanie drzewostanów w górnej strefie ich występowania.

Celem zabudowy biologicznej jest:

- poprawa gospodarki wodnej dorzecza,
- zwiększenie retencji zlewni,
- poprawa bilansu wodnego i wyrównanie przepływów,
- spowolnienie odpływu wód powodziowych,
- złagodzenie wezbrań,
- rozproszenie siły nurtu,
- zmniejszenie spływu powierzchniowego wód,
- zahamowanie procesów erozji stoków,
- zahamowanie procesów erozji dna oraz brzegów potoków,
- ochrona infrastruktury w sąsiedztwie cieków.

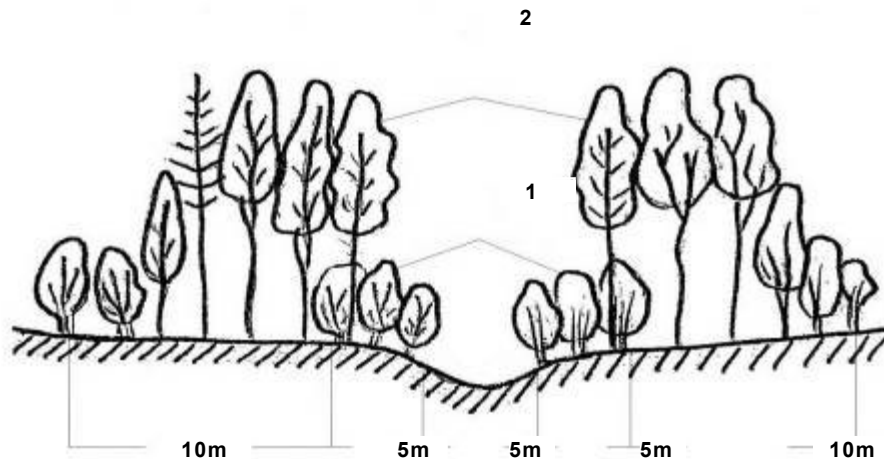
Zabudowa biologiczna brzegów rzek i potoków

Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną. Należy dobierać gatunki o pożądanych właściwościach biotechnicznych. Rozstaw i forma zmieszania muszą być dopasowane do konkretnego siedliska i zamierzonego celu.

Zabudowa biologiczna w obrębie szczytowej i środkowej części cieku

Cieki o silnie zagłębionym korycie zabezpiecza się przed erozją boczną zwartym pasem drzew i krzewów szerokości 20 – 30m. Najwyższe piętro drzew sięgających 15 – 25m wysokości (olsza szara, jawor, jesion wyniosły, wiąz górski, modrzew europejski, a na niżej leżących terenach dąb szypułkowy, lipa drobnolistna, olsza czarna) powinno zajmować teren bezpośrednio nad brzegiem potoku. Drugie niższe piętro drzew wysokości 5 – 15m (grab zwyczajny, klon polny, jarząb pospolity, brzoza omszona, osika, wierzba iwa) rozmieszcza się tuż za linią brzegową. Na zewnętrznej stronie pasa rozmieszcza się drzewa i krzewy wysokości do 5m (czeremcha, leszczyna, trzmielina pospolita, kruszyna pospolita, dereń świdwa).

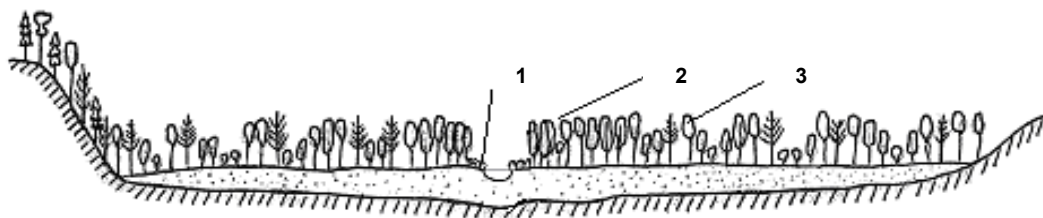
Cieki o korycie rozwartym zabezpiecza się podwójnymi pasami roślinności brzegowej. Pas korytowy, zajmujący teren w bezpośrednim sąsiedztwie cieku, ochrania brzegi w zakresie od średniej rocznej wody do wielkiej rocznej wody. Wprowadza się tu wierzby – głównie: wierzbę wiciową, wierzbę purpurową, wierzbę siwą raz wierzbę szarą. Za pasem korytowym formuje się pas przykorytowy osłaniający brzegi w zasięgu od dorocznej wielkiej wody do katastrofalnie wielkiej wody. W pasie tym wprowadza się: olszę szarą, wierzbę kruchą, wierzbę białą, jesion wyniosły, jawor, osikę i brzozę brodawkowatą, a na niżej położonych terenach: olszę czarną, grab zwyczajny, dąb szypułkowy. Podszycie mogą stanowić: jeżyna fałdowana, jeżyna popielica, malina właściwa, dzika róża, kruszyna pospolita, trzmielina, czeremcha, dereń świdwa, szakłak, leszczyna oraz tamina.



Przykład obudowy biologicznej potoku o korycie rozwartym w obrębie szyi:

1 - pasy korytowe; 2 - pasy przykorytowe

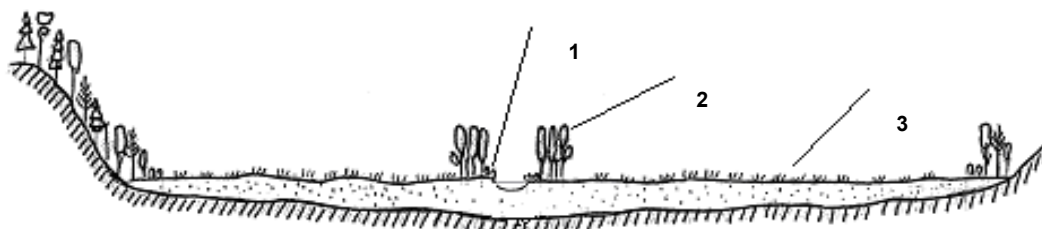
(Prochal 1968) *Zabudowa biologiczna w obrębie dolnej części cieku*



Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na katastrofalnie wielką wodę

1 - pasy korytowe 2 - pasy przykorytowe 3 - zalesienia

(Prochal, 1968)



Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na średnią wielką wodę

1 - pasy korytowe 2 - pasy przykorytowe 3 - trwale użytki zielone

(Prochal 1968)

Przy korelacji na wielką wodę, na brzegu bezpośrednio nad zwierciadłem wody (WW), należy zaplanować pas korytowy o szerokości 5m złożony z krzewiastych wierzby, a za nim szeroki na 5m pas

przykorytowy złożony z odpornych na okresowe zalewanie krzewów i drzew do 5m wysokości. Dalszą część zabudowy biologicznej powinien stanowić drzewostan o zróżnicowanym układzie piętrowym.

Przy korelacji na średnią wielką wodę, na skarpie bezpośrednio nad zwierciadłem wody (SWM), należy zaplanować paskorytowy o szerokości 7m złożony z krzewiastych wierzb, a za nim szeroki na 8m pas przykorytowy złożony z odpornych na okresowe zalewanie krzewów i drzew.

Tabela 2. Gatunki do nasadzeń szpalerów drzew i krzewów wzdłuż brzegów rzek i potoków górskich i podgórskich (Żbikowski i Żelazo 1993)

| Miejsce nasadzeń | Gatunki |
|--|---|
| Zbiorniki retencyjne w obszarze średniej wody (od poziomu średniej wody do poziomu wody 50%) | Wytrzymujące długotrwałe zalewanie: olsza czarna, olsza szara, wierzba krucha, wierzba szara, wierzba purpurowa |
| Obszar zalewowy (wzdłuż krawędzi koryta i w głębi terasy zalewowej) | Dąb szypułkowy, czeremcha zwyczajna, jawor, jarząb pospolity, kruszyna pospolita, kalina koralowa |
| Obszar na zboczach doliny | Leszczyna, tamina, dzika róża, jeżyna |

Gatunki wierzb uszeregowane wg. malejącej wilgotności siedliska: wierzba wiciowa, wierzba krucha, wierzba szara, wierzba trójpręcikowa, wierzba biała, wierzba pięciopręcikowa, wierzba siwa, wierzba iwa, wierzba purpurowa (Schiechtl 1973).



Fot. 1. Zabudowa biologiczna brzegów potoku: 1 - stan wyjściowy, 2 - stan po 10 latach (Begemann i Schiechtl 1999)

Więcej informacji, szczególnie przydatnych projektantom, na temat metod przyrodniczych i wznoszenia konstrukcji biotechnicznych, zamieszczono w książce Begemann i Schiechtl: **Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym**, wydanej przez Arkady – Warszawa w 1999 roku. Polecamy także wydawnictwo Klubu Przyrodników: **Poradnik ochrony mokradeł w górach** (Jermaczek, Wołejko i Misztal 2009), dostępny na stronie: [www.kp.org.pl/Wydawnictwa Klubu Przyrodników](http://www.kp.org.pl/Wydawnictwa_Klubu_Przyrodnikow).

2. Metody techniczne

Czynnikiem istotnym przy projektowaniu obiektów dla zwiększania retencji wodnej na obszarach leśnych jest ich **dostosowanie do warunków przyrodniczo-krajobrazowych**. Przewidywane do budowy obiekty techniczne powinny **umożliwiać swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych**. Istotne jest także użycie **materiałów naturalnych** takich jak *kamień, drewno, grunt*, i właściwe wkomponowanie obiektów w otaczający krajobraz. Obiekty małej retencji mają być

projektowane w ten sposób, aby mogły działać i funkcjonować same bez dalszych kosztownych nakładów przynajmniej kilka – kilkanaście lat.

Należy unikać konstrukcji betonowych. W uzasadnionych technicznie przypadkach można stosować tworzywa sztuczne, konstrukcje z nich powinny jednak zostać „zakryte” materiałami naturalnymi, tak by nie stanowiły dysharmonijnego elementu w krajobrazie leśnym. Zastosowanie geomembran typu bentonitowego jest najlepszym możliwym sposobem uszczelnienia przeciekających grobli. Koszt zastosowania geomembrany jest nieproporcjonalnie niski do przebudowy całej grobli lub sprowadzenia odpowiedniego materiału na jej budowę. Przepusty i mnichy wykonane ze specjalnych blach lub tworzyw sztucznych rzadko wymagają remontów, a czasem są praktycznie niezniszczalne. Niekiedy konieczne bywa też stosowanie stalowych siatek powleczonych tworzywem do zabezpieczania budowli ziemnych – grobli, wałów itp. – przed zwierzętami kopiącymi nory (*bóbr, piżmak, karczownik*).

Ze względu na specyfikę ekosystemów leśnych, w których lokalizowane są obiekty małej retencji, należy zachować ostrożność przy stosowaniu takich standardowych rozwiązań hydrotechnicznych, jak faszynowanie lub zadamianie. Nie powinny one powodować wprowadzania do lasu obcych ekologicznie gatunków roślin (*np. traw łąkowych*), ani tym bardziej nie należy stosować żadnych obsadzeń gatunkami drzew i krzewów poza ich naturalnym zasięgiem występowania.

Do metod technicznych należą ponadto umocnienia stromych skarp cieków naturalnych i rowów oraz zboczy przy drogach i szlakach zrywkowych.

Typowe działania w tym zakresie to:

- utrwalanie zboczy poprzez obsiew,
- obsadzanie,
- płotkowanie.

Zabudowę należy prowadzić od góry zlewni ku dołowi i koncentrować ją na bardziej stromych dopływach do cieków głównego, aby nie utrudniać przepływu rybom w górę potoków. Wykonanie zabudowy potoku nie może naruszać jego naturalnego charakteru i prostować trasy koryta. Umacniać tylko brzegi „wkłęsłe”, a do zabudowy technicznej najlepiej stosować miejscowy materiał: kamienie, pospółkę, drewno i faszynę. Skarpy o dużych spadkach mogą być umocnione także płotkami, daminą, ewentualnie włókninami z materiałów naturalnych.

Dotychczasowe metody regulacji technicznej w sposób znaczący zmieniały reżim i charakter cieków górskich przez wprowadzenie do koryta cieków konstrukcji w postaci: stopni, bystrotoków i zapór przeciwrumowiskowych. Duże problemy stwarzają nieutrzymywane w należyтым stanie technicznym budowle hydrotechniczne (*np. nie usuwanie materiału zbierającego się w korpusach zapór, brak bieżącej konserwacji i przebudowy budowli zgodnie z nowymi światowymi standardami*). Współczesne rozwiązania są znacznie bardziej przyjazne dla środowiska w porównaniu do tych stosowanych jeszcze kilkadziesiąt lat temu (rozdział *Przykłady dobrych praktyk*).

Zdaniem hydromorfologów zjawisko erozji jest procesem naturalnym i w większości wypadków pożądanym, dostarcza materiału skalnego i rumoszu do potoku, a to z kolei zapobiega erozji wgłębnej i zmniejsza energię spływu wód powodziowych. Dlatego ograniczaniu powinny podlegać tylko: nadmierna erozja i spływ powierzchniowy, występujące lokalnie, najczęściej w związku z zagospodarowaniem cieków (zabudowa hydrotechniczna) lub jego bezpośredniego sąsiedztwa (*np. drogi*).

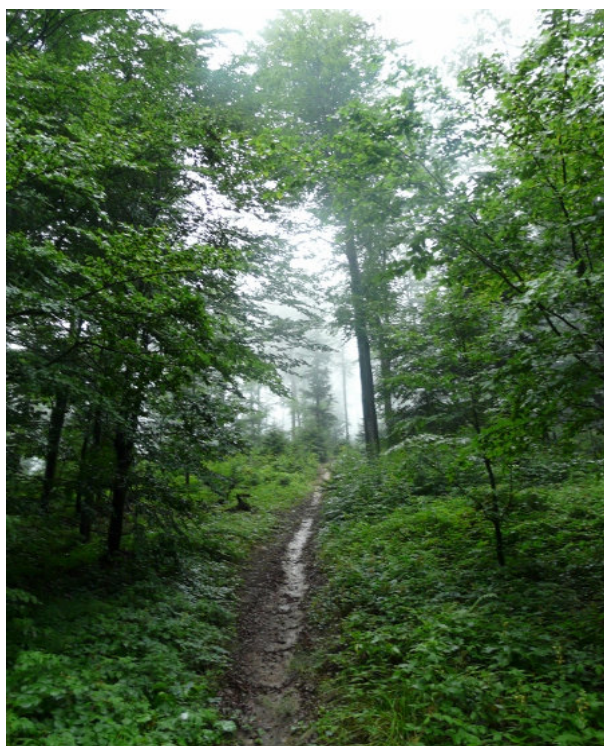
W projekcie, mamy do czynienia także z działaniami technicznymi polegającymi na kontrolowaniu nadmiernego spływu powierzchniowego (poprzez stabilizację osuwisk i powstrzymywanie erozyjnego działania wód opadowych), zaś w odniesieniu do cieków: odcinkowe zabezpieczenie brzegów oraz spowolnienie odpływu wody (z wyłączeniem poprzecznych budowli liniowych stymulujących erozję i fragmentujących ciek). Preferowane rozwiązania budowli poprzecznych to bystrza wykonywane z materiałów miejscowych (drewno, kamień) bez używania zaprawy cementowej.

W przyjętych rozwiązaniach przestrzegane powinny być „Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich” opracowane i opublikowane na zlecenie Ministerstwa Środowiska w 2005 r. (dostępne w Internecie pod adresem www.krakow.rzgw.gov.pl/download/Zasady_dobrej_praktyki.pdf).

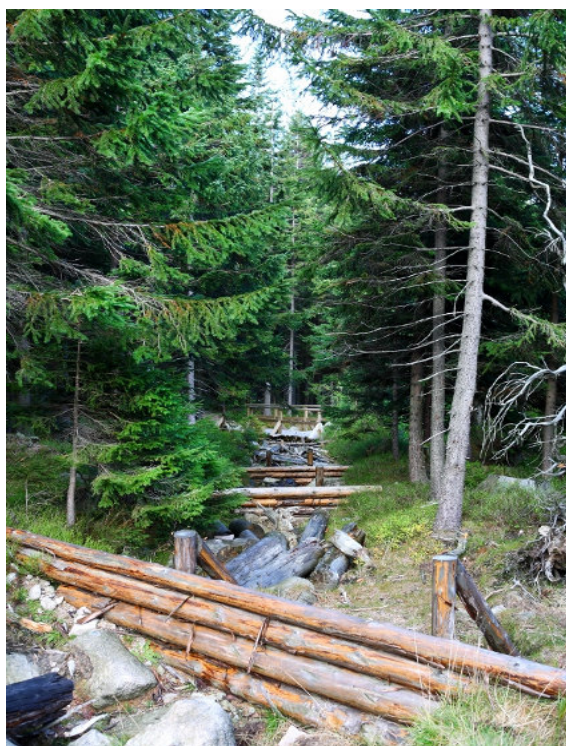
Zasady te dotyczą oprócz regulacji potoków: ochrony drobnych enklaw przyrodniczych, takich jak oczka wodne, grupy drzew, krzewów itp., zakazu eksploatacji i odwadniania torfowisk oraz odwadniania bagien i mokradeł, a także zakazu przekształcania ich w zbiorniki małej retencji.

3. Przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z gwałtownym spływem wód opadowych na obszarach o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu z zastosowaniem metod technicznych i przyrodniczych

Najlepsze rezultaty w ograniczaniu natężenia spływów wód opadowych i skutków przez nie powodowanych można osiągnąć poprzez **podejście kompleksowe**. Oznacza to, że przedsięwzięcia retencyjne powinny być jednym z elementów systemu zintegrowanego zagospodarowania **zlewni** rzecznej obejmującego stosowanie metod przyrodniczych i technicznych. Osłonięta roślinnością gleba leśna jest najlepszym sposobem zatrzymania wody w środowisku. Leśna gleba jest w stanie zmagazynować na 1m³ ziemi około 200l wody, a w torfowisku woda stanowi aż 95% jego objętości. Zadaniem człowieka jest umiejętne wykorzystanie tych naturalnych właściwości i choćby częściowe naprawienie szkód, jakie przez stulecia w środowisku uczynił przekształcając naturalne lasy w lasy gospodarcze, eksploatując surowce mineralne, osiedlając się itp. Wszystko to miało wpływ na zmianę stosunków wodnych i przekształcenia ekosystemów. W tym kontekście walka z nadmiernym spływem powierzchniowym i powodowaną przez niego erozją na obszarach leśnych powinna przede wszystkim polegać na minimalizacji zniszczeń dokonywanych w czasie użytkowania lasu i jego infrastruktury technicznej.



Świeża bruzda powstała przy zrywce drewna w dół stoku w czasie opadów zamienia się w rynnę szybko odprowadzającą wodę.



Dawny, zrenaturyzowany szlak zrywkowy zabezpieczony przed spływem powierzchniowym.

Częstym rodzajem szkód w lasach na terenach o znacznym nachyleniu są zniszczenia erozyjne dróg i szlaków zrywkowych spowodowane intensywnymi deszczami nawalnym. Drogi i szlaki zmieniają się wówczas w sztucznie uformowane dodatkowe ciekł okresowe, którymi woda szybko odpływa ze zlewni. Dlatego zaleca się dowożenie ściętych drzew w poprzek stoku, do drogi biegnącej bardzo łagodnie w górę stoku oraz stosowanie kolejek linowych do transportu ściętych drzew. Ponadto, zaleca się zabudowę szlaków zrywkowych natychmiast po zakończeniu zrybów, zabezpieczenie przed osuwiskami, tworzenie wodospuław na drogach leśnych i szlakach turystycznych.

W niniejszym opracowaniu podanych jest wiele metod rozpraszania wody na stokach sprzyjających wchłanianiu wody spływającej powierzchniowo (rozpraszacze wody po stokach poniżej wodospustów, bruzdy i doły chłonne, zbiorniki na spływ powierzchniowy itp.). Również podanych jest wiele metod zapobiegania niechcianemu odpływowi wód po ścieżkach działalności człowieka (drogi, nieczynne szlaki zrywkowe, szlaki turystyczne itp.). Wszystkie te przedsięwzięcia mają charakter działań prewencyjnych i bazują na niewielkich działaniach lub urządzeniach, ale oddziałują one nie wielkością, a ilością i rozlokowaniem w terenie dając efekt synergii przekładający się na spowalnianie i ograniczenie intensywności spływu. Należy starać się zatrzymać wodę jak najwyżej i jak najdłużej w zlewni, bo wówczas małe zabiegi dają odczuwalny efekt. Gdy zaś woda w dużej masie zejdzie na tereny niższe, zatrzymanie jej staje się już dużo trudniejsze i bardziej istotne jest wtedy przystosowanie obiektów do minimalizacji ryzyka strat materialnych.

W ramach kompleksowych rozwiązań zalecane jest wykorzystywanie wszelkich możliwości zatrzymywania wody wezbraniowej w zbiornikach. Dlatego polecane jest budowanie i modernizowanie zbiorników do obiektów dwufunkcyjnych posiadających rezerwę powodziową oraz wykorzystywanie układu terenu do budowy zbiorników suchych i polderów.

Z punktu widzenia ekologicznego i glebochronnego korzystniejsza jest większa liczba małych zbiorników retencyjnych i innych urządzeń - niż mała liczba większych. W celu ochrony przed napływem do zbiornika namulów lub zanieczyszczeń można wykonać przed nim niewysoką groblę ziemną, rów opaskowy, pas roślinności lub zbiornik wstępny (szerzej ta tematyka omówiona jest w innych częściach opracowania).

Innym wymiarem przystosowania do zagrożeń wywołanych gwałtownym spływem jest budowanie takiej infrastruktury, która dzięki właściwym rozwiązaniom konstrukcyjnym jest w stanie znieść siłę naporu wody lub dzięki odpowiednim przekrojom czy ubezpieczeniom przepuścić wody wezbraniowe. Przykładem może być tu budowa brodów w miejscach szczególnie narażonych, przepustów o dużym świetle, odpornej i zarazem przyrodniczo-przyjaznej zabudowy podłużnej tj. kaszyc i ożywionych narzutów kamiennych ożywionych.

Nie tylko w Polsce coraz powszechniej powraca się do stosowania kaszyc, czyli konstrukcji drewnianych wypełnionych ziemią i kamieniami. Dąży się też do możliwie minimalnej ingerencji w środowisko naturalne i do możliwie maksymalnego zastosowania zabudowy biologicznej. Wynika to zarówno z trwałości tego typu rozwiązań, jak i dbałości o niepogarszanie stanu wód.

W tym kontekście utrzymanie w dobrym stanie potoków górskich wymaga szczególnej dbałości. Ciekł te narażone są na silne wezbrania o dużej sile niszczącej, co wymaga przewidywania zmian w dnie koryta, które mogą wystąpić po przejściu wezbrania. Konieczna jest w tym wypadku prognoza przebiegu procesów korytowódnych, ocena intensywności transportu rumowiska wlezonego oraz ocena procesów erozji i sedymentacji w korycie (szczególnie istotne przy projektowaniu zbiorników). Między innymi z tego powodu zaleca się w niniejszym opracowaniu stosowanie zbiorników bocznych ze zbiornikami wstępnymi i zwracanie szczególnej uwagi na nieprzerwanie transportu rumowiska w ciekach przy wszelkich inwestycjach poprzecznych.

We wszystkich przypadkach cieków naturalnych zarówno na terenach górskich jak i nizinnych, naczelnymi zasadami przy realizacji budowli hydrotechnicznych powinny być: zachowanie stanu równowagi dynamicznej cieków, w której odprowadza on w dół swego biegu taką samą ilość rumowiska, jaka jest dostarczana do przekroju doliny, zaś dno cieków w dłuższym okresie utrzymuje się na jednakowej wysokości,

- zapewnienie równowagi pomiędzy funkcją odprowadzania wód wezbraniowych w dół biegu cieków oraz funkcją ich retencjonowania w obszarach zalewowych,
- zachowanie statusu ekologicznego cieków i jego korytarza na co najmniej dobrym poziomie.

Problematyka ograniczania intensywności nadmiernych spływów wód i szkód jakie powodują w znacznie większym stopniu dotyczy oczywiście terenów górskich, jednak na całym obszarze kraju występują kompleksy leśne o terenie na tyle zróżnicowanym pod względem nachyleń zboczy, by powyższe uwagi traktować jako uniwersalne.

II. Zalecenia dla nadleśnictw na etapie przygotowania do realizacji.

Przygotowanie do realizacji działań w terenie należy rozpocząć od określenia celu, zamierzonego do osiągnięcia w danej lokalizacji – zwiększenie retencji lub/i przeciwdziałanie nadmiernej erozji wodnej. Po określeniu celów należy przystąpić do wstępnej analizy środowiskowej otoczenia, która powinna też pomóc formułować odpowiedzi na pytanie o **przyczyny** niepokojących procesów. Pamiętajmy o dwóch podstawowych zasadach prac wspomagających działanie natury:

- Po **pierwsze nie szkodzić**, co oznacza, że miejsce ewentualnej interwencji należy traktować jako złożony ekosystem, działający podobnie jak żywy organizm, którego wszystkich praw i zależności być może nie znamy. Zatem do działań należy podchodzić z dużym namysłem i po gruntownej analizie. Podstawowym błędem jest podchodzenie do danych zjawisk gotową tezą i schematycznymi rozwiązaniami. Dlatego, należy dążyć do poznania i zrozumienia przyczyn procesów, na które chcemy zareagować oraz dokładnie przeanalizować, jakiego rodzaju skutki wywoła nasze działanie.
- Po drugie staramy się **oddziaływać na przyczyny zjawisk, a nie niwelować ich skutki**. Niwelowanie skutków podejmujemy tylko wtedy gdy, oddziaływanie na przyczyny jest poza naszym zasięgiem.

Optymalne przeprowadzenie weryfikacji uwarunkowań środowiskowych poprzedzających projektowanie docelowych rozwiązań powinno przebiegać według poniżej zaproponowanego schematu:

1. Ilościowa i jakościowa identyfikacja problemu niedoboru wody w ekosystemie leśnym:

- gdzie na terenie nadleśnictwa występują obszary niedoboru wody,
- z jakimi siedliskami mokradłowymi (*zarówno leśnymi jak i nieleśnymi*) mamy do czynienia i jakie są ich zasoby powierzchniowe i przestrzenne (*geomorfologia, układ hydrologiczny – zlewnie*),
- jakie typy siedlisk występują - jaki jest aktualny stan procesów glebowych (*podtyp i gatunek gleby, poziom wody gruntowej, stopień oglejenia*),
- jaki jest stan zbiorowisk roślinnych (*z uwzględnieniem gatunków zagrożonych*),
- jaki jest stan fauny (*z uwzględnieniem gatunków zagrożonych*).

Przy wstępnej analizie przyrodniczej należy wykorzystać wyniki przeprowadzonej w PGL LP w roku 2007 powszechnej inwentaryzacji przyrodniczej Natura 2000.

2. Określenie głównego czynnika wpływającego na występowanie niedoboru wody w ekosystemie leśnym:

- bardzo ważne jest stwierdzenie, co tak naprawdę spowodowało zaistnienie problemu, np. czy obniżenie poziomu wód gruntowych nastąpiło z przyczyn niezależnych (*np. klimatycznych lub położonych poza zasięgiem wpływu nadleśnictwa*), czy przyczyną jest np. drenaż zasobów wodnych na obszarze PGL LP.

3. Jakiego rodzaju zjawiska erozyjne występują w danym terenie i w jego otoczeniu:

- jaki jest typ gleb na danym terenie i w jego otoczeniu,
- jaka jest skala zjawisk i ich tempo,
- czy zjawiska erozyjne powodowane są głównie przez stany wód wysokich w czasie gwałtownych wezbrań przy dużej sile niszczącej wody, czy pozostałych okresach,
- czy przyczyny zjawisk erozyjnych są tylko naturalne, czy mają pochodzenie antropogeniczne,
- jakie skutki przyrodnicze powodują zjawiska erozyjne,
- którym skutkom zjawisk warto przeciwdziałać i dlaczego.

4. Analiza możliwych działań i wybór optymalnego rozwiązania

Po uzyskaniu danych dotyczących zakresu i jakości problemu można przystąpić do analizy sposobu jego rozwiązania. Przede wszystkim należy ustalić, jakiego typu działania będą potrzebne, gdzie i w jakim zakresie ilościowym, np:

- budowa piętrzeń (*rodzaj, ilość, parametry techniczne*),

- budowa i renowacja sztucznych zbiorników powierzchniowych (*rodzaj, ilość, parametry techniczne*),
- zabudowa przeciwerozyjna cieków przeciwdziałająca erozji wgłębnej obniżającej poziom wód gruntowych,
- meandryzacja cieków, udrożnienie starorzeczy, umożliwienie naturalnych wylewów,
- usunięcie zbędnych zadrzewień z obszarów torfowiskowych (*zwiększenie naturalnej retencyjności torfowisk*), itp.

Przed przystąpieniem do prac projektowych i uszczegóławianiem rozwiązań technicznych należy zaproponować dokładną lokalizację obiektu małej retencji w oparciu o istniejące materiały fizjograficzne oraz o wizję terenową. **Zalecane jest, aby niezależnie od formalnych wymogów zawsze przeprowadzić wstępną inwentaryzację przyrodniczą w miejscu lokalizacji obiektu** i na jej podstawie zweryfikować zasadność realizacji obiektu, występujące ryzyka oddziaływania na środowisko przyrodnicze (*np. na gatunki chronione lub na chronione siedliska przyrodnicze*), ograniczenia i wymogi środowiskowe do uwzględnienia przy projektowaniu.

Konieczne jest sprawdzenie w terenie, czy realizacja obiektu małej retencji nie spowoduje zniszczenia stanowisk, ani siedlisk gatunków chronionych (*nie wystarczy oparcie się np. na informacjach zawartych w Programie Ochrony Przyrody*). Inwentaryzacja przyrodnicza powinna być wykonana przez zespół ekspertów weryfikujących możliwość realizacji każdego z zadań z punktu widzenia zarówno przyrodniczego, jak i technicznego. Inwentaryzacja powinna odpowiedzieć na pytanie:

- z jakimi wartościami przyrodniczymi mamy do czynienia,
- w jaki sposób projektowana inwestycja będzie wpływać na te wartości.

Należy podkreślić, że zwiększenie retencji wody jest wartością drugorzędną w stosunku do zachowania i ochrony wartości przyrodniczych. Inwentaryzacja musi być wykonana w odpowiednim okresie roku oraz uwzględniać szerokie spektrum chronionych gatunków roślin i zwierząt (*oprócz powszechnie znanych gatunków chronionych, ochronie podlegają także niektóre gatunki ryb, węzerek, motyli, pływacze, włosieniczniki, wszystkie gatunki torfowców, niektóre gatunki spotykanych w ekosystemach mokradłowych mchów*). Jeżeli realizacja obiektu małej retencji wymagałaby naruszenia siedlisk lub stanowisk chronionych gatunków, ale mimo to oczekiwane korzyści środowiskowe przeważałyby wyraźnie nad stratami, należy uzyskać odpowiednie zezwolenie Ministra Środowiska lub Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska.

Ze względu na wymogi prawa unijnego, zawsze konieczne jest także **sprawdzenie, czy realizacja obiektu małej retencji nie będzie oddziaływać negatywnie na „naturowe” siedliska przyrodnicze (także poza obszarami Natura 2000!)**. Jeżeli występuje ryzyko negatywnego oddziaływania planowanych obiektów małej retencji na chronione siedliska przyrodnicze (*w tym Natura 2000*), wymagane jest postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko (*uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia, ewentualne sporządzenie raportu oddziaływania na środowisko*), w przeciwnym razie istnieje niebezpieczeństwo konsekwencji wynikających z ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie.

Trzeba liczyć się z faktem, że weryfikacja środowiskowych uwarunkowań przedsięwzięcia może – i często powinna – doprowadzić do modyfikacji wstępnych założeń projektowych, a nawet do odstąpienia od realizacji obiektu. Ryzykowne jest więc podejmowanie istotnych decyzji projektowych, zawieranie umów, albo podejmowanie decyzji finansowych, zanim taką weryfikację się przeprowadzi.

Wstępną analizę środowiskową rozpoczynamy od rozpoznania ogólnych warunków środowiskowych panujących na wybranym do realizacji projektu obszarze. Ocenie i weryfikacji stanu teraźniejszego oraz ocenie następstw wybudowania obiektu lub realizacji kompleksowego zadania powinny podlegać takie zagadnienia jak warunki przyrodnicze (stan flory i fauny w pobliżu projektowanego działania), warunki glebowe, warunki hydrologiczne i hydrogeologiczne na danym obszarze (z uwzględnieniem uogólnionych warunków meteorologicznych), warunki siedliskowe oraz gęstość i stan sieci cieków wodnych.

W przypadku zadań retencyjnych podczas wstępnej oceny warunków środowiskowych szczególną uwagę należy zwrócić na prognozowane położenie zwierciadła wód gruntowych w bezpośredniej strefie oddziaływania projektowanego obiektu. Należy również uwzględnić ewentualne zmiany

w gatunkach flory występujących w pobliżu tworzonego obiektu. W przypadku, gdy realizacja projektu powoduje zagrożenie dla obszarów, gatunków czy też obiektów chronionych należy uwzględnić konieczność zmiany lokalizacji realizowanego projektu. Duże znaczenie dla uzyskania lepszego efektu przyrodniczego mają zakrojone na szerszy obszar kompleksowe działania aniżeli budowa pojedynczych obiektów.

Ważnym zagadnieniem, w przypadku większych obiektów, jest rozważenie możliwości dojazdu do planowanego miejsca budowy (szczególnie jeśli jest planowane użycie ciężkiego sprzętu – np. koparek czy spychaczy do prac ziemnych) oraz ewentualnych strat powodowanych przez dojazd do miejsca budowy.

Po wykonaniu wstępnej oceny warunków występujących w wybranej lokalizacji należy rozważyć jakie dostępne typy obiektów lub działań pozwolą na realizację założonego celu i czy jego realizacja jest możliwa w warunkach wybranej lokalizacji.

Budowle muszą być dostosowane nie tylko do warunków przyrodniczych, ale również odpowiadać warunkom hydrologicznym i hydraulicznym. Istnieje wiele publikacji i podręczników zawierających przykładowe konstrukcje małych budowli wodnych. Część z tych konstrukcji oparta jest na materiałach naturalnych (*drewno, kamienie, ziemia*), niektóre bazują na konstrukcjach betonowych, współcześnie stosuje się również tworzywa sztuczne (*siatki gabionowe, geowłókniny, tekstylia*). **W projektach preferuje się materiały naturalne** (patrz rozdziały: Metody przyrodnicze, Metody techniczne). W niniejszym opracowaniu znajduje się przegląd najlepszych i preferowanych w obu projektach rozwiązań (następny rozdział).

W dalszej kolejności należy ocenić jakiego rodzaju dokumentacja techniczno-prawna jest konieczna do realizacji inwestycji. Na tej podstawie można ocenić horyzont czasowy inwestycji oraz dokonać analizy kosztów.

Dla wszystkich obiektów piętrzących należy określić, na wymaganych w odpowiednich skalach mapach, obszar bezpośredniego ich oddziaływania. Szczególnie dokładnie należy określić teren oddziaływania piętrzeń w przypadku sąsiedztwa gruntów obcych, co pozwoli na wyeliminowanie ewentualnych nieplanowanych podtopień cudzych gruntów.

Ze względu na specyfikę ekosystemów leśnych, w których lokalizowane są obiekty małej retencji, należy zachować ostrożność przy stosowaniu takich standardowych rozwiązań hydrotechnicznych, jak faszynowanie lub zadamianie. Nie powinny one powodować wprowadzania do lasu obcych ekologicznie gatunków roślin (*np. traw łąkowych*), ani tym bardziej nie należy stosować żadnych obsadzeń gatunkami drzew i krzewów poza ich naturalnym zasięgiem występowania.

Ponadto, w przypadku działań realizowanych na ciekach zaleca się, aby założenia projektowanych do realizacji budowli były konsultowane również z ichtiologami/ pracownikami Okręgów Polskiego Związku Wędkarskiego (PZW). Konsultacje mają na celu stwierdzenie faktu, czy planowane przedsięwzięcie wpłynie na lokalne populacje ichtiofauny, jak również czy będzie stanowić istotną barierę na szlaku migracji ryb wędrownych. Pisma z prośbą o uzgodnienie powinny być kierowane do Prezesów Zarządu Okręgów PZW.

Podsumowując, można powiedzieć, że podstawą dobrego przygotowania nadleśnictwa do realizacji inwestycji w terenie jest wyżej opisana analiza inwestycji, której trzon stanowi inwentaryzacja przyrodnicza.

III. Działania i obiekty przewidziane do realizacji

Zgodnie z *Zasadami gospodarowania wodą w lasach* (DGLP 2004) urządzenia planowane w ramach niniejszych projektów powinny spełniać następujące kryteria:

- konstrukcje budowli piętrzących i upustów powinny być nieskomplikowane i możliwe do wykonania przy użyciu prostych środków, wykonane z materiałów miejscowych, ograniczy to transport materiałów, uniknie się również budowy dróg dojazdowych, zniszczenia lasu, hałasu, zanieczyszczeń i innych niekorzystnych czynników wpływających na środowisko leśne,
- obiekty techniczne w lasach powinny być możliwie proste w eksploatacji, tzn. nie powinny wymagać dużych nakładów na obsługę i konserwację,
- urządzenia powinny być trwałe, trudne do zniszczenia i uszkodzenia,
- architektura budowli powinna być dostosowana do środowiska leśnego,
- należy preferować, zamiast konstrukcji żelbetowych, budowle ziemne umacniane biologicznie, drewniane (np. kaszyce), z tworzyw sztucznych (np. przepusty polietylenowe i przewody giętkie), budowle powinny być w możliwie dużym stopniu zakryte przez roślinność, np. zastosowanie kaszyc obsadzanych roślinnością,
- projektowane urządzenia i systemy wodne powinny w jak największym stopniu działać samoczynnie, z uwzględnieniem wszelkich warunków, szczególnie przy różnych stanach wód. Operowanie urządzeniami ruchomymi powinno odbywać się zgodnie z instrukcjami gospodarowania wodą (uzgodnionymi z Nadleśnictwami) przez osoby wyznaczone imiennie.

Tabela 3. Działania i obiekty przewidziane do realizacji w ramach projektów

| Obiekt/działania | Sposób wykonania i możliwości zastosowania |
|--|--|
| Bród | <ul style="list-style-type: none"> – brody wykonane z materiałów naturalnych (drewno i kamień) np. brody kamienne lub brody o konstrukcjach kaszycowych, – jako nowe obiekty tylko w uzasadnionych przypadkach w miejscach narażonych na działanie nadmiernej erozji wodnej w czasie wezbrań, – jako przebudowa obiektów niedostosowanych do wód wezbraniowych (mostów, przepustów, brodów) |
| Bystrze o zwiększonej szorstkości | <ul style="list-style-type: none"> – budowa bystrzy z materiałów naturalnych (drewno, kamień) bez stosowania zaprawy cementowej, – regulame, kaskadowe, typu plaster miodu |
| Faszyna, rusztowania z porostem | <ul style="list-style-type: none"> – zabudowa biologiczna brzegów, skarp i stoków, naturalny element regulacji cieków (płatki, tamy, walce i kieszki faszynowe itp.), – tylko z rodzimych gatunków roślin, dostosowanych do siedliska i wysokości n.p.m. |
| Kaszyce | <ul style="list-style-type: none"> – konstrukcje o drewnianym szkielecie wypełnione gruntem rodzimym oraz kamieniami, – tylko odcinkowo na brzegach narażonych na nadmierną erozję, gdy istnieje konieczność ochrony infrastruktury a zastosowanie zabudowy biologicznej lub biologiczno-technicznej jest rozwiązaniem niewystarczającym |
| Modernizacja i rozbiórka obiektów hydrotechnicznych niedostosowanych do wód wezbraniowych | <ul style="list-style-type: none"> – obniżanie, „rozcinięcie”, przebudowywanie lub usuwanie istniejących budowli poprzecznych (progów, stopni, zapór), w razie konieczności zabezpieczając różnicę spadku cieku narzutem z głazów lub rampą, kaskadami i bystrzami o zwiększonej szorstkości, – likwidacja zbędnej technicznej zabudowy liniowej (np. murów oporowych), – przebudowa mostów, przepustów i brodów narażonych na działanie nadmiernej erozji wodnej |
| Narzut kamienny | <ul style="list-style-type: none"> – narzut kamienny (opaski brzegowe) układany od dna, klinowany, nieklinowany i zadamiony o małym nachyleniu skarpy od 1:2,5 do 1:4 i mniejszym, |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> – tylko odcinkowo na brzegach narażonych na nadmierną erozję, gdy istnieje konieczność ochrony infrastruktury |
| Odtwarzanie naturalnego układu bystrze przegłębienie | <ul style="list-style-type: none"> – likwidacja zbędnej zabudowy poprzecznej cieków, przebudowa, przebudowa progów i stopni na bystrza, budowa bystrzy o zwiększonej szorstkości, |
| Odtwarzanie terasy zalewowej | <ul style="list-style-type: none"> – wytworzenie terasy zalewowej na jednym z brzegów, – likwidacja zbędnej technicznej zabudowy liniowej np. murów oporowych, grobli i wałów |
| Opóźniacze odpływu | <ul style="list-style-type: none"> – budowa opóźniaczy na rowach przydrożnych i ciekach okresowych w oparciu o przepusty, stosowane w celu spowolnienia spływu i oczyszczenia wód opadowych |
| Przeplawki dla ryb i pochylnie dla organizmów wodnych | <ul style="list-style-type: none"> – przepławki szczelinowe, – konstrukcje bliskie naturze (obejściowe, pochylnie, bystrza), – z wykorzystaniem materiałów naturalnych |
| Przepust o zwiększonym świetle | <ul style="list-style-type: none"> – o świetle powyżej 1m o kształtach dostosowanych do warunków lokalnych np.: paraboliczne, łukowe, zespolone, ze ścieżką/mi dla małych zwierząt i odtworzonym dnem bliskie naturalnemu; możliwość wykonania z blachy falistej tworzyw sztucznych, prefabrykatów żelbetowych oraz materiałów naturalnych |
| Przywracanie ciągłości ciekom | <ul style="list-style-type: none"> – likwidacja zbędnej zabudowy poprzecznej cieków, – przebudowa zapór, progów i stopni na kaskady i bystrza, – budowa bystrzy i pochylni o zwiększonej szorstkości, – budowa przepławek, – przebudowa przepustów na brody, – przebudowa przepustów o małych średnicach na większe, łukowe, – przebudowa przepustów na mostki, – oczyszczanie zapór przeciwrumowiskowych, które nie przerywają ciągłości biologicznej cieków, natomiast na skutek wypełnienia rumoszem przestały prawidłowo funkcjonować |
| Renaturyzacja obszarów mokradłowych | <ul style="list-style-type: none"> – budowa zastawek, progów, stopni i innych przetamowań na rowach odwadniających, – budowa opóźniaczy odpływu na rowach, – zatykanie odpływów i drenaży, – zasypywanie rowów melioracyjnych na odcinku 5-15 m lub na całej długości, – budowa rowów nawadniających przywracających naturalne warunki hydrologiczne obszarom podmokłym, – naturalizacja i meandryzacja cieków oraz odtwarzanie terenów zalewowych, – adaptacja istniejących systemów melioracyjnych na terenach nizinnych do pełnienia funkcji retencyjnych z zachowaniem drożności cieków dla ryb (budowa bystrzy, umożliwiających migrację ryb) |
| Stabilizacja skarp i osuwisk | <ul style="list-style-type: none"> – tylko odcinkowo w miejscach narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy, gdy istnieje konieczność ochrony infrastruktury leśnej, – damiowanie, mulczowanie, – nasadzenia roślinności, – żywy dren faszynowy, – umocnienia tarasowe materiałem roślinnym, – nasyp z porostem roślinnym, – umocnienia żłobkowe, – rusztowanie drewniane z porostem, – lub inne rozwiązania z zakresu zabudowy biologicznej lub biologiczno-technicznej |
| Techniczno-przyrodnicze zabezpieczenie brzegów | <ul style="list-style-type: none"> – tylko odcinkowo w miejscach narażonych na nadmierną erozję, gdy istnieje konieczność ochrony infrastruktury, |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> – zabudowa biologiczna, – zabezpieczenia faszynowe – wiązki, tamy, opaski (ożywione i nieożywione), – warstwa chrustu z porostem, – płotki wierzbowe i plecione, – brzegosłon krzyżowy, – siatka jutowa z nasadzeniami roślinnymi, – kratownice drewniane i rusztowania drewniane z porostem, – zabezpieczenia z powalonych drzew, karp itp., – narzut kamienny ożywiony i nieożywiony, klinowany i nieklinowany, – głazy narzutowe i kamienie imitujące wychodne kamienne w potokach, – kaszyce ożywione i nieożywione, – murki kamienne układane bez zaprawy, – żywe ostrogi, – namulacze. |
| Zabudowa biologiczna | <ul style="list-style-type: none"> – nasadzenia (zadrzewienia i zakrzewienia), z rodzimych gatunków roślin, dostosowanych do siedliska i wysokości n.p.m. – damiowanie, – tylko odcinkowo w miejscach narażonych na nadmierną erozję, gdy istnieje konieczność ochrony infrastruktury |
| Zabudowa przeciw erozji na nieużytkowanych szlaków zrywkowych | <ul style="list-style-type: none"> – budowa płotków drewnianych i kamiennych ograniczających spływ wód i transport rumowiska, – zabudowa biologiczna |
| Zabudowa przeciw erozji na użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg leśnych | <ul style="list-style-type: none"> – budowa wodospustów, – budowa opóźniaczy odpływu, – budowa dyłowanek, – budowa brodów i przepustów, – tylko odcinkowo w miejscach narażonych na nadmierną erozję, gdy istnieje konieczność ochrony infrastruktury |
| Zastawki, progi, stopnie i kaskady w w. obiektów | <ul style="list-style-type: none"> – budowa nowych, odtwarzanie lub modernizacja istniejących obiektów, – z naturalnych materiałów – np. drewniana (z desek i bali), – tylko na rowach (wyjątkiem są zastawki, będące urządzeniami służącymi doprowadzeniu wody do zbiornika lub rozlewiska przy założeniu, że nie będą one blokować korytarza ekologicznego (wodnego i przywodnego) |
| Zbiorniki małej retencji | <ul style="list-style-type: none"> – budowa zbiorników przepływowych lub bezodpływowych zbierających wody opadowe z okresowo płynących cieków lub ze spływów powierzchniowych, – budowa zbiorników bocznych, – odtwarzanie zbiorników na starych stawach, przy zapewnieniu ciągłości ekologicznej cieku (stały łagodny przelew w formie bystrza regularnego, kaskadowego, plastra miodu), – odmulanie istniejących zbiorników tylko wówczas, gdy zamulenie nie jest efektem złej lokalizacji zbiornika (np. nie jest wybudowany na silnie erodującym cieku), – budowa zbiorników małej retencji na terenach nizinnych wraz z niezbędną infrastrukturą umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych |
| Zbiorniki suche, poldery zalewowe | <ul style="list-style-type: none"> – budowa obiektów tak skonstruowanych i umieszczonych w korycie lub obok niego, aby zapewniały ciągłość ekologiczną cieku |

Tabela 4. Działania i obiekty nie spełniające celu projektów i propozycje rozwiązań alternatywnych

| Obiekt | Nieakceptowane | Alternatywa |
|--|--|--|
| Bystrzok | – umocniony odcinek dna (często przy wykorzystaniu zaprawy cementowej) o dużym spadku, prowadzący wodę za znaczną prędkością | Patrz: <i>Bystrza o zwiększonej szorstkości</i> |
| Bród | – z płyt betonowych | Patrz: <i>Bród</i> w Tabeli 3 pn. <i>Działania i obiekty przewidziane do realizacji w ramach projektów</i> |
| Mur oporowy | – nowe konstrukcje, – przebudowa z użyciem stali i cementu (bez wyraźnego technicznego uzasadnienia) | Patrz: <i>Zabudowa biologiczna i biologiczno-techniczna skarp/brzegów, Narzut kamienny, Umocnienie brzegu, Kaszyce, Stabilizacja skarpy, Faszyna</i> |
| Opóźniacz odpływu | – na ciekach naturalnych | |
| Przepust | – w przypadku potoków górskich obiekty o średnicy poniżej 1 m a także o wlotach zatopionych, wielootworowych i przewodach kołowych | Patrz: <i>Bród, Przywracanie ciągłości ciekom, Przepust o zwiększonym świetle</i> |
| Stabilizacja skarpy | – nie sąsiadującej z drogami lub inną infrastrukturą leśną – z użyciem stali i cementu (bez wyraźnego technicznego uzasadnienia) | Patrz: <i>jak wyżej</i> |
| Umocnienie brzegu | – nie sąsiadujące z drogami lub inną infrastrukturą leśną – wszelkie zabezpieczenie brzegów stałych cieków prowadzące do kanalizacji cieku | Patrz: <i>Zabudowa biologiczna i biologiczno-techniczna skarp/brzegów, Narzut kamienny, Umocnienie brzegu, Kaszyce, Stabilizacja skarpy, Faszyna</i> |
| Zabudowa potoku | – wszelka zabudowa poprzeczna i liniowa cieków naturalnych nie sąsiadująca z infrastrukturą leśną, – obustronna zabudowa brzegów cieków naturalnych prowadząca do kanalizacji cieku, – stabilizacja dna, odcinkowe podnoszenie dna potoków i strumieni, | Patrz: <i>jak wyżej</i> |
| Zapora | – betonowe, kamienne, z gabionów itp. przerywające ciągłość cieku i zaburzające naturalny transport rumowiska | Patrz: <i>Modernizacja i rozbiórka obiektów hydrotechnicznych, Przywracanie ciągłości ciekom</i> |
| Zastawki, progi, stopnie i kaskady ww. obiektów | – nowe obiekty i ich kaskady na ciekach naturalnych, – przebudowa starych konstrukcji na ciekach naturalnych uniemożliwiająca migrację ryb i innych organizmów wodnych, – konstrukcje betonowe | Patrz: <i>Bystrza, Przepławki i pochylnie</i> |
| Zbiorniki | – nowe zbiorniki wodne na ciekach naturalnych, w przypadku których istnieje ryzyko, że mogą zablokować korytarze ekologiczne (wodne lub przyrzeczne), – wszelkie zbiorniki wodne na obszarach chronionych, niekorzystne dla przedmiotu ochrony – wszelkie zbiorniki wodne, podatne na zamulanie, zamykające zlewnię erodującego cieku – wszelkie zbiorniki wodne na obszarach źródłiskowych | Patrz: <i>Zbiorniki małej retencji</i> |

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">- zbiorniki suche i poldery zalewowe o obwałowaniach betonowych i betonowo-kamiennych,- odmulanie istniejących zbiorników wówczas, gdy zamulenie jest efektem złej lokalizacji zbiornika np. na erodującym cieku, | |
|--|--|--|

1. Działania z zakresu małej retencji

Mała retencja wodna to wszelkie działania na rzecz ograniczania szybkiego spływu wód opadowych poprzez magazynowanie wody w zbiornikach, ciekach, warstwach geologicznych czy glebie, oddziałujące na środowisko lokalne. To także przedsięwzięcia w zakresie zwiększenia retencji gleby przez zabiegi agromelioracyjne i fitomelioracyjne, a oprócz tego zwiększanie intercepcji przez zalesianie i zadrzewianie.

Do naturalnych form małej retencji można zaliczyć:

- magazynowanie wody w glebie, przede wszystkim w ściółce leśnej,⁵
- tereny moczarowe i bagna magazynujące wodę okresowo i w niewielkiej ilości, mogą one stanowić uzupełnienie innych urządzeń służących do redukcji spływu powierzchniowego,
- torfowiska magazynujące wody opadowe i płynące, wpływają one hamująco i regulująco na odpływ wód w rzekach, wpływają równocześnie na odpływ gruntowy gleb sąsiadujących,
- naturalne zbiorniki wodne magazynujące wody opadowe, opóźniają one spływ powierzchniowy i gruntowy, często stanowią także obiekty rekreacji i wypoczynku.

Inicjowanie czy wspomaganie małej retencji polega zarówno na poprawie funkcjonowania, zwiększaniu skali i odtwarzaniu naturalnych jej form, jak i tworzeniu sztucznych obiektów małej retencji zbliżonych do naturalnych.

Do podstawowych działań tego typu należy budowa różnych typów zbiorników małej retencji, gdyż w sposób bardzo efektywny spełniają one postulat magazynowania wody w środowisku. W zależności od warunków terenowych i stosunków wodnych w zlewni budowane są:

- zbiorniki stale gromadzące wodę:
 - zbiorniki kopane (bez wyraźnej grobli czołowej) – zasilane wodami podziemnymi, spływem powierzchniowym, opadami;
 - zbiorniki o stałym poziomie piętrzenia (bez rezerwy powodziowej) – magazynują one wodę wpływając na ekosystem i makroklimat oraz poziom wód gruntowych w otoczeniu;
 - zbiorniki o stałym poziomie piętrzenia z rezerwą powodziową – magazynują one wodę wpływając na ekosystem i makroklimat oraz poziom wód gruntowych w otoczeniu, ponadto posiadają wolną pojemność dzięki, której do poziomu MAXPP mogą przyjąć wodę powodziową, czyli są to zbiorniki dwufunkcyjne;
 - zbiorniki o zmiennym poziomie piętrzenia posiadające rezerwę powodziową – zbiorniki te posiadają te same funkcje co zbiorniki o stałym poziomie piętrzenia, ale dzięki regulacji poziomu lustra wody dają możliwość czynnego kształtowania stosunków wodnych w otoczeniu, ponadto posiadają wolną pojemność powodziową; Wszystkie wyżej wymienione typy zbiorników stale gromadzących wodę mogą pełnić jeszcze dodatkową funkcję ujęcia wody do celów PPOŻ.⁶
- zbiorniki okresowo gromadzące wodę:
 - zbiorniki suche, zazwyczaj bezobsługowe samoczynnie napełniające się i opróżniające, które retencjonują wodę tylko przez krótki czas, ich głównym zadaniem jest spłaszczenie fali powodziowej, czyli są to obiekty jednofunkcyjne

Innego rodzaju obiektami retencyjnymi o funkcji przeciwpowodziowej są poldery zalewowe, czyli obszary w zalewowej części doliny cieku (najczęściej odgródzone groblami lub wałami), do których nadwyżka wód powodziowych może się wlać i stagnować przez dłuższy czas, a możliwość jej powrotu do głównego koryta jest sterowana przez urządzenia upustowe.

⁵ Wierzchnia warstwa gleby leśnej na 1m³ może przyjąć i zmagazynować na długi czas około 200 litrów wody – 1/5 objętości.

⁶ W projektach nie są budowane zbiorniki wyłącznie o funkcji przeciwpowodziowej ze względu na ich niedostosowanie do pełnienia funkcji przyrodniczych. Natomiast budowane wcześniej zbiorniki p.poz mogą być przebudowywane w celu ich renaturyzacji.

Ze względu na ukształtowanie terenu zbiorniki suche budowane są głównie na terenach górskich, zaś poldery raczej na pogórzu i nizinach. Występują także rozwiązania mieszane.

Ponadto, do działań z zakresu małej retencji w projektach zaliczamy te wszystkie zabiegi (omówione w rozdziale 1.2 i 1.3), które zmierzają do niepogarszania warunków gromadzenia wody w naturalnych formach małej retencji oraz renaturyzację tych obszarów, których funkcje retencyjne zostały ograniczone lub zniweczone np. przez odwodnienia.

Tabela 5. Zalety i wady różnych typów zbiorników

| Obiekt | Zalety | Wady |
|----------------------------------|---|---|
| Małe zbiorniki retencyjne | <ul style="list-style-type: none"> - mniej szkodliwe dla ekosystemów dolin rzecznych niż duże zbiorniki - sieć zbiorników małej retencji lokowanych w górnych odcinkach rzek i ich dopływów kosztuje mniej (koszty budowy i utrzymania) niż jeden duży zbiornik o tej samej pojemności - niższe straty w razie awarii lub katastrofy - łatwiejsza eksploatacja (np. podczas odmulania) - w lasach mogą pełnić ważne funkcje jako zbiorniki przeciwpożarowe i źródło wody pitnej - powstanie nowych siedlisk wodnych: wyspy, szerokie pasy trzcin, pałki i innej roślinności wodnej stwarzają dogodne warunki dla ptaków wodnych, płazów itp. - poprawa mikroklimatu - uzupełnianie zasobów wód gruntowych w okresach letnich na terenach przyległych - zapewnienie kontroli nagłych wezbrań, dodatkowa retencja wodna zmniejszająca ryzyko powodzi - gdy zbiornik posiada rezerwę powodziową - podczyszczanie wody z zawieszin i materiału wleczonego | <ul style="list-style-type: none"> - przerywają szlaki wędrówek ryb - na terenach położonych poniżej zbiornika zmniejszają częstotliwość naturalnych zalewów - często zatapiają cenne przyrodniczo obszary jak: torfowiska, podmokłe łąki z wieloma gatunkami chronionymi roślin i zwierząt - trudniejsze do sterowania w skali zlewni od pojedynczych dużych zbiorników - dość wysokie koszty budowy - duża powierzchnia trwale wyjęta z użytkowania gospodarczego - możliwość wystąpienia kłopotów z zamulaniem, zakwitami wody (eutrofizacja) i insektami |
| Zbiorniki suche | <ul style="list-style-type: none"> - zapewniają dobrą kontrolę nagłego wezbrania i ochronę przed powodzią terenów zalewowych położonych poniżej zbiornika - szczególnie w górach - zachowują niezmienną przepływu dla wody niskiej i średniej - nie stanowią przeszkody w wędrówkach ryb i innych organizmów wodnych - wewnątrz zbiornika może być użytkowane jako łąki i pastwiska - grunt jest zatapiający tylko okresowo | <ul style="list-style-type: none"> - może powodować niekorzystne zmiany w ekosystemach występujących powyżej zapory czołowej zbiornika (długotrwałe zalewy) - znacznie rzadsze zalania doliny poniżej zbiornika (ważne dla niektórych ekosystemów) - upośledzenie funkcji ekosystemów doliny rzecznej podczas niedużych wylewów (z powodów jak wyżej). - mniejsze możliwości wykorzystania gromadzonej wody (brak możliwości retencyjnego wykorzystania) - słabe usuwanie osadu oraz brak możliwości wpływu na jakość wody - zajmują dużo miejsca - wątpliwe walory estetyczne pustych zbiorników, zamknięć i urządzeń regulacyjnych poniżej budowli - duże koszty budowy |
| Duże zbiorniki przeciwpowodziowe | <ul style="list-style-type: none"> - duża dyspozycyjność dla celów: komunalnych, rolnictwa, przemysłu, żeglugi, rekreacji, produkcji energii elektrycznej - chronią przed małymi i średnimi, łagodzą skutki dużych powodzi (pod warunkiem odpowiedniej wielkości rezerwy powodziowej) - na ich obrzeżach (w miejscach okresowo zalewanych) mogą tworzyć się cenne tereny łęgowe dla ptaków wodno-błotnych - podczyszczanie wód, sedimentacja zanieczyszczeń i oczyszczanie wody przez infiltrację przez grunt - mogą gromadzić większe ilości wody | <ul style="list-style-type: none"> - zmiana naturalnego reżimu hydrologicznego (zbiorniki eliminują naturalne zalewy dolin rzecznych poniżej zapory) - katastrofalne zmiany w ekosystemach rzeki i jej doliny (lasach łęgowych, olsach, torfowiskach, podmokłych łąkach) - przerwanie naturalnego transportu rumowiska wleczonego - przerwanie szlaków wędrówek ryb - zanik wielu cennych gatunków |

| | | |
|------------------|---|---|
| | | ryb i wodnych zwierząt bezkręgowych – upośledzenie korytarza ekologicznego doliny rzecznej – wymagają dużego obszaru pod budowę – poniżej zbiornika może wystąpić erozja denną i związany z nią spadek poziomu wód gruntowych w dolinie – duże straty w wypadku awarii lub katastrofy – stopniowe wypływanie przez materiał wleczony przez rzekę – duże koszty budowy – dodatkowe koszty budowy przepławek dla ryb – wysokie koszty utrzymania i eksploatacji |
| Poldery zalewowe | – zachowanie mało zmienionych ekosystemów dolinowych – zabezpieczenie cennych przyrodniczo terenów przed niekorzystnym dla nich zagospodarowaniem (jednocześnie ochrona przyrody i ochrona przeciwpowodziowa) – tańsze w budowie niż zbiorniki zaporowe o podobnej retencji – powierzchnia pomiędzy zalewami może być użytkowana gospodarczo | – mniejsza częstotliwość i okresowość zalewania niż na odcinkach nieobwałowanych może prowadzić do niekorzystnych zmian w ekosystemach znajdujących się na ich terenie |

1.1. Budowa lub modernizacja zbiorników i polderów zalewowych

1.1.1. Rodzaje realizowanych w ramach projektów zbiorników wodnych

W ramach projektów przewiduje się budowę, przebudowę lub odbudowę małych zbiorników wodnych.

Małe zbiorniki wodne wpływają korzystnie na stan środowiska naturalnego poprzez:

- tworzenie okresowej lub stałej retencji zbiornikowej,
- poprawę jakości wody (*biofiltry*),
- ochronę przed erozją wodną,
- ochronę przed powodzią i suszami (podczas niszówek zapewniają przepływ biologiczny),
- zwiększenie zasobów wód podziemnych,
- zwiększenie różnorodności biologicznej,
- wpływają na zmianę szaty roślinnej i powodują szybszy jej wzrost w zasięgu oddziaływania zbiornika,
- zmieniają mikroklimat najbliższego otoczenia,
- zaspokojenie potrzeb wodnych (*rolnictwa, leśnictwa, ludności*),
- urozmaicenie walorów krajobrazowych oraz sprzyjanie rekreacji.

Pod względem konstrukcyjnym należy uwzględnić, w zależności od zadań, które zbiornik może dodatkowo pełnić: możliwość dostępu do wody dla zwierzyny leśnej, podjazdy do poboru wody do celów ochrony przeciwpożarowej,⁷ ujęcia wody do deszczowni w szkółkach leśnych itp. Jeśli zbiornik

⁷ Możliwość rozliczenia w ramach projektu infrastruktury Ppoż. jest **tylko w przypadku projektu**: „Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych”. Ujęcia dla celów Ppoż. kwalifikowalne są tylko przedsięwzięcia określone w *Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu* (zarządzenie Dyrektora Generalnego LP nr 54 z dnia 21.11.2011 r.) pkt. 4.8.6. bez podpunktu a) oraz pkt. 4.8.7. Przy czym kwalifikowalna jest budowa utwardzonych placów manewrowych umożliwiających zawracanie lub manewrowanie na drogach obwodowych o powierzchni od 400 m² do 450 m² (większa powierzchnia powyżej ww. limitu będzie finansowana ze środków własnych nadleśnictwa). Placówki manewrowe powinny być utwardzone kruszywem. Nie będą kwalifikowalne utwardzenie placów asfaltem,

ma spełniać wymogi siedlisk dogodnych dla ptactwa wodnego, to ważne jest zaprojektowanie w nim wyspy o stromych skarpach. Ważne jest także nadanie zbiornikowi kształtów zbliżonych do naturalnych i odpowiednie wkomponowanie go w otoczenie.

Linia brzegowa zbiornika ze względów przyrodniczych powinna być możliwie urozmaicona i nieregularna z:

- a) zatokami,
- b) cyplami,
- c) zróżnicowanym nachyleniem skarp (1:1,5-1:10).

Nie wszystkie brzegi zbiornika muszą być zadamiowane. Można pozostawić fragment skarpy jako odsłonięty, niezadamiowany usypany z piasku lub żwiru (o bardzo niewielkim kącie nachylenia), a w przypadku niesprzyjających warunków glebowych można wysypać fragment brzegu kamieniami różnych frakcji (otoczaki lub kamień łamany). Zalecane jest także tworzenie płycizn i wysp, a także dużych powierzchni, które będą zalewane lub odsłaniane w miarę zmian poziomu wody. Dla płazów kluczowe mogą być duże obszary płytkiej, szybko nagrzewającej się wody.

Nie ma zwykle potrzeby stosowania rowów odwadniających przy groblach zbiornika, gdyż ewentualne podtopienia można wykorzystać do powstania mokradła sąsiadującego ze zbiornikiem. W projektach ewentualnych budowli (np. spustowych) należy uwzględnić minimalizację obsługi eksploatacyjnej.

Przy budowie i kształtowaniu zbiornika zalecane jest korzystanie z gruntu miejscowego (spoiściego) do sypania grobli, a w przypadku jego braku stosowanie ekranów ilowych lub z gliny, albo mat bentonitowych. Nie powinno się stosować rowów i opasek odwadniających powodujących odwodnienie terenów przyległych do zbiornika.

W celu kształtowania dogodnych warunków do rozwoju fauny, każdą lokalizację należy traktować indywidualnie dobierając czynniki w otoczeniu zbiornika (np. odległość linii drzew, nasadzenia roślinności wodnej, kształt i konstrukcja obiektu oraz rodzaj urządzeń wpustowych i upustowych itp.) zależnie od jego usytuowania wielkości itp. (Należy przeanalizować także rozdział: Adaptacja obiektów do zmian klimatu – stanowi on uzupełnienie i rozwinięcie poniższych treści.)

Zbiorników nie należy zarybiać, ponieważ nie sprzyja to wykształcaniu się naturalnych zespołów fauny – w tym nie sprzyja to zasiedleniu tych zbiorników przez płazy. Zazwyczaj zbiorniki nawet nie położone w pobliżu cieków zostają z czasem zarybione siłami natury np. ikrą przeniesioną przez ptaki, tą drogą przenoszone bywają także stadia larwalne płazów.⁸ Zatem należy zdać się na naturalne procesy sukcesji obiektów przez faunę, ale w niektórych przypadkach wskazane jest wprowadzenie w akwen odpowiednich gatunków flory (patrz: Adaptacja obiektów do zmian klimatu.)

Priorytetowo należy traktować zatrzymywanie wody w środowisku i spowalnianie czasu jej spływu na niżej położone tereny. Szczególnie na terenach górskich, ze względu na coraz częstsze i coraz groźniejsze występowanie krótkotrwałych wezbrań i powodzi, zaleca się budowanie zbiorników suchych. W terenach górskich i podgórszych zbiorniki powinny mieć poza normalnym poziomem piętrzenia (NPP) także rezerwę powodziową. Odziaływanie tych rozwiązań pozytywnie wpływa na spłaszczanie fali powodziowej lokalnych zlewniach.

Polecany rozwiązaniem jest także budowanie zbiorników nie zasilanych wodą z cieków stałych, a jedynie spływem powierzchniowym lub/i ciekami okresowymi nawet wówczas, gdyby zachodziło ryzyko ich okresowego wysychania. Tego typu obiekty spełniają postulaty magazynowania wody w środowisku oraz przechwytywania jej i zatrzymywania najwyżej jak się da, z korzyścią dla lokalnych ekosystemów.

Za niedopuszczalne uważa się tworzenie zbiorników na gruntach organicznych. Niszczą one istniejące zbiorowiska roślinności i fauny bagiennej, nie mają nic wspólnego z retencją. Powstaje w ten sposób zbiornik napełniony wodą z torfowiska.

kostka Bauma lub powierzchnie płaskie wylewane z betonu. Ponadto, kwalifikowalne są budowle nadbrzeżne i inne umocnienia konieczne napełniania aut straży pożarnej, w tym studnie czepne i schody.

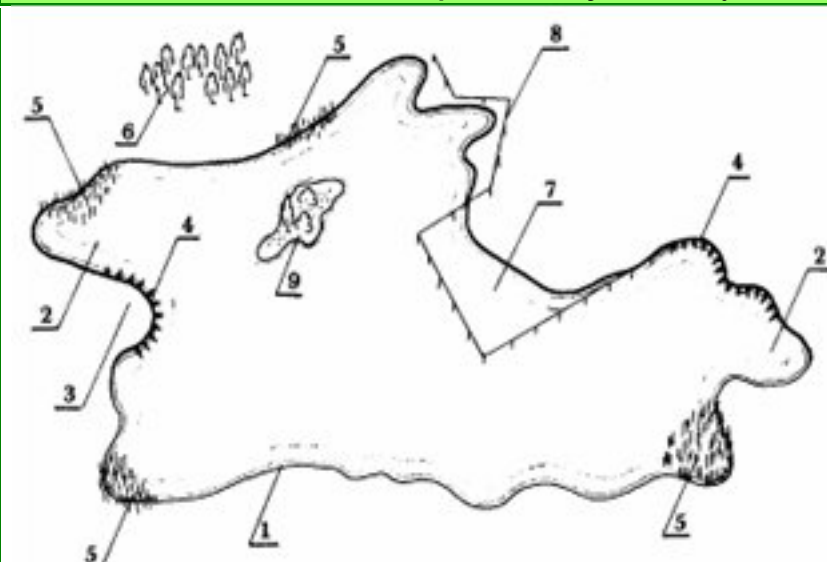




⁸ Bardzo ciekawe obserwacje w tym zakresie poczynione zostały w Nadleśnictwie Stuposiany, gdzie powstały zupełnie nowe zbiorniki zasilane wyłącznie spływem powierzchniowym, a mimo to po pewnym czasie zasiedlone zostały przez ryby i płazy w tym traszkę.

Zawsze należy pamiętać o tym, że tworzenie zbiorników wodnych obarczone jest ryzykiem związanym z:

- d) zalaniem terenów cennych pod względem przyrodniczym (konieczne jest przeprowadzenie rzetelnej inwentaryzacji przyrodniczej),
 - e) przerwaniem ciągłości ekologicznej cieków przez budowę piętrzącą (przeciwdziałać temu zjawisku można poprzez lokowanie przepławek szczelinowych w zbiornikach zaporowych lub budowę **zbiorników bocznych** (umiejscowionych poza ciekami),
 - f) przerwaniem ciągłości transportu rumowiska i jego sedymentację wraz z zanieczyszczeniami powyżej zapory,
 - g) wystąpieniem eutrofizacji.
-

a) Zbiorniki małej retencji stale gromadzące wodę

- Zbiorniki odpływowe lub bezodpływowe zasilane wodą gruntową/opadową, spływem lub ciekami okresowymi

| Zbiornik zasilany wodą gruntową/opadową | |
|---|---|
| Opis zalecanych rozwiązań | |
|  <p>The diagram shows a plan view of a retention pond with an irregular, wavy shoreline. It features several distinct areas: a bay (2) on the left, a small island (9) in the center, and various types of shorelines (1, 4, 5) and vegetation (6, 8) around the perimeter. A dam (7) is shown on the right side.</p> | <p>Różnorodne ukształtowanie brzegów zbiornika (Żbikowski i Żelazo 1993):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - brzeg o łagodnym nachyleniu 2 - zatoka 3 - cypłe 4 - urwisty brzeg 5 - trzcina 6 - grupa drzew 7 - wodopój 8 - ogrodzenia 9 - wyspa |
|  |  |
| <p>Zbiornik z nieregularną linią brzegową (N-ctwo Prudnik)</p> | <p>Zbiornik małej retencji w N-ctwie Gorlice</p> |
|  |  |
| <p>Zbiornik na wody opadowe i roztopowe w N-ctwie Limanowa</p> | |

Zbiorniki spowalniające spływ powierzchniowy

Opis zalecanych rozwiązań

Zbiorniki powinny być zlokalizowane w naturalnych zagłębieniach terenu (o pow. 1-10 ar), w pobliżu których przebiegają drogi, szlaki zrywkowe lub ukształtowanie terenu umożliwia zbiór wód powierzchniowych (opadowych bądź roztopowych) ze znacznej powierzchni leśnej.



Zbiorniki na spływy powierzchniowe w N-ctwie Piwniczna

Uwagi

W celu zwiększenia pojemności zbiorników można wykonać następujące prace: wykonanie grobli o wysokości do 1,2 m (z rdzeniem drewnianym, kamiennym lub uszczelnieniem z geosyntetyków; w środkowych odcinku grobli proponuję się wykonanie umocnionego przelewu awaryjnego, na wypadek wystąpienia deszczy nawalnych), profilowanie szlaków zrywkowych, założenie/zmiana lokalizacji wodospustów, budowa „kierunkowych” płotków faszynowych, oczyszczenie i udrożnienie rowów, usunięcie sztucznych zwałowisk gruntu itp.

Efekty w środowisku

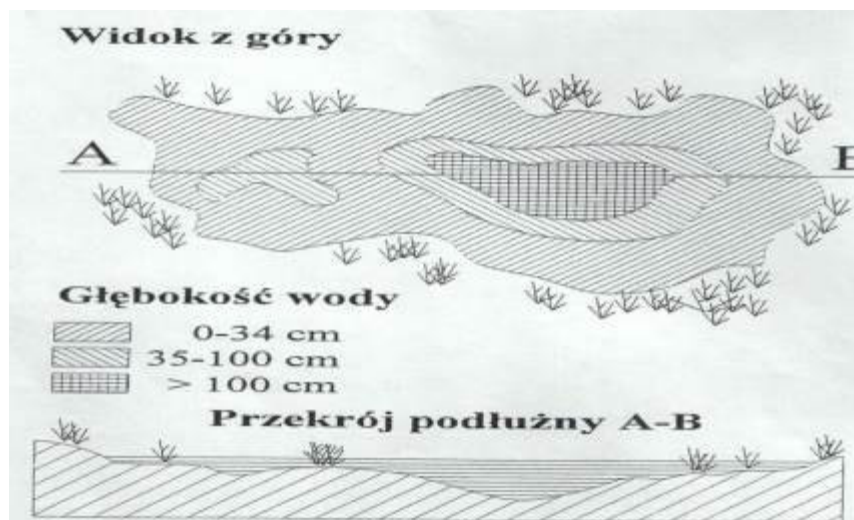
Zbiorniki mogą stanowić skuteczną ochronę przed lokalnymi wezbrzeniami i szkodami w infrastrukturze leśnej i są zarazem mało inwazyjne dla przyrody. Warto wybór miejsca prac ziemnych poprzedzić inwentaryzacją przyrodniczą.

Zbiornik małej retencji dla ochrony płazów i gadów

Opis zalecanych rozwiązań

Zbiornik o głębokości 0,5-1,5m, powierzchnia 1,5-15 arów.

Brzegi zbiornika zostały wypożone z jednej strony kamieniami, a z drugiej obsadzone żywokłami.



Rys. N-ctwo Stuposiany



Zbiorniki w trakcie realizacji w N-ctwie Stuposiany, widoczne urozmaicenie dna. Brzegi zbiorników wypożone są matą z włókien naturalnych wspomagającą proces równomiernej sukcesji roślinnej (zadarnienie).

Uwagi

Zasilanie małymi ciekami lub spływem powierzchniowym. Patrz także rozdział: *Jak to robią najlepsi*.

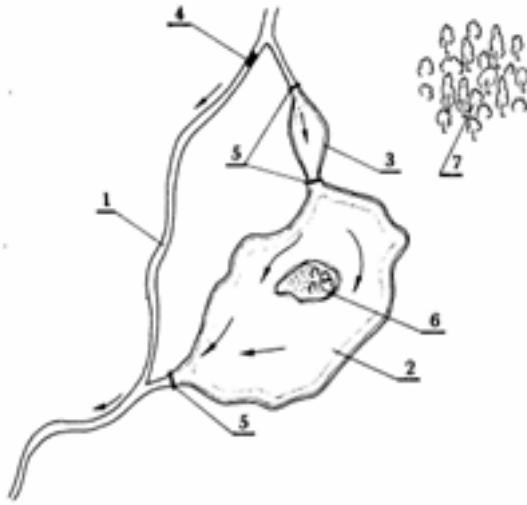
Efekty w środowisku

Polepszenie warunków rozrodu i bytowania zagrożonych wyginięciem gatunków płazów i gadów.

- Zbiorniki boczne

Zbiornik boczny zasilany wodą z potoku

Opis zalecanych rozwiązań



Zbiornik boczny, zasilany wodą z potoku (Żbikowski i Żelazo, 1993):

- 1 - rzeka
- 2 - zbiornik główny
- 3 - zbiornik wstępny
- 4 - stopień lub budowla piętrząca na rzece
- 5 - zastawka
- 6 - wyspa
- 7 - grupa drzew



Kaskadowe zbiorniki boczne w Nadleśnictwie Nawojowa.
Zródło: Archiwum CKPŚ.



Podział wody na ciek główny – dół do zbiorników bocznych w N-ctwie Szklarska Poręba.
Zródło: Archiwum CKPŚ.



(po lewej) Zbiornik boczny z katużą ekologiczną w N-ctwie Śnieżka. Zródło: Archiwum CKPŚ.

Uwagi

Powyższa katuża ekologiczna w N-ctwie Śnieżka jest zaopatrywana w wodę ze zbiornika przy jego wyższych stanach, którą z kolei retencjonuje przy stanach niższych dzięki progowi oddzielającemu ją od zbiornika głównego. Według tej zasady można tworzyć dodatkową mikroretencję wokół tworzonych zbiorników, o ile pozwalają na to warunki terenowe.

Zbiorniki kaskadowe (koralikowe/paciorkkowe)

Opis zalecanych rozwiązań

Zbiorniki kaskadowe znajdują zastosowanie w wąskich dolinach i przy dużych spadkach terenu, gdy nie ma możliwości zlokalizowania jednego większego zbiornika o określonej pojemności. Zbiorniki przedzielone mogą być groblami wyposażonymi w przelewy powierzchniowe i spusty (upusty płuczące). Powinny być stosowane jako zbiorniki boczne.



Odbudowa 3 zbiorników w układzie kaskadowym w N-ctwie Bielsko



Kompleks 4 oczek wodnych w N-ctwie Henryków

Efekty w środowisku

Zbiorników nie należy stosować na ciekach naturalnych w szczególności w strefie występowania ryb – ponieważ mogą stanowić skuteczną barierę w ich przemieszczaniu się.

- **Zbiorniki odtwarzane na starych stawach i zbiornikach**

Zbiorniki odtwarzane

Opis zalecanych rozwiązań

Przy odtwarzaniu lub modernizowaniu zbiorników należy kierować się ogólnymi wytycznymi odnośnie tworzenia zbiorników małej retencji w projektach, np. w odniesieniu do stosowanych materiałów, kształtowania linii brzegowej itp.⁹ W przypadku starych stawów hodowlanych budowanych najczęściej na ciekach zaleca się tworzenie układu bocznego oraz urozmaicenia linii brzegowej zbiorników, kątów nachylenia skarp, inaczej niż wskazują istniejące pozostałości w terenie. Ponadto, zaleca się tworzenie sztucznych wysp lub/i wysp pływających. W każdym przypadku rekomendowane jest zaprojektowanie zbiornika wstępnego (patrz rozdział: Adaptacja do zmian klimatu).

⁹ W szczególnych przypadkach dopuszcza się zastosowanie innych rozwiązań, nie zalecanych do stosowania w ramach projektów, jeżeli mają one na celu np. oddanie zabytkowego charakteru budowli.



Stare obwałowania istniejącego dawniej stawu zarośniętego obecnie przez las – bardzo częsta sytuacja w terenie. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Pozostałości dawnego stawu – oba obiekty zostały odtworzone w ramach projektu retencji górskiej. Źródło: Archiwum CKPŚ.

W przypadku zbiorników zlokalizowanych na ciekach naturalnych, warunkiem realizacji w ramach projektów jest zapewnienie ciągłości ekologicznej cieku, np. poprzez wybudowanie przeplawki.



Modernizacja zbiornika w N-ctwie Stary Sącz – widok przed i po



Odtworzenie zbiornika w N-ctwie Świdnica - widok przed i po

- Zbiorniki na rowach

Zbiorniki na rowach

Opis zalecanych rozwiązań

Zbiorniki należy sytuować w naturalnych zagłębieniach terenu lub miejscach dogodnych do wykonania zalewu. Mogą przylegać do istniejącej drogi z odprowadzeniem wód przepustem z zastawką, bądź opóźniaczem odpływu. Dogodną formę stanowią zbiorniki powstałe przez poszerzenie i pogłębienie odcinka rowu wraz z podparciem go ścianką szczelną z zastawką lub progiem.



Zbiorniki na poszerzonym rowie w N-ctwie Wałcz



Zbiorniki - rozlewisko na rowie w N-ctwie Lipka



Zbiorniki na rowie w N-ctwie Krucz

Uwagi

W celu zapewnienia możliwości pracy systemem melioracyjnym można wykonać zastawkę z progiem na rzędnej wyższej niż dno rowu, zapewniającej znaczące wypełnienie zbiornika w przypadku awarii lub dewastacji. Jeżeli nie ma potrzeby regulowania poziomu wody, a rowy służą wyłącznie nawadnianiu poleca się budowę przetamowań ziemnych wzmocnionych drewnem i kamieniami.

Efekty w środowisku

Zbiorniki mogą stanowić skuteczną ochronę przed lokalnymi wezbrzeniami i szkodami w infrastrukturze leśnej. W okresie niedostatecznego zaopatrzenia systemów w wodę ograniczają negatywne skutki osuszającego działania rowów. Ponadto, mogą stanowić ostoję dla organizmów od wody zależnych w okresie suszy, gdyż nawet jeżeli woda w rowie wyschnie, sam zbiornik będzie ją przez pewien czas utrzymywał. Należy zwrócić uwagę, że jeżeli takie zbiorniki wysychają w okresie suszy i posuch, jest to również pożądaną. W ten sposób retencjonowana w okresie wyżówki woda ulega procesom transpiracji i infiltracji tworząc lokalny mikroklimat w miejscu posadowienia zbiornika.

b) Zbiorniki suche o funkcji przeciwpowodziowej**Zbiornik suchy****Opis zalecanych rozwiązań**

Zbiorniki suche to typowe zbiorniki przeciwpowodziowe. Budowle piętrzące, tworzące zbiorniki suche mają urządzenia upustowe bez zamknięć. Rzeka swobodnie przepływa przez czaszę zbiornika i urządzenia upustowe. Większe dopływy są magazynowane w zbiorniku dzięki odpowiednio dobranym przez projektanta wielkościom i rodzajom urządzeń spustowych. Po przejściu fali powodziowej następuje stopniowe opróżnienie zbiornika. Pomiedzy przejściami fal powodziowych czasy zbiorników mogą być wykorzystywane jako pastwiska i łąki, lub stanowią nieużytki.



Suchy zbiornik w I-ctwie Jawornica z przelewem szczelinowym (przeplawką) (fot. N-ctwo Międzylesie)

Efekty w środowisku

Zbiorniki suche stanowią skuteczną ochronę przed powodzią (szczególnie w górach) i zarazem są mało inwazyjne dla przyrody. Z punktu widzenia oddziaływania na środowisko wątpliwości może budzić: estetyka budowli, uregulowany odcinek brzegu poniżej zbiornika i ew. możliwość przerwania ciągłości cieku.

c) Poldery zalewowe

| Polder zalewowy | |
|---|--|
| Opis zalecanych rozwiązań | |
| <p>Poldery są znanymi od dawna urządzeniami chroniącymi przed powodzią. Od zbiorników retencyjnych różnią się tym, że woda gromadzona jest nie za zaporą przecinającą koryto rzeki, ale na odgradzonych wałem od koryta rzeki naturalnych terenach zalewowych, wykorzystywanych na co dzień rolniczo-leśnie. Wlot wody do polderu, to zwykle odpowiednio umocnione obniżenie wału, oddzielającego koryto od zbiornika. Ich podstawowym zadaniem jest lokalne zmniejszenie kulminacji fali powodziowej. Poldery mogą być wyposażone w urządzenia umożliwiające elastyczne regulowanie wlotem wody do polderu i jej zrzutem po przejściu powodzi.</p> | |
| | |
| <p><i>Schematy działania polderów zalewowych (RZGW Kraków)</i></p> | |
| | |
| <p><i>Czasza polderu zalewowego w N-ctwie Świeradów</i></p> | |
| Efekty w środowisku | |
| <p>Poldery stanowią skuteczną ochronę przed powodzią i zarazem są mało inwazyjne dla przyrody, warto jednak wybór miejsca inwestycji poprzedzić inwentaryzacją przyrodniczą.</p> | |

1.1.2. Elementy konstrukcyjne zbiorników, typy rozwiązań preferowane w projektach.

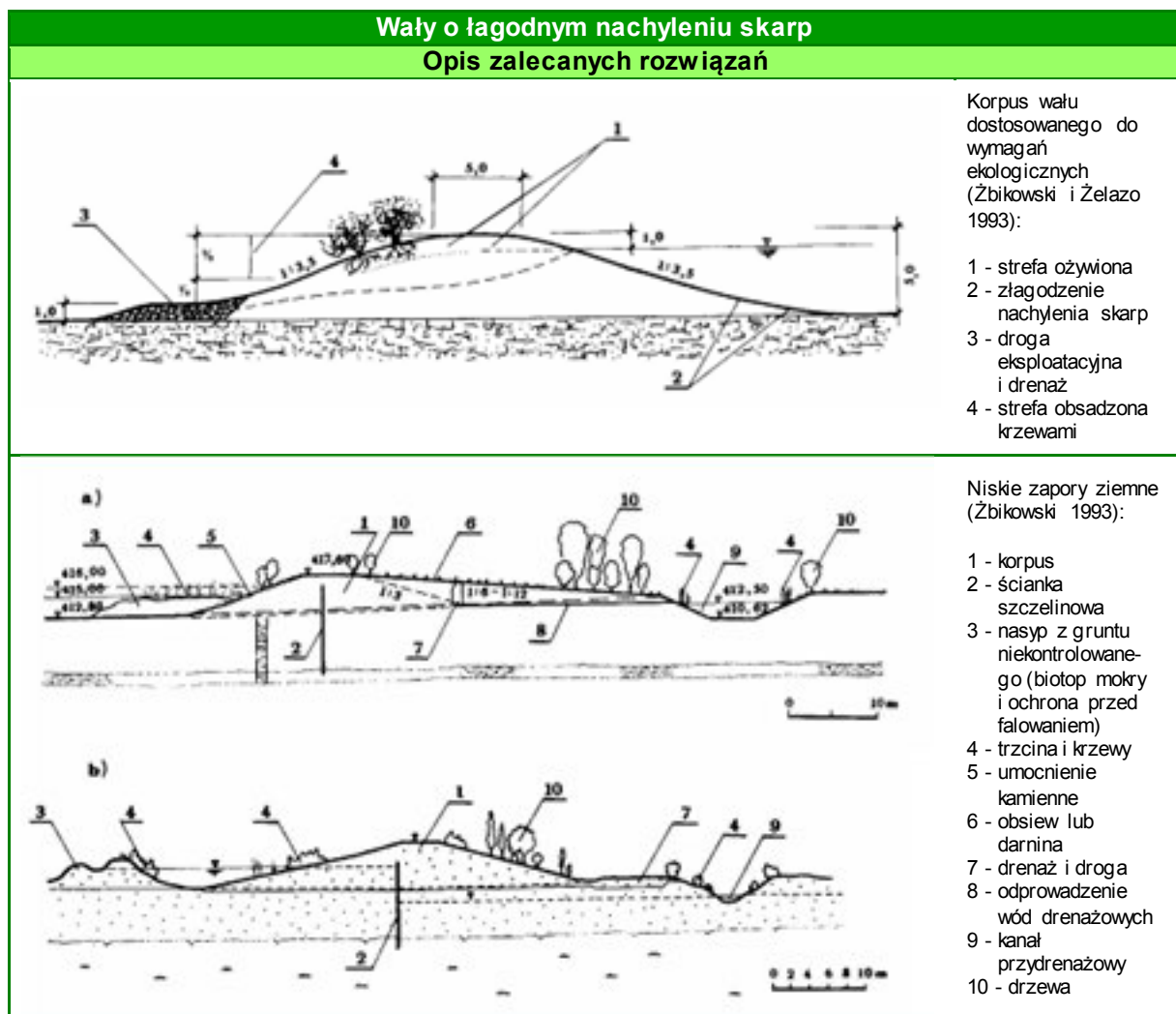
Wśród urządzeń wodnych wchodzących w skład zbiornika retencyjnego można wyróżnić:

- groble (zaporę ziemną),
- urządzenia upustowe (przelewy powierzchniowe, studnie piętrzące, mnichy, zastawki, jazy),
- przelewy do odprowadzania wód wielkich – stosowane jako przelewy bezpieczeństwa,
- doprowadzalniki wody,
- przepławki dla ryb,

- umocnienie skarp – roślinne dla skarpy napowietrznej i np. narzut kamienny od strony wody,¹⁰
- biofiltry – zbiorniki wstępne, zaporowe lub kopane, stosowane do podczyszczania wód, chroniące zbiornik przed zamulaniem.¹¹

a) Groble (zapory ziemne) zbiorników

Ze względów krajobrazowo - przyrodniczych zaleca się stosowanie zapór ziemnych. W zależności od dostępnego materiału gruntowego (*najlepiej miejscowego*) i podłoża, groble muszą być bezwzględnie budowane warstwowo i zagęszczone zgodnie ze wskazaniami normy *PN-B-06050 Roboty ziemne budowlane*. W przypadku, gdy istnieje zagrożenie przeciekania grobli, najlepiej stosować maty bentonitowe od strony nawodnej zbiornika. W przypadku występowania w danym regionie zwierząt kopiących nory, groble powinny być zabezpieczone powlekaną tworzywem siatką stalową (co *najmniej 0,5m poniżej poziomu podstawy grobli, aż do korony*).



¹⁰ Rodzaje narzutów kamiennych zostały omówione w rozdziale 2.1. – Ochrona infrastruktury, są to analogiczne rozwiązania.

¹¹ Znaczenie i funkcje zbiorników wstępnych zostały omówione w rozdziale: Adaptacja obiektów do zmian klimatu.

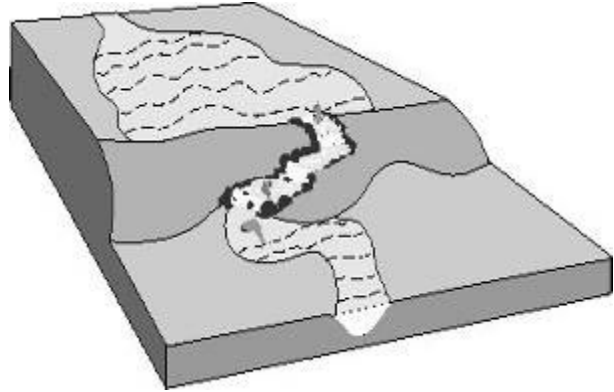
b) Urządzenia upustowe zbiorników

Elementy budowli hydrotechnicznej, umożliwiające przeprowadzenie wód przez zbiornik wodny, jego całkowite opróżnienie oraz regulację wielkości odpływu, a także różnych ciał stałych, np. kry lodowej, sryżu czy innych pływających przedmiotów, a także rumowiska (upusty płuczące). Na jednym zbiorniku można stosować różne urządzenia upustowe, mogą być one wyposażone w zamknięcia lub bez zamknięć eksploatacyjnych. W zbiornikach małej retencji stosuje się dwa podstawowe rodzaje tego typu urządzeń: przelewy powierzchniowe i spusty. Przelew jest elementem przeprowadzającym wodę przepływającą w przekroju otwartym, przez spust woda przepływa najczęściej w przewodzie o przekroju zamkniętym.

Ze względów eksploatacyjnych i środowiskowych zalecane jest stosowanie przelewów powierzchniowych (górných) i przelewów na małą wodę (zapewnienie przepływu biologicznego) we wszystkich budowlach piętrzących (patrz także: *Bystrza o zwiększonej szorstkości i Zastawki*).

Przelew górny

Opis zalecanych rozwiązań



Przelewy górne w zbiornikach w N-ctwie Bielsko



Przelew drewniano-kamienny z bystrzem „przeciwstawnym” w N-ctwie Międzylesie. Przepływ wody odbywa się „naprzemiennie” od jednego brzegu do drugiego – i odwrotnie. Koncentruje się w ten sposób nurt zapewniając biologiczną ciągłość przy niskich przepływach.

Uwagi

Inne rodzaje przelewów patrz rozdział: *Jak to robią najlepsi*, a także: *Bystrza o zwiększonej szorstkości, regularne i kaskadowe*.

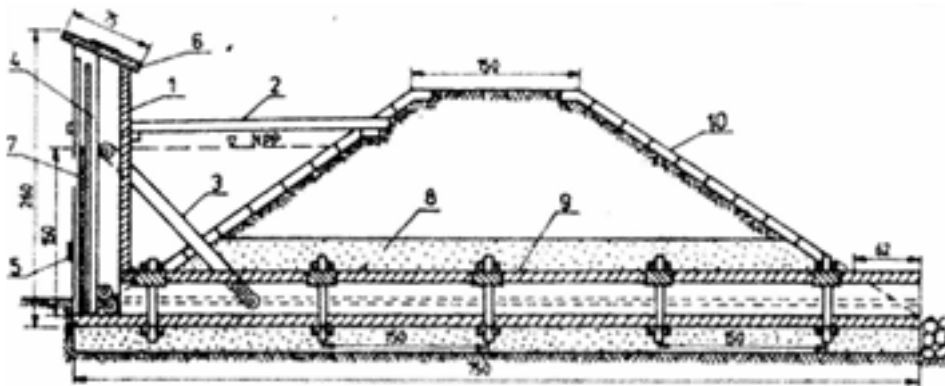
Efekty w środowisku

Przelew górny, jeżeli prowadzi wodę, może pełnić funkcję przepławki dla ryb i innych organizmów wodnych (zapewnienie ciągłości), a także zapewnić przepływ biologiczny w okresach niżówek.

Mnich drewniany

Opis zalecanych rozwiązań

Zalecany zamiast mnichów betonowych. W przypadku zatkania łatwy do rozebrania.



Mnich drewniany, piętrzenie 1,5m, światło 30x60cm (Mioduszewski 2003):

- 1 - obudowa stojaka, listwy poprzeczne 6x15 cm,
- 2 - kładka z desek 8x16-8x20cm,
- 3 - zastrzał 15x18cm,
- 4 - listwy 4x4cm,
- 5 - rozpory 6x15cm,
- 6 - daszek na stojak z desek gr. 5-8cm,
- 7 - wycięcie w listwach do wyjmowania szandorów,
- 8 - warstwa gliny grubości 30-60cm,
- 9 - pokrywa leżaka, listwa 6x8cm, 10 - umocnienie skarpy.

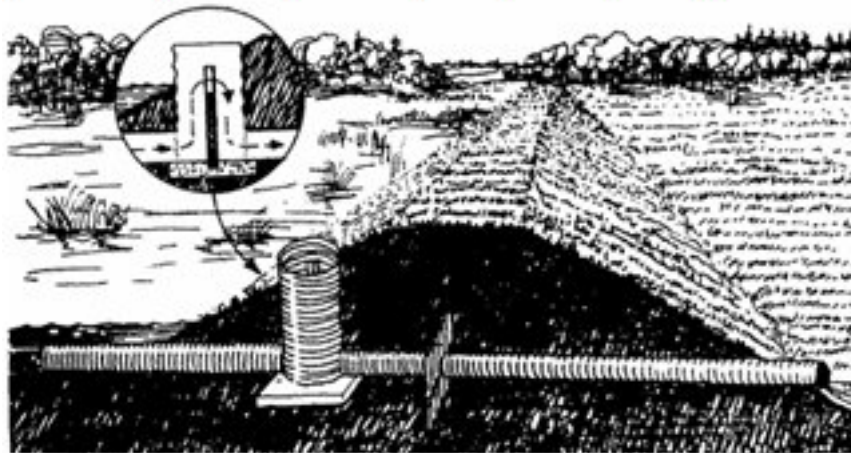
Efekty w środowisku

Urządzenie tworzy barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych – nie należy go stosować na ciekach naturalnych.

Upust

Opis zalecanych rozwiązań

Upust dolny z rur metalowych lub tworzywa sztucznego ze stojakiem w korpusie zapory zbiornika retencyjnego.

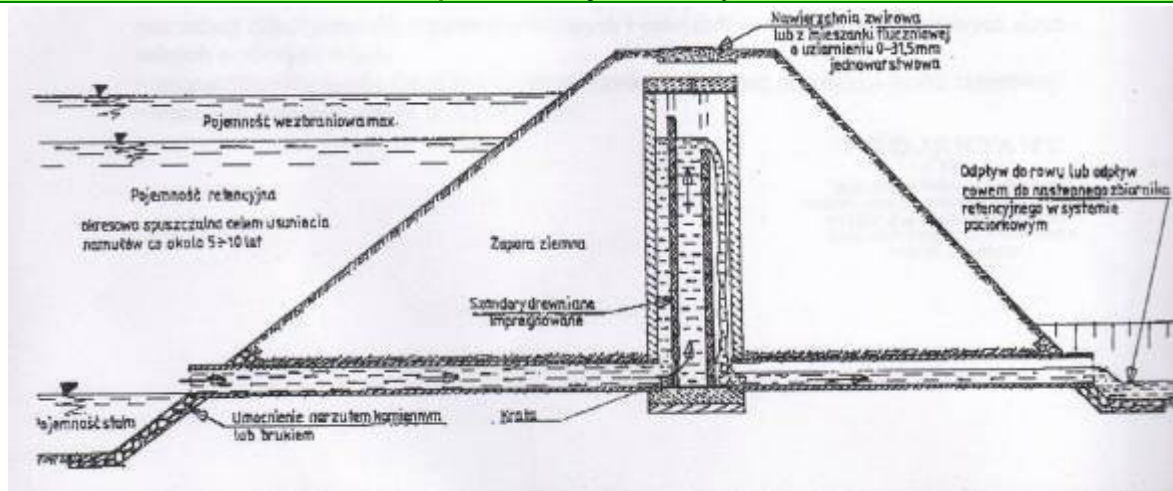


(US Soil Conservation Service)

Efekty w środowisku

Urządzenie tworzy barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych – nie należy go stosować na ciekach naturalnych.

Studnia piętrząco-spustowa Opis zalecanych rozwiązań



Studnia piętrząco-spustowa w grobli ziemnej (rys. Biuro Projektowo-Wykonawcze „Hydrotechnika”)



Studnia piętrząco-spustowa w trakcie budowy, widoczne kłamy zejściowe (fot. N-ctwo Lwówek Śląski i Szklarska Poręba)

Uwagi

Najlepszym rozwiązaniem w wielu przypadkach wydaje się zastosowanie studni spustowo-piętrzących, (jako głównych urządzeń) wraz z przelewami górnymi, pełniącymi wyłącznie funkcję przelewów awaryjnych. Studnie posiadają następujące zalety, których pozbawione są tradycyjne młochy: brak bezpośredniego dostępu do szandorów przez osoby postronne, niezamarzający w zimie przepływ, brak konieczności obsługi i regulacji przepływu, umożliwienie odpływu słabo natlenionej (często zawierającej siarkowodor) wody przydennej oraz możliwość „przełukania” zbiornika w celu pozbycia się nadmiaru mułu, urządzenie jest wbudowane w groblę (studnia przykryta jest płytą betonową i zakopana) dzięki temu nie wpływa ujemnie na walory krajobrazowe zbiornika i jego otoczenia (zaleca się raz na parę lat odkopanie pokrywy studni i kontrole szandorów). Wlot do rurociągu warto zabezpieczyć kratą (łatwa możliwość usuwania zanieczyszczeń i zapobieżenie zatkania wlotu). Pierwszy rząd szandorów od wody górnej musi umożliwiać przepływ wody „od dołu” (pod), a właściwe piętrzenie stanowi drugi rząd szandorów od strony wody dolnej, przez który woda przelewa się góra.

Efekty w środowisku

Możliwość odprowadzenia wody przydennej ze zbiornika, przy jednoczesnym dopływie tlenu do wód zrzutowych. Umożliwienie transportu części drobnych: osadów i rumowiska wczonego. Zatrzymanie cieplejszych powierzchniowych warstw wodnych w zbiorniku umożliwia rozwój planktonu. Urządzenie tworzy barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych – nie należy go stosować na ciekach naturalnych.

c) Doprowadzalniki wody

Rów, kanał lub rurociąg z grawitacyjnym przepływem wody doprowadzający wodę od jej ujęcia do zbiorników, urządzeń melioracyjnych i innych.

| Kanały ziemne | |
|---|---|
| Opis zalecanych rozwiązań | |
| <p>Jeżeli warunki gruntowe (szczelność) i ilość prowadzonej wody pozwalają, należy budować rowy naturalne połączone z zabudową biologiczną, ew. brzegi można umocnić faszyną lub narzutami kamiennymi (Patrz także rozdział: <i>Umocnienia brzegu</i>).</p> | |
|  |  |
| <p>Doprowadzalniki wody do zbiorników umocnione narzutem kamiennym (N-ctwo Szklarska Poręba i Świdnica)</p> | |
|  |  |
| <p>Kanały i rowy odprowadzające wodę ze zbiorników do cieków (N-ctwo Śnieżka i Świdnica)</p> | |



Kanał ziemny łączący 2 zbiorniki (N-ctwo Świdnica)

Efekty w środowisku

Naturalny charakter rowu/kanału dobrze komponuje się z otoczeniem, a naturalna zabudowa biologiczna stwarza wielu organizmom nowe środowisko życia.

d) Przepławki dla ryb

Zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem, budowle piętrzące powinny być wyposażone w przepławki dla ryb. W paragrafie 21 rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Dz. U. 07.86. 579 z dnia 20 kwietnia 2007r.) w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie zapisano: „Budowle hydrotechniczne przegradzające rzekę powinny być wyposażone w urządzenia zapewniające swobodne przedostawanie się ryb przez przeszkodę, a zbiorniki wodne powinny być tak ukształtowane, aby były pozostawione ostoje i tarliska dla ryb”.

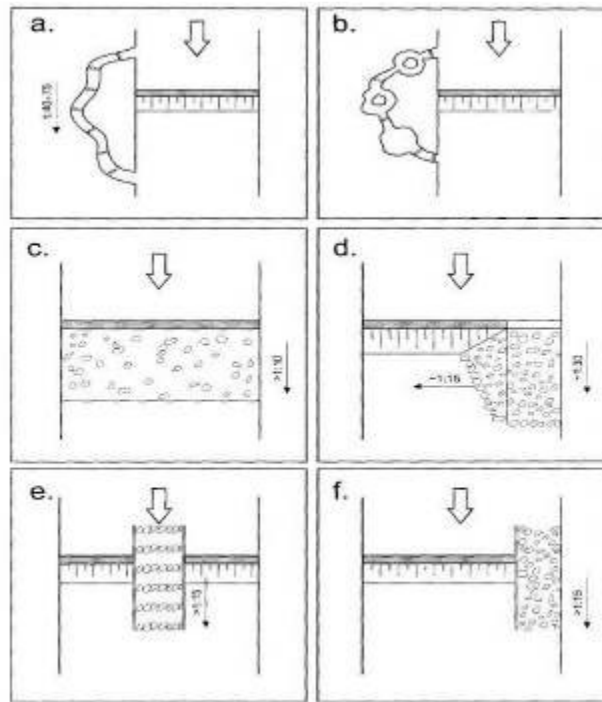
Współczesne przepławki dla ryb umożliwiają swobodną migrację faunie rzecznej, przeciwdziałają erozji i jednocześnie ładnie komponują się z otoczeniem, mogą też pełnić inne funkcje hydrotechniczne np. piętrzenie wody. Tego rodzaju przepławki określamy jako konstrukcje bliskie naturze. Można je podzielić na przepławki obejściowe, które buduje się z boku istniejących budowli (rys. 8a i b) oraz przepławki wkomponowane w budowle piętrzące typu bystrze (rampa, pochylnia) (rys. 8c-f).

Przepławki obejściowe można wykonywać przy piętrzeniach nawet powyżej 10m, powinny one jednak swoją konstrukcją naśladować naturalny ciek, obok którego są budowane. Wykonuje się je z materiałów naturalnych (kamienie, żwir, drewno, faszyna), a brzegi obsadza wikliną lub olszą. Obejście prowadzi się zazwyczaj krętą trasą o nachyleniu 1:20 – 1:75 (Mokwa M., Wiśniewolski W., 2008).

Bystrza (pochylnie, rampy) są to krótkie, umocnione odcinki cieków o dużym spadku. Wykonuje się je zazwyczaj przy stopniach i niskich jazach o piętrzeniu do 3m. Posadowione mogą być na całej szerokości cieków, przy jednym z brzegów (jako jedno lub dwuspadowe z jednym łagodniejszym spadkiem – rys. 6d) lub poprowadzone w części środkowej koryta (rys. 6c-f), tak żeby strumień wody nie odrywał się od dna. **Nachylenie bystrzy powinno zawierać się w przedziale od 1:15 do 1:30 i więcej.**

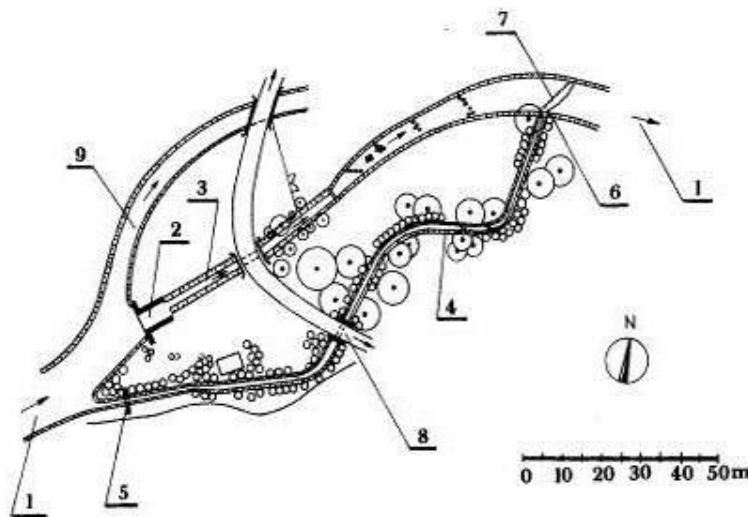
W zależności od konstrukcji wykonuje się je jako: **narzutowe** – wykonane z usypanych kamieni, **sztorcowe** – z ustawionych na sztorc głazów oraz **kaskadowe/ryglowe** – utworzone z progów stanowiących luźno ułożone obok siebie głazy.

Przepławki kaskadowe (rys. 6e) najczęściej wbudowuje się w istniejące budowle hydrotechniczne (obok przyczółka lub pośrodku koryta), nachylenie koryta wynosi 1:10 do 1:100, może też być to kaskada progów o wysokości nie większych niż 20cm. Budowle te charakteryzują się stosunkowo niskimi kosztami budowy i konserwacji. Budowane są bez zatrzymywania przepływu wody i układane od dołu do góry. Można je dodatkowo stabilizować w razie potrzeby drewnianą palisadą od strony dolnej.



Rys. 6. Schematy współczesnych przejść dla ryb
(Mokwa i Wiśniewolski 2008)

Przeławka typu Kanał obiegowy Opis zalecanych rozwiązań

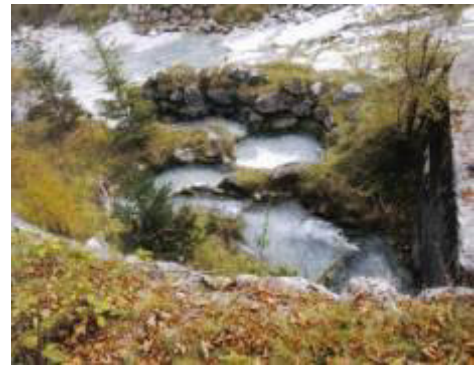
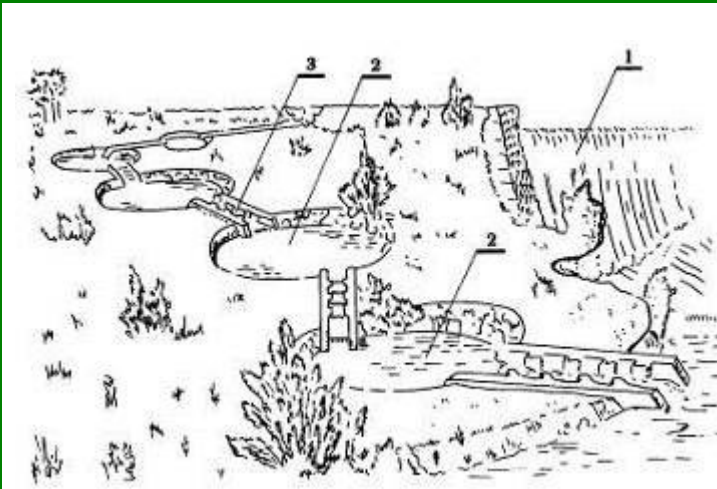


Przeławka – kanał obiegowy (Żbikowski i Żelazo 1993, fot. Jelonek)

- 1 - rzeka
- 2 - jaz
- 3 - pochylnia kamienna
- 4 - przeławka - kanał obiegowy
- 5 - wlot
- 6 - ujście-wejścia dla ryb
- 7 - kierownica palowa
- 8 - przepust
- 9 - kanał na stawy rybne

Przeplawka z połączonych akwenów

Opis zalecanych rozwiązań



Przeplawka z połączonych akwenów (Żbikowski i Żelazo 1993, fot. M. Jelonek 2008):

- 1 – zaporą/jaz
- 2 - akweny
- 3 - połączenia

Bystrze/pochylnia dwuspadowa

Opis zalecanych rozwiązań

Bystrze powinno być wykonane z materiałów naturalnych takich jak kamienie, żwir, piasek. Urządzenie może być dowolnie długie (najmniejsze stosowane spadki wynoszą z reguły od 1:15 do 1:30).

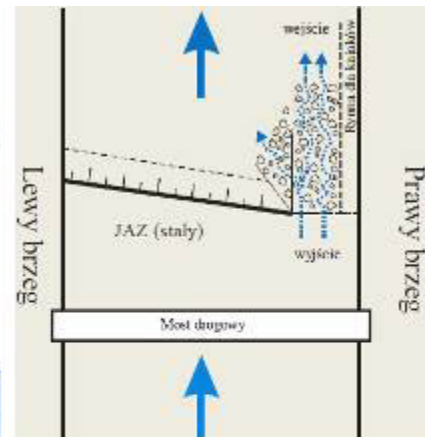
widok na stopień z prawego brzegu



Czerwone strzałki wskazują kierunek przepływu wody w bystrzoku i w rynnie dla kajaków a pomarańczowe strzałki przez przelew stopnia

Rynna dla kajaków

Bystrzok



widok na stopień z od górnej wody



widok na stopień z od dolnej wody



Bystrze dwuspadowe na stopniu poniżej mostu (Jelonek 2008)

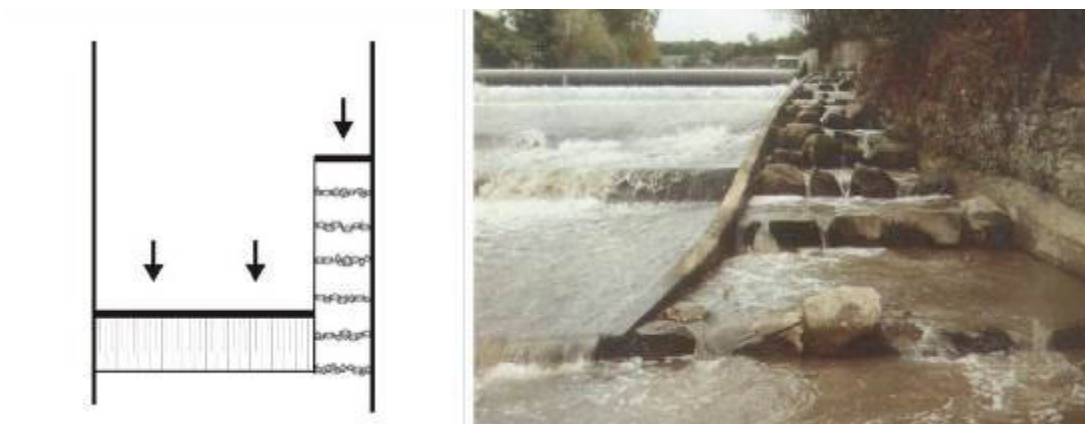
Efekty w środowisku

Zabezpieczenie dna poniżej budowli wodnych przed erozją denną. Takie rozwiązanie stwarza dobre warunki do migracji ryb w dół i górę rzeki przy istniejących zaporach, progach i stopniach w każdych warunkach hydrologicznych.

Przeławka kaskadowa

Opis zalecanych rozwiązań

Przeławki kaskadowe najczęściej wbudowuje się w istniejące budowle hydrotechniczne (obok przyczółka lub pośrodku koryta), nachylenie koryta wynosi 1:10 do 1:100, powinna to być kaskada progów z luźno ułożonych obok siebie głazów o wysokości nie większej niż 20 cm.



Przeławka kaskadowa przy budowlu hydrotechnicznej.
(Jelonek 2008)

Efekty w środowisku

Przywrócenie ciągłości cieku stwarzające dobre warunki do migracji ryb w górę rzeki przy istniejących zaporach, progach i stopniach.

Przeławka szczelinowa

Opis zalecanych rozwiązań

Ten typ przeławki możliwy do zastosowania w zaporach suchych zbiorników, bądź utrzymujących niewielkie piętrzenia. Dotyczy terenów górskich i podgórnkich, o dużych spadkach terenu i szybkiej kumulacji splywu wód burzowych.



Przeławka szczelinowa na suchym zbiorniku w I-ctwie Jawornica (fot. N-ctwo Międzylesie)

Efekty w środowisku

Przywrócenie ciągłości cieku przerwanej przy budowlu zapory lub tamy.

Przeplawka typu rampa/pochylnia

Opis zalecanych rozwiązań

Patrz rozdział Bystrza o zwiększonej szorstkości/
Bystrze z kamienia łamanego (pochylnia)

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym ¹²

Zgodnie z art. 13 ustawy o lasach ust.1 „właściciele lasów są zobowiązani do (...) zachowania w lasach naturalnych bagien i torfowisk.” Tymczasem, prace odwadniające prowadzone w okresie przedwojennym i powojennym dotknęły prawie wszystkie mokradła naszego kraju. By unaocznić skalę problemu wystarczy podać szacunki pokazujące, że w obrębie **samych torfowisk** w Polsce sieć istniejących rowów ma 140 tys. km, czyli 3,5 krotnie można opasać nimi ziemię! W dodatku szacunek ten nie ujmuje rowów na innych typach mokradeł.

Efekty dawnych prac melioracyjnych „uprodukcyjniających” gospodarczo dany obszar nakładają się obecnie dodatkowo na okresy długich deficytów opadów, co powoduje trwały spadek poziomu wód gruntowych. Problem ten jest szerszy i nie dotyczy tylko mokradeł, ale też obszarów leśnych i rolniczych. W niektórych rejonach kraju na przestrzeni kilkudziesięciu lat poziom wód gruntowych obniżył się nawet przeszło o metr. Obecnie zmieniło się podejście w ramach gospodarki leśnej do ochrony przyrody i na ogół nie buduje się już nowych rowów w celu odwadniania mokradeł, ale problem istnieje nadal. Dzieje się tak, gdyż dawne rowy nie zablizniają się zbyt szybko, a niektóre nie zablizniają się w ogóle zamieniając się w ciekі stałe lub okresowo odprowadzające wodę. Niezwykle szkodliwe są także wciąż niekiedy realizowane prace nazywane „utrzymaniem rowów” odwadniających torfowiska, mokradła, łąki wilgotne, bagienne lasy lub działania prowadzone pod pretekstem „zapobiegania podtapianiu drzewostanów”.

Zdając sobie sprawę z ważkości problemu, całkiem naturalnym odruchem w przypadku mokradeł zmeliorowanych jest chęć naprawy szkód, czyli likwidacja rowów. Jednak **wpierw przanalizować należy, czy w wyniku przesuszenia na tym terenie nie powstały wtórne, również cenne układy ekologiczne** (np. kompleksy brzeziny, świerczyn i borów bagiennych na przesuszonych torfowiskach wysokich, na terenach dawnych stawów cenne zbiorowiska błotne itp.).

Powinno się **przyjmować zasadę podejmowania ochrony czynnej tylko tam, gdzie jest naprawę konieczna**, czyli na terenach mokradłowych o zaburzonych stosunkach wodnych i zdegradowanych walorach przyrodniczych. Wówczas realizowane są działania naprawcze prowadzące do zniwelowania oddziaływania dawnych ludzkich przekształceń terenu. Powinny one stymulować, inicjować i wzmacniać naturalne mechanizmy i procesy funkcjonowania ekosystemu, tak by po pewnym czasie w pełnym rozkwicie mógł funkcjonować samodzielnie.

Obszary wodno-błotne, na których podejmowanie działań wymaga największej ostrożności, to:

- ciekі o naturalnym korycie,
- źródlika i towarzyszące im kopuły torfowisk źródłiskowych,
- otwarte mszarne torfowiska przejściowe i wysokie o wysokim, stabilnym poziomie wody
- otwarte torfowiska mechowiskowe (soligeniczne) z wysokim stabilnym poziomem wody,
- olsy o wysokim poziomie wody,

¹² Wstęp do rozdziału opracowany został na podstawie poradników: „Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu” M.Herbich, P.Pawłaczyk, R. Stańko, Wydawnictwo Klubu Przyrodników 2007 oraz „Podręcznik najlepszych praktyk OCHRONY MOKRDEŁ” M.Makles, P.Pawłaczyk, R.Stańko wydany przez CKPŚ w 2014 r. Oba poradniki są polecanych źródłem informacji rozszerzających i uzupełniających treści rozdziału.

- lasy łąkowe w naturalnych warunkach okresowych zalewów,
- nieodwadniane sztucznymi rowami bory i lasy bagienne,

Bywa też tak, że pomimo zaniku dawnych rowów odwadniających (sukcesja roślinności) i nakładających się na to innych zjawisk związanych ze zmianami klimatu, dochodzi do trwałych zmian hydrologicznych i odtworzenie dawnych stosunków wodnych nie jest już takie proste. Towarzyszą też temu inne procesy jak np. szybka ekspansja roślinności leśnej na torfowiska, która przyczynia się do ich dalszej degradacji.

Paradoksalnie znacznie prościej jest skutecznie i celnie działać, gdy sieć odwodnieniowa danego mokradła nadal działa i jest relatywnie sprawna, bo taka sytuacja zastana jest bardziej czytelna i daje większe szanse na poprawę i ochronę torfowiska. Poza tym, częstym zjawiskiem na odwadnianych mokradłach jest powstawanie warstwy murszu izolującego odpływ wody, sprzyjająca wtórnemu rozwojowi cennych zbiorowisk roślinnych (np. zespołu przygielki białej).

Zatem przed przystąpieniem do likwidacji odwadniania lub wtórnego nawadniania, **każdy renaturyzowany obszar mokradłowy powinien** (w ramach sporządzanych planów ochrony) **zostać poddany szczegółowym analizom skutków odwodnienia, ze zwróceniem uwagi na ocenę powstałych wtórnie układów ekologicznych.** W związku z powyższym, pierwszym naczelnym pytaniem jest - *co zaszło na tym terenie w wyniku jego odwadniania?* Pytanie to pociąga za sobą kolejne: - *czy nie zniszczymy cennych elementów przyrodniczych, które się tam pojawiały?*

Przykładowo, na torfowiskach mogą powstać wtórnie kompleksy świerczyn borów i brzezin bagiennych z cennymi gatunkami roślin i w trakcie analizy należy m.in. weryfikować ich walory. Może się bowiem okazać, że bardziej „opłacalna przyrodniczo” jest ich ochrona niż przywrócenie stanu wcześniejszego.

W praktyce przed podjęciem działań powinna zostać przeprowadzona prawidłowa diagnoza tego, co naprawdę jest potrzebne. Niekorzystnym, podobnie jak odwadnianie, może być sztuczne podnoszenie lub stabilizacja poziomu wody na mokradłach, gdzie poziom wody ulega naturalnym zmianom. Tego rodzaju zabiegi muszą być poprzedzone analizą właściwości danego układu hydrologicznego i występujących tam dawniej i obecnie siedlisk. Przykładowo, podniesienie poziomu wody nie przyczyni się raczej do zniszczenia bagien eutroficznych, ale w przypadku wysokich torfowisk ombrogenicznych¹³, czy przejściowych lub niskich torfowisk soligenicznych¹⁴, będzie to miało bardzo złe następstwa. Poza tym, kształtowanie stosunków wodnych niesie konsekwencje i jest zależne od obszarów przyległych często znacznie oddalonych od samego mokradła. Dlatego **planowanie renaturyzacji lub ochrony mokradła powinno być opracowaniem obejmującym znacznie większy obszar (stosunki wodne, siedliska itp.) niż obszar samego mokradła, a planowane realizacje na mokradle i w jego otoczeniu powinny składać się w spójną całość.** Inwentaryzacja przyrodnicza ma na celu zapobiec przede wszystkim błędnemu zaplanowaniu metody ochrony, a ponadto uchwyci i metodycznie podsumuje stan wyjściowy do oceny osiągniętych efektów (monitoring).

Minimalny zakres inwentaryzacji powinien objąć opis flory w tym dokładny opis zbiorowisk roślinności na poszczególnych obiektach mokradłowych oraz fauny, w tym np. płazów, ryb, ważek i motyli (ze

¹³ Torfowisko ombrogeniczne - woda pochodzi głównie z opadów. Torfowiska tego typu powstają, gdy opad przeważa nad ewapotranspiracją (parowanie i z roślin i z gruntu), a odpływ jest utrudniony. Zasilanie wodami podziemnymi jest ograniczone, a na torfowiskach kopułowych prawie w ogóle go brak. Torfowiska ombrogeniczne są równocześnie torfowiskami wysokimi. (za: wikipedia.org)

¹⁴ torfowisko soligeniczne - woda pochodzi z zasobów podziemnych, często odległych od samego torfowiska i jest stosunkowo ruchliwa. Często powstają w wychodniach wód podziemnych w przykrawędziowych częściach dużych dolin rzecznych, czy na zboczach wzgórz morenowych. W takich warunkach mogą współtworzyć źródlika. Na torfowiskach soligenicznych tworzą się mechowiska czy olsy. Używa się też nazwy *torfowisko wyciekowe*. Torfowisko soligeniczne o skoncentrowanym wypływie wód to *torfowisko źródlikowe*. Zazwyczaj mają charakter torfowisk niskich. Niekiedy wypływy te są punktowe, często jednak rozproszone, o charakterze wysięków lub młak. Wody podziemne w takich miejscach są wysoko zmineralizowane, lecz ubogie w biogeny. Kiedy natomiast woda przepływa przez górną warstwę torfowiska soligenicznego, ale nie wydostaje się na powierzchnię, to *torfowisko przepływowe*. (za: wikipedia.org)

względu na biologię tych gatunków konieczna jest kilkukrotna obserwacja w ciągu roku) ze zwróceniem uwagi na występowanie gatunków chronionych. Podobnie, w wielu przypadkach wskazana jest inwentaryzacja ornitologiczna, gdyż zmiana stosunków wodnych na danym obszarze może np. uniemożliwić ptakom siewkowym gniazdującym na ziemi wyprowadzenie lęgu.

Trudno jest tu sformułować uniwersalne rekomendacje. Każde mokradło jest indywidualnym tworem i wszelkie recepty na jego renaturyzację lub ochronę są tylko przybliżone. Obowiązuje zasada **primum non nocere (przede wszystkim nie szkodzić)**, co oznacza, że **działania ochrony czynnej zaplanować tak by były jak najbliższe procesom, jakie występowały na danym terenie naturalnie**. Chodzi też o to, **by podjęte ingerencje inicjowały dalsze naturalne procesy samoczynnej renauryzacji**.

W przypadku torfowisk niezwykle cenną wskazówką do ukierunkowania zabiegów ochronnych może być ustalenie historycznych przemian obiektu i zasilania wodą. Taką ocenę stratygrafii torfowiska robi się na podstawie wierceń w torfie i analizy pobranych próbek. Można dzięki temu np. ustalić czy obecna sukcesja drzew na torfowisku wymaga ingerencji (najczęściej wymaga), czy można ją pozostawić. Analiza próbek pokazuje, czy sukcesja zachodzi po raz pierwszy w wyniku antropogenicznego osuszenia, czy są to naturalne cykliczne procesy okresowej obecności drzew na torfowisku i późniejszego ich wymakania powodowane zmiennymi okresami wyższych i niższych stanów wody. Oczywiście drzewa na torfowisku przesuszonym przyczyniają się jeszcze bardziej do jego przesuszenia wyciągając wodę i transpirując ją do atmosfery, ale jeśli historia torfowiska pokazuje, że okresowo drzewa na nim „goszczą” to można przyjąć, że przyroda sama wyznaczy im „termin odejścia” z tego terenu.

Warto też pamiętać, że torfowiska to efekt opanowania terenu przez rośliny torfotwórcze, i mogą tworzyć się także na zboczach lub wyniesieniach terenu jeżeli jest tam stały dopływ wody (wysięki, źródła, młaki). Poza odwodnieniem rowami na takich terenach spotyka się też czasem sieci drenarskie. Niewiele jest torfowisk w Polsce nie dotkniętych ingerencją człowieka. Statystycznie najcenniejszymi obiektami są torfowiska wysokie i przejściowe. Najwięcej mamy torfowisk niskich 92,35%, przejściowych 3,3%, a wysokich 4,35%.

Torfowiska wysokie zasilane niemal wyłącznie przez wody opadowe, a lustro wody układa się wyżej niż na otaczających terenie. Zazwyczaj przykrywa je kopuła, która podciąga wodę działając jak wieża ciśnień. Spotykamy je na północy i w środkowej części kraju oraz w górach i na Podhalu. W tych ostatnich głównie na obszarach wododziałów, w obniżeniach, dolinach, bezodpływowych obniżeniach terenu, ale zawsze poza obszarem oddziaływania wód gruntowych i zalewów.

Torfowiska przejściowe zasilane są i z wody opadowej i podziemnej lub powierzchniowej, zazwyczaj powstają jako łądowanie zbiorników wodnych.

Natomiast **torfowiska niskie** są zasilane tylko wodami powierzchniowymi i podziemnymi z niewielkim udziałem wód opadowych. Ich powierzchnia nie jest centralnie wyniesiona.

Obniżenie poziomu wód gruntowych w torfowiskach i terenach przyległych powoduje dodatkową emisję gazów cieplarnianych z murszejącego, czyli utleniającego się torfu. Proces murszenia torfu ma charakter nieodwracalny. Jest to też utrata cennych siedlisk przyrodniczych i żyjących tam gatunków. Odwodniony torf zmienia się w bogaty w biogeny, ale nieprzepuszczający i nie retencjonujący wody mursz. Cenną roślinność zastępuje roślinność pospolita, głównie zbiorowiska nitrofilne (np. pokrzywowiska), obszar torfowiska zarasta drzewami i krzewami.

Najczęściej pojawiającymi się potrzebami i odpowiadającymi im działaniami z zakresu renaturyzacji są m.in. wymienione poniżej przypadki. Jeżeli:

- olsy wysychają, należy doprowadzić tam wodę lub zlikwidować przyczyny jej odpływu,

- las łągowy ulega grądowieniu, gdyż pozbawiany jest naturalnych zalewów, bo dno ciek na skutek prostowania i czyszczenia koryta uległo obniżeniu, działania powinny prowadzić do podniesienia rzędnej dna, naturalizacji, zamulania, tworzenia zatok i zatorów, wprowadzaniu ostróg z naturalnych drzew, lub ostróg ożywionych itp. w rezultacie powinno się z czasem doprowadzić do odtworzenia procesu czasowych zalewów terenu,

- wyprostowano naturalne cieki, umocniono brzegi uniemożliwiając meandrowanie, pogłębiono koryto i osuszono łąki i mokradła, odcięto ciek od terenów zalewowych wałami, powinna być prowadzona częściowa deregulacja i reanturyzacja ciek, inicjowanie meandrowania, wypływanie, tworzenie siedlisk, pozostawienie cieków samym sobie, pozwolenie na zarastanie itp.

- torfowisko jest silnie przesuszone na skutek odprowadzania wody rowami, to podstawowe działania powinny prowadzić do likwidacji rowów lub podniesienia w nich poziomu wody.

Oczywiście w zmineralizowanym torfowisku proste przytamowanie odpływu i doprowadzenie wody do murzu nie przyniosą pożądanego efektu. Dlatego działania muszą być kompleksowe i dostosowane do sytuacji miejscowej, a przede wszystkim **konieczne jest przyjęcie dewizy, że zaawansowane procesy renaturyzacyjne są długotrwałe i nie powinny być wprowadzane na zasadzie działań rewolucyjnych, lecz konsekwentnych działań ewolucyjnych poddawanych bieżącej ocenie i modyfikowanych w zależności od efektów.**

Sformułowane cele i odpowiadające im działania określone na podstawie analiz powinny być wprowadzane „małymi krokami”, ale nie wolno tracić z oczu tego, co było pierwotnym celem podjęcia działań.

Przykład: koncepcja ochrony Bagna Ciemino w Nadleśnictwie Szczecinek

Za strategiczny cel ochrony przyjęto *zachowanie kompleksu ekosystemów zasiedlonych przez bobry i porośniętych brzezina bagienną na zalesionym torfowisku wysokim typu bałtyckiego, wraz z ekosystemami na gruntach mineralnych otaczającymi torfowisko.*

Cele operacyjne:

1. Powstrzymanie degradacji torfowiska przez powstrzymanie jego antropogenicznego odwadniania;
2. Zmniejszenie transpiracji z powierzchni torfowiska i popraw warunków rozwoju gatunków runa typowych dla torfowisk wysokich i borów bagiennych;
3. Zachowanie fragmentów półnaturalnych łąk typową dla nich florą;
4. Pozwolenie na spontaniczne unaturalnianie się składu i struktury ekosystemów leśnych na gruntach mineralnych;
5. Zachowanie istniejących stanowisk cennych roślin oraz zabytków kultury;

Zaplanowane działania ochronne:

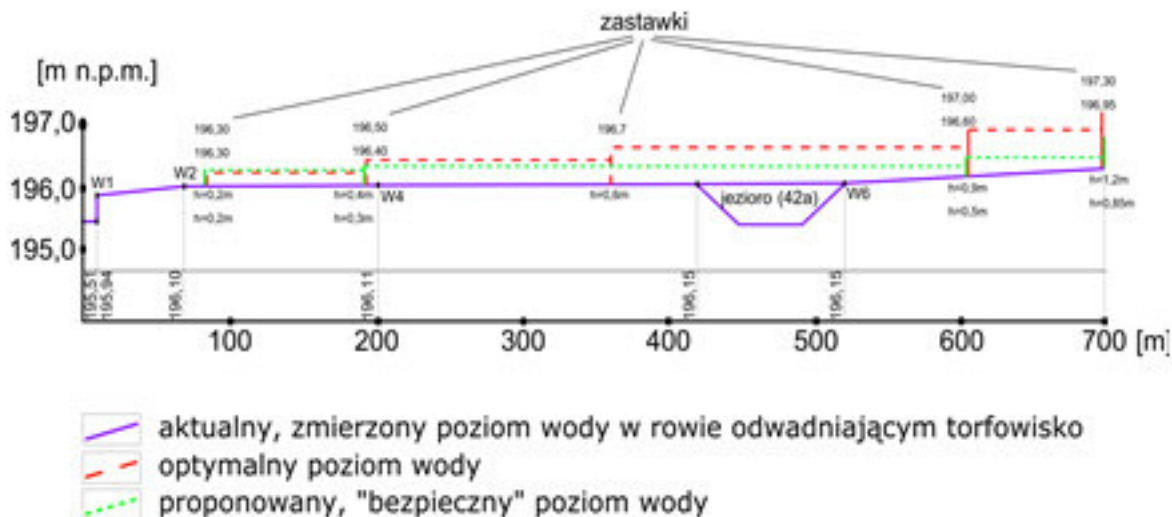
- budowa drewnianych przegród hamujących odpływ wody rowami oraz zasypywanie odcinków rowów;
- usunięcie na powierzchni ok. 100 ha podszytów i podrostów brzoźowych i świerkowych z borów bagiennych – celem ograniczenia transpiracji;
- usunięcie 50% drzew z centralnej części torfowiska, dla powiększenia powierzchni pozostałości bezleśnego mszaru;
- czynną ochronę łąk w odpowiednim rytmie.

Za Paweł Pawlaczyk „Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu” M. Herbichowa, P. Pawlaczyk, R. Stańko str. 61-62.

W związku z powyższym, działania renaturyzacyjne należy wprowadzać etapowo, np.:

- usunięcie częściowe lub całkowite świerka/sosny (ścięte drzewa można użyć do zasypywania rowów likwidowanych, część drzew można uśmiercić jako stojące przez obrączkowanie),

- powiększanie luk w drzewostanach otaczających chronione torfowiska,
- stopniowe podpiętrzanie wody w dwóch kolejnych latach i ewentualne niewielkie korekty w projekcie (można przyjąć zasadę że w trzech kolejnych latach nie może dojść do zmiany poziomu lustra wody o więcej niż 1m)
- inicjowanie zamulania i zarastania cieków, meandrowanie i spowalnianie ostrogami cieków wyprostowanych.
- odtworzenie fragmentów grobli.



Przykład ostrożnego podejścia do podpiętrzania wody na mokradle z renatury zacji prowadzonej przez Klub przyrodników w rezerwie „Jeziorka Chrościckie” – rys P. Włodarczyk na podstawie „Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu” M. Herbichowa, P. Pawlacyk, R. Stańko str. 121

W każdym przypadku rekomendowane jest stopniowe prowadzenie likwidacji odwadniania i nawadniania mokradeł oraz kompleksowy monitoring stanu mokradeł i efektów działań ochronnych obejmujący obserwację zmian roślinności i stosunków wodnych. Ten ostatni element, taki jak badanie temperatury (pozwala stwierdzić m.in., czy są to wody podziemne, czy opadowe itp.) i poziomu wody jest bardzo ważny, gdyż daje niezbędne do wnioskowania tło dla badania zmian roślinności. W praktyce stosuje się kilkanaście /kilkadziesiąt (zależnie od rozległości mokradła) piezometrów i rejestratorów badających w sposób ciągły zmiany poziomu wody. Monitoring powinien być rozpoczęty wcześniej (przynajmniej rok) przed podjęciem działań. Warto dodać, że po przeprowadzeniu inwentaryzacji monitoring zmian nie musi być wyczerpujący i może mieć charakter działań uproszczonych identyfikujących gatunki wskaźnikowe, skale zmian arealu itp.

W określanych celach ochrony warto w przypadku cieków i rowów na mokradłach także uwzględnić, potrzebę przemieszczania się fauny wodnej, zarówno dennej, jak i ryb.

Karygodne są przypadki oczyszczania i odmulania cieków i rowów w celu zbudowania przytłumienia o stałym poziomie piętrzenia tworzonego po to, by retencjonować wodę (progi, opóźniacze odpływu na rowach). W żadnym wypadku tego rodzaju koryto nie powinno być czyszczone. Prowadzi to do przyspieszenia odpływu, a więc jednocześnie realizowane są sprzeczne działania. Jedynie w przypadku piętrzeń regulowanych, typu zastawki szandorowe i jazy okresowo otwieranych do poziomu dna, czyszczenie rowów bywa uzasadnione, lecz są to w kontekście ochrony mokradeł sytuacje rzadkie i kontrowersyjne.

Należy podkreślić, że **na terenie wielu mokradeł występuje nierównomierne zaawansowanie procesów degradacji. Są obszary, gdzie ekosystem jest dobrze zachowany i takie, gdzie zaszły**

już procesy nieodwracalne lub trudno odwracalne. Takie zróżnicowanie sytuacji ma miejsce często na torfowiskach. Dość często w torfie tworzą się zapadliska w pobliżu rowów melioracyjnych, a w innych miejscach torfowce rozwijają się prawidłowo. Inwentaryzacja powinna identyfikować takie miejsca i odpowiednio dobierać metody działania do miejsca w torfowisku. Zazwyczaj przyjęcie jednej reguły dla całego obszaru nie jest celowe. Tym bardziej w omówienie wcześniej powolne wprowadzanie działań ochrony czynnej i obserwacja zamian są ważną zasadą postępowania.

Niestety możemy spotkać także **mokradła całkowicie zdegradowane**. Takie obszary dotyczą zazwyczaj poniższe problemy:

- stały niski poziom wód gruntowych poniżej 1m pod powierzchnią gruntu,
- silnie zmineralizowana, głęboka warstwa murszu,
- eutroficzne zbiorowiska roślinności zdominowane przez pokrzywę lub mozgę trzcinową,

Jest to trudna sytuacja i nie zawsze renaturyzacja tych obszarów jest celowa. Zgodnie z tym, co powiedziano wcześniej znacznie łatwiej na torfowiskach jest działać, gdy do całkowitej degradacji nie doszło, ale z kolei odtworzenie lasów łęgowych nie jest już takie trudne. Wszystko zależy również od stosunku kosztów do oczekiwanych efektów przyrodniczych.

W Lasach Państwowych podejmowane są bardzo ciekawe próby odtworzenia całkowicie zdegradowanych obszarów torfowisk. Przykładowo na Czarnym Torfowisku w Nadleśnictwie Lębork zastosowano eksperymentalne metody usunięcia warstwy murszu i transplantacji torfowców. Taką decyzję uzgodnioną z RDOŚ podjęto, gdyż 20 lat po zakończeniu gospodarczej eksploatacji torfowiska naturalna regeneracja roślinności torfowiskowej nie nastąpiła. Dopiero na przygotowanym przez człowieka podłożu przesadzony torfowiec przyjął się i zaczął „pracować”.

Na koniec warto dodać, że w każdym przypadku mokradeł, a szczególnie torfowiska, jak również zbiorników wodnych z gospodarki leśnej powinna zostać wyłączona strefa buforowa dojrzałego drzewostanu, która nieużytkowana stanowić będzie ekoton tworzący bezpieczną strefę przejścia pomiędzy dwoma typami środowisk. Pasy naturalnego drzewostanu powinny wynosić około 30-50 m.

a) Budowa zastawek, progów, stopni i innych przytamowań na rowach, sztucznych ciekach lub ciekach naturalnych w znacznym stopniu uregulowanych

• Zastawki

To proste urządzenia piętrzące posiadające możliwość regulacji poziomu w zależności od okresowych potrzeb nawadniania lub odwadniania danego obszaru. Zazwyczaj regulacja poziomu odbywa się przez dokładanie lub ujmowanie desek szandorowych z możliwością całkowitego okresowego odstąpienia od piętrzenia wody.

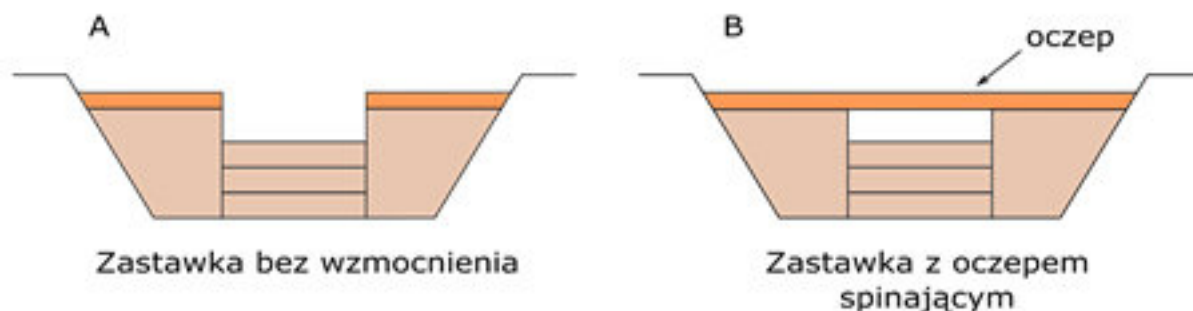
Przy projektowaniu zastawek należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku, dlatego to rozwiązanie powinno być stosowane jedynie na rowach i sztucznych ciekach prowadzących wodę stale lub okresowo. W uzasadnionych przypadkach również na ciekach naturalnych w znacznym stopniu uregulowanych dopuszcza się stosowanie zastawek tj. zamknięć szandorowych z możliwością stopniowania poziomu piętrzenia.

Zastawki wymagają jednak ciągłego nadzoru i napraw (często są niszczone lub uszkodzane przez ludzi lub czynniki naturalne) oraz obsługi (regulacja przepływu) wynikającej z szerszego planu i monitoringu przyrodniczego danego terenu.

Zastawki na obszarach mokradłowych zazwyczaj stosowane są jako element kompleksowych rozwiązań, gdzie na różnych odcinających cieków i rowów stosuje się także przytamowania o stałym poziomie piętrzenia (prog i stopnie) lub/i odcinkowe zasypywanie rowów.

W budowie tych prostych urządzeń popelnianych bywa wiele błędów. Spokojnie płynąca rowem woda w czasie średnich lub niskich stanów bywa myląca, przez co siła naporu wody na zastawkę w czasie wezbrań bywa niedoceniana. Spotyka się dość wysokie konstrukcje tego typu na znacznych rozmiarów rowach, gdzie właściwie mamy już do czynienia z drewnianym jazem mocno narażonym na napór czołowy. Podobnie, na skutek błędów występuje erozja dna i skarp poniżej zastawki wywołwana przez wodę przelewającą się przez urządzenie. Dobrym przykładem ubezpieczenia dna i skarp poniżej zastawki jest realizacja pokazana na lewym zdjęciu w tabeli poniżej z Nadleśnictwa Ruszów.

Sugerowanym rozwiązaniem jest wyposażenie tego typu konstrukcji w poziome belki poprzeczne na szczycie ścianek (oczep spinający wiążący konstrukcję) z dwóch stron (niekolidujące z manewrowaniem szandorami) wzmacniające konstrukcję przeciw czołowemu naporowi wody. Rysunek B poniżej pokazuje takie rozwiązanie.



Rys. K.Guzek, P.Włodarczyk

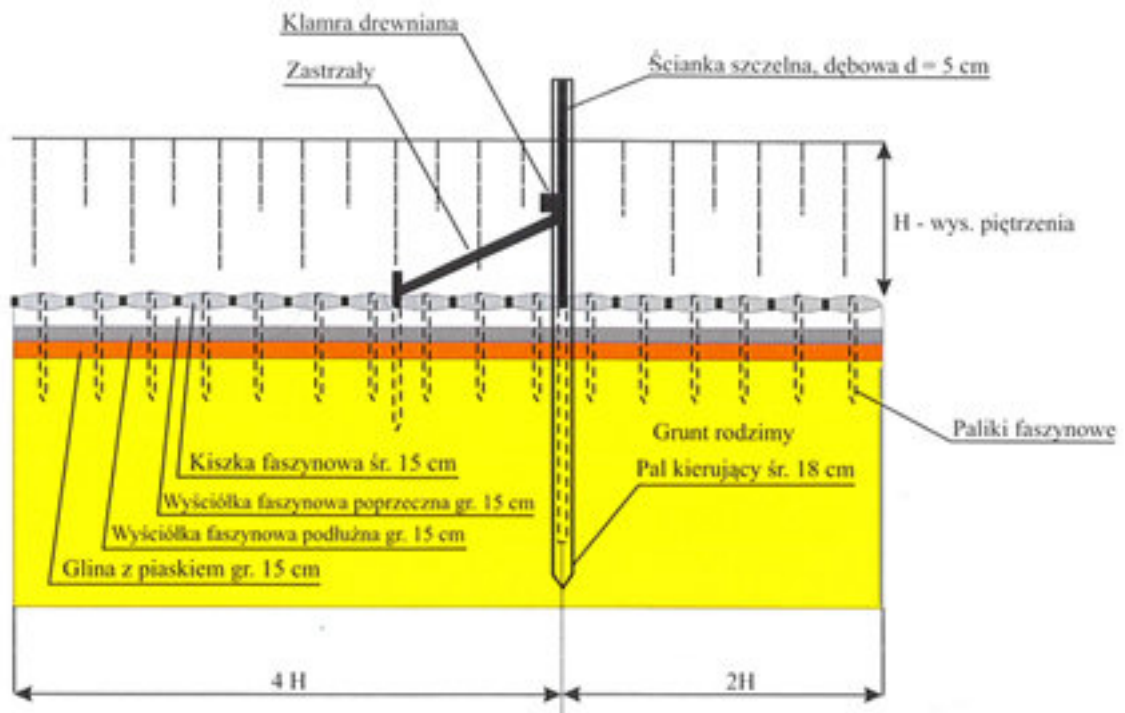
Takie wzmocnienie oczepem będzie m.in. ograniczać wyginanie się zastawki w łuk, jak na zdjęciach poniżej.



Nawet małe zastawki ulegają naporowi wody jeśli pozbawione są wzmocnień zastrzałem, oczepem i podparciem od dołu umocnieniem. Fot. Z. Filipek Źródło: Archiwum CKPS

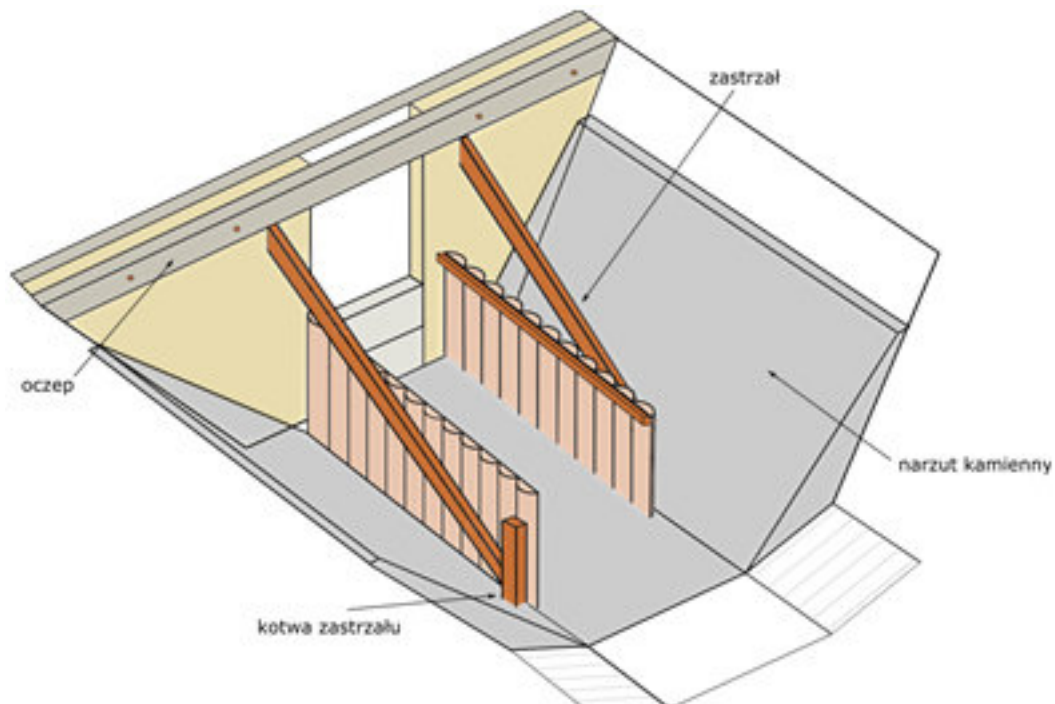
W przypadku budowy zastawek na torfach, warto zwrócić uwagę na konieczność wbijania ścianki szczelnej na znaczną głębokość, gdyż zarówno odpływ, jaki dopływ wody do mokradeł nie ogranicza się do wód powierzchniowych (zasilanych głównie opadami), ale odbywa się przez warstwy wodonośne. Zasadniczo ścianka szczelna powinna dojść do warstw nieprzepuszczalnych.

Podobnie, szczególnie na gruntach organicznych, konieczne są co najmniej zastrzały stabilizujące zastawkę od strony wody dolnej. Zastrzał, pod kątem około 45 stopni, powinien na styku z gruntem opierać się o pal wchodzący w grunt na tyle mocno by stabilizować zastrzał i nie pozwolić na jego przesunięcie. Należy zwrócić uwagę by woda przelewająca się przez zastawkę nie podmyła miejsca styku zastrzału z gruntem.



Przekrój podłużny zastawki umocnionej od strony wody dolnej zastrzałami. Źródło: M. Habichowa, P. Pawlaczyk, R. Stańko „Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu”

Można też, przynajmniej częściowo ubezpieczyć od strony wody dolnej ścianki szczelne narzutem kamiennym lub/i palisadą wbitą w dno wzdłuż cieku, zabezpieczającą jednocześnie zastrzał przed podmyciem. Rysunek poniżej pokazuje wszystkie rodzaje omawianych wzmocnień zastawki.

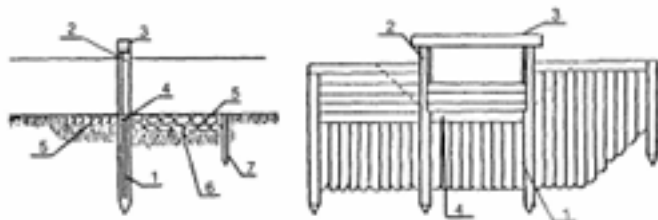


Rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.

Zastawka drewniana

Opis zalecanych rozwiązań

Konstrukcje z drewnianej ścianki szczelnej. Pale środkowe (odrzwiowe) połączone oczepem, przy większych piętrzeniach podparte zastrzałami. Próg z kaptura połączony na wpust ze ścianką szczelną. Stanowisko górne i dolne umocnione narzutem kamiennym na materacu faszynowym lub geowłókninie zakończony palisadą.



Jazy zastawkowe stosowane do małych piętrzeń (Żbikowski 1961):

- 1 - ścianka szczelna
- 2 - pal środkowy (odrzwiowy)
- 3 - oczep
- 4 - kaptur ścianki szczelnej (próg)
- 5 - narzut kamienny
- 6 - materac faszynowy
- 7 - palisada z okrągłaków



Zastawki w N-ctwie Ruszów

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,5-0,6 m, szerokość dna cieku < 1m. Ścianka musi być zabita dostatecznie głęboko, aby nie dopuścić do podmycia budowli.

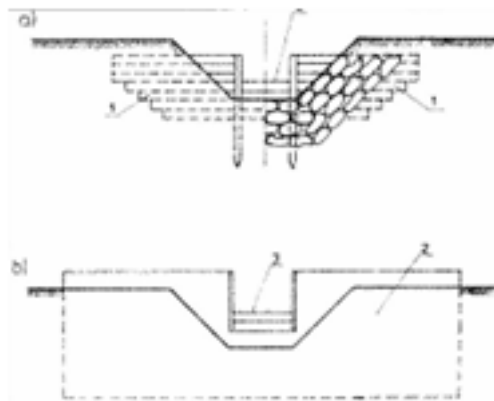
Efekty w środowisku

Piętrzenie wody na uregulowanych ciekach i rowach, zbiornikach bocznych. Zwiększenie retencji gruntowej. Blokowanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi (inicjowanie zarastania i zamulania się rowów), zamknięcia zbiorników bocznych. Na ciekach naturalnych urządzenie będzie tworzyć barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych.

Inne typy zastawek

Opis zalecanych rozwiązań

Zastawki z desek, tworzyw sztucznych i blachy - zalecane do zastosowań w gruntach organicznych, głównie na torfach wysokich



Zastawki (Mioduszewski 2003):

- a) z bali drewnianych
- b) z płyty metalowej
- 1 - bale drewniane i worki wypełnione piaskiem lub piaskiem wymieszany z torfem
- 2 - płyta metalowa
- 3 - zamknięcie szandorowe

Uwagi

Zalecane do zastosowań w gruntach organicznych, gdzie konieczne jest głębokie wejście w grunt zarówno dla utrzymania stateczności budowli oraz by ograniczyć filtrację wody obok przegrody – do stosowania na uregulowanych ciekach i rowach.

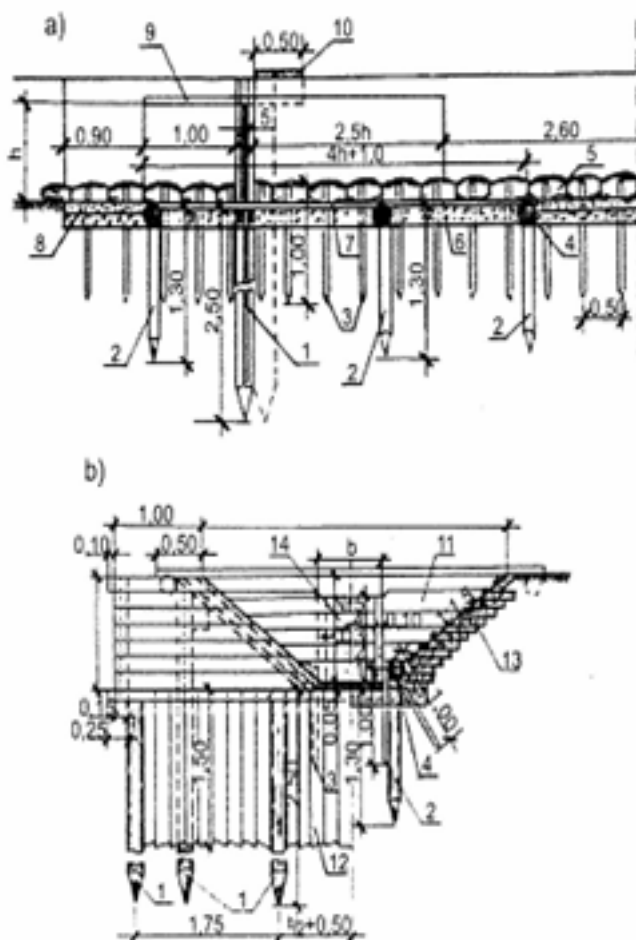
Efekty w środowisku

Zwiększenie retencji gruntowej, renaturyzacja torfowisk. Blokowanie odpływu wody na rowach odwadniających (inicjowanie zarastania i zamulania się rowów).

Zastawka drewniana stosowana na torfach

Opis zalecanych rozwiązań

Zastawka drewniana z przelewem trapezowym. Ścianka szczelna z kleszczami zakończona jest czopem, na którym osadza się słupy zastawkowe. Na wbite pale nakłada się następne oczepy, do których przybija się dylinę drewnianą. Konstrukcja piętrzy wodę na wysokość 0,8m, światło wynosi 0,4-1,0m. Podnóże skarpy umacnia się opaską faszynową, natomiast pozostałą część darnią.



Zastawka drewniana stosowana na torfach (Jędryka 2006):

a) przekrój podłużny
b) przekrój poprzeczny

- 1 - ścianka szczelna
- 2 - pal podporowy
- 3 - szpilka
- 4 - okrągłak
- 5 - kieszka faszynowa
- 6 - glina z piaskiem
- 7 - „podłoga” drewniana
- 8 - faszyna
- 9 - dylina drewniana
- 10 - kładka
- 11 - przyczołek
- 12 - ścianka szczelna
- 13 - darnina
- 14 - szandor z belek pionowych

Uwagi

Maksymalne piętrzenie do 1,5m, szerokość dna cieku < 1m. Stosowane do małych piętrzeń, głównie na torfach.

Efekty w środowisku

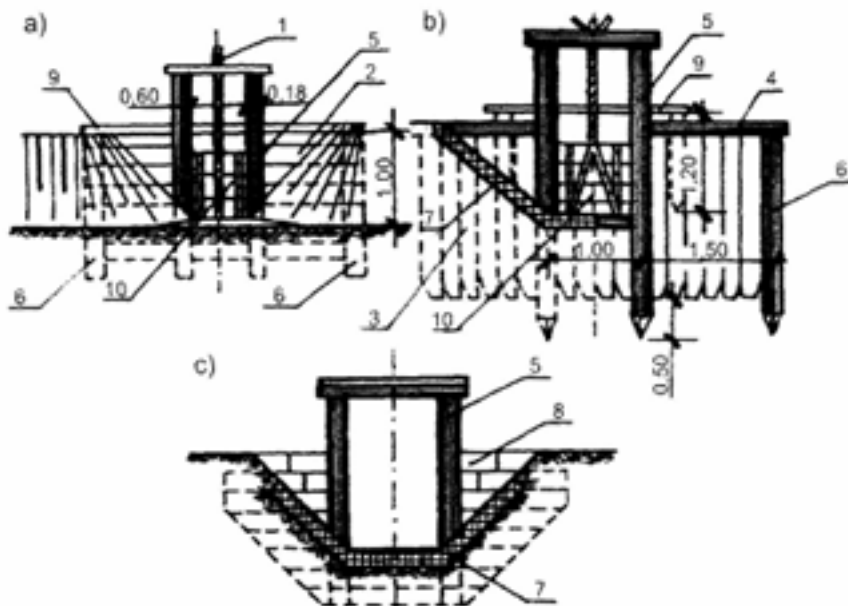
Piętrzenie wody na uregulowanych ciekach i rowach. Zwiększenie retencji gruntowej, renaturyzacja torfowisk. Blokowanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi (inicjowanie zarastania i zamulania się rowów).

Jazy drewniane zastawkowe

Opis zalecanych rozwiązań

Konstrukcje w postaci ścianki drewnianej lub kamiennej, składające się z części stałych i ruchomych (kładka konieczna do obsługi budowli). Regulowany poziom wody. Stanowisko górne i dolne umocnione warstwą gliny, deskami lub narzutem kamiennym. Na większych sztucznych ciekach możliwość zastosowania kilku przesł z ruchomymi zamknięciami.

(patrz także – Zastawki).



Jazy zastawkowe stosowane na małych ciekach (Żbikowski 1961):

- a) z bali poziomych
- b) z bali pionowych
- c) ze ścianki kamiennej

- 1 - drążek
- 2 - ścianka z belek poziomych
- 3 - ścianka z belek pionowych
- 4 - oczep
- 5 - belka ograniczająca otwór
- 6 - słup podporowy
- 7 - umocnienie dna
- 8 - ścianka kamienna
- 9 - kładka
- 10 - zamknięcie zastawki

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,6 m, szerokość dna cieku < 1 m, stosowane do małych piętrzeń.

Efekty w środowisku

Zwiększenie retencji gruntowej, renaturyzacja torowisk. Blokowanie odpływu wody na rowach odwadniających (inicjowanie zarostania i zamulania się rowów).

• Progi, stopnie i gurty

Nowe budowle progowe i stopnie dopuszcza się do stosowania **tylko w przypadku rowów odwadniających, sztucznych cieków** lub na uregulowanych ciekach naturalnych, w celu uzyskania retencji korytovej oraz uzyskania lub utrzymania poziomu wód na przyległych obszarach. W przypadku uregulowanych cieków naturalnych podpiętrzenia muszą być tworzone w celu renaturyzacji tych cieków lub terenów, na które poziom wody w cieku ma wpływ. Inaczej prowadzi to do jeszcze większego stopnia sztucznego przekształcenia cieku.

Wszelkie zabiegi renaturyzacyjne dotyczące obszarów mokradłowych charakteryzują się oddziaływaniem na rozległy teren. Muszą to być zatem rozwiązania kompleksowe, umiejętnie kształtujące stosunki wodne za pomocą dobrze dobranych punktowo elementów. W celu podniesienia poziomu wód należy stosować różnego rodzaju przytłumienia (progi, stopnie, bystrza, zastawki) w układach grupowych funkcjonalnie powiązanych. Na danych odcinkach rowów i ich dopływach można stosować zabudowę kaskadową stopni, progów i zastawek oraz ziemnych przytłumień.

W reanturyzacji obszarów mokradłowych często wybieranymi rozwiązaniami są progi, stopnie i bystrza zamiast zastawek. Rozwiązania te mają swoje zalety wynikające z bezobsługowości i solidności konstrukcji oraz odporności na wandalizm. Stosowane mogą być przede wszystkim w terenie, gdzie oczekiwane jest uzyskanie relatywnie stabilnych stosunków wodnych i preferowany poziom wód jest łatwy do określenia. Jednak w niektórych sytuacjach stały poziom piętrzenia może być niewystarczający, więc często stosuje się układy mieszane z zastawkami. W przypadku cieków naturalnych lub rowów, którymi mogą migrować ryby budowle piętrzące o stałym poziomie piętrzenia powinny mieć postać bystrzy.

W budowie prostych progów popełnianych bywa wiele błędów. Spokojnie płynącą rowem woda w czasie średnich lub niskich stanów bywa myląca, przez co siła naporu wody na próg w czasie wezbrań bywa niedoceniana. Spotyka się progi wygięte w łuk co jest skutkiem braku podparcia go ubezpieczeniem od strony wody dolnej. Podobnie, na skutek błędów występuje erozja dna i skarp poniżej progów wywoływana wodą przelewającą się przez urządzenie. Prowadzi to do utraty

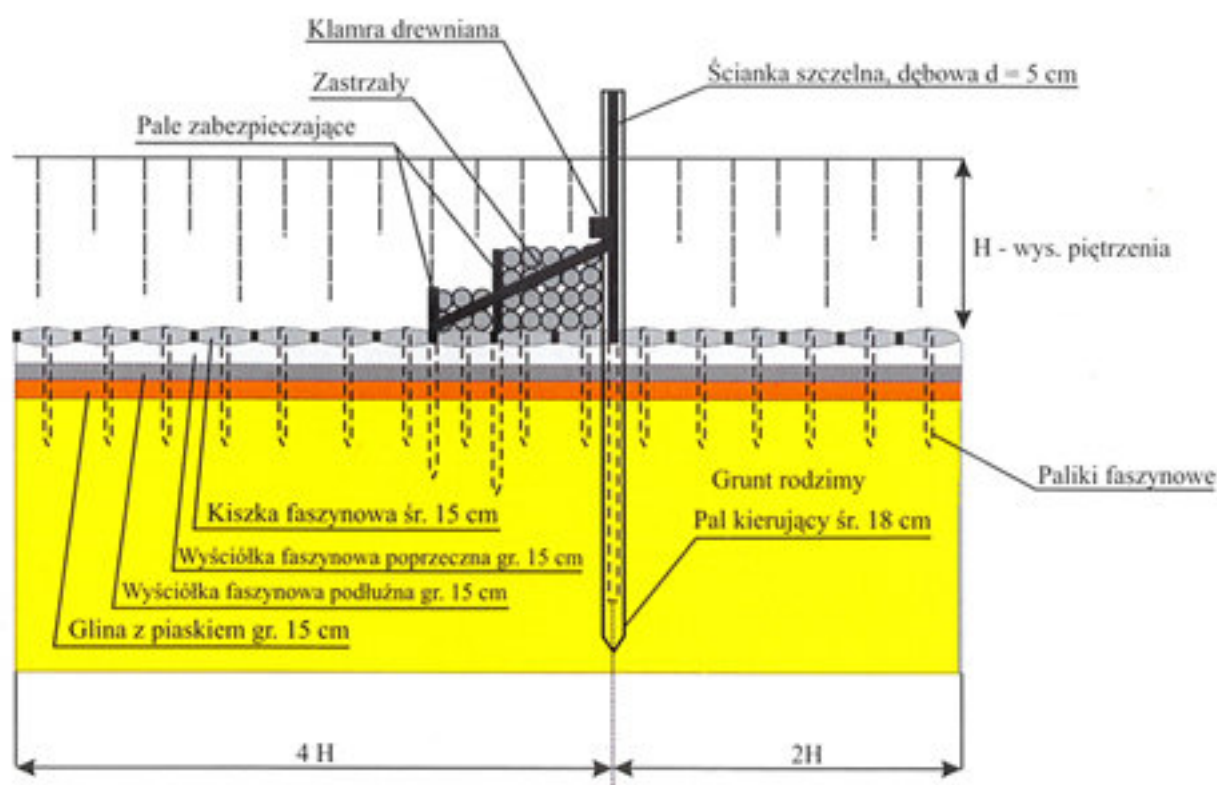
stateczności konstrukcji, a w skrajnych przypadkach do wyrwania ścianki szczelnej ze skarp. (Przeciwdziałaniem może być zastosowanie oczepu spinającego ścianki analogicznie jak na rysunkach przy zastawkach.) Obrazują to poniższe zdjęcia



Próg wygięty pod presją naporu wody. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Widoczna erozja dna i skarp prowadząca do osłabienia konstrukcji. Źródło: Archiwum CKPŚ

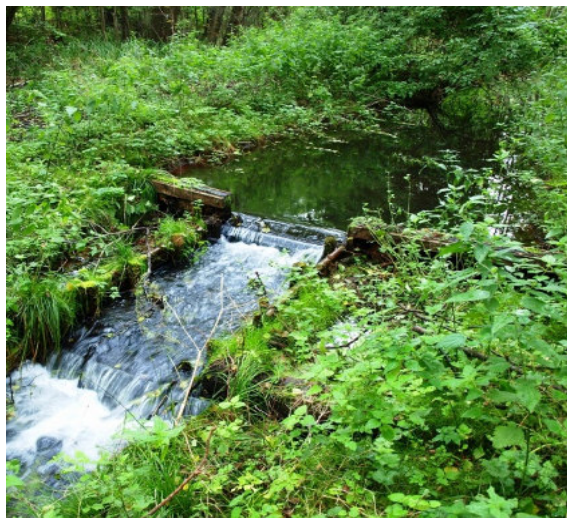
Częściowo konstrukcje wzmocni oczep, ale i zastarzały (koniecznie oparte o pionowy palik) pokazane przy omawianiu konstrukcji zastawek. Jednak podstawowym elementem wzmocnienia stateczności konstrukcji progu jest solidne podparcie go od strony wody dolnej. Tego typu rozwiązanie pokazuje poniższy schemat.



Przekrój podłużny przegrody o stałym poziomie piętrzenia umocnionej od strony wody dolnej. Źródło: M.Habichowa, P.Pawlaczyk, R.Stańko „Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu”

Podobne, lecz inne rozwiązanie prezentuje zdjęcie poniżej. Widoczny na lewym zdjęciu poniżej próg podparty jest drugim progiem z niższą ścianką szczelną i boczną palisadą (wzdłuż koryta). Wypad poniżej wyższego progu jest mało szorstki. Umocnienie go narzutem kamiennym dałoby dodatkowy

efekt natleniania wody. Brakuje podparcia/ ubezpieczenia poniżej progu dolnego. Cała konstrukcja (bardzo bliska do konstrukcji omawianej niżej grodzy ziemnej) jest odporna na presję wody górnej i erozję poniżej.



*Próg z dwiema ściankami szczelnymi, ubezpieczony palisadą boczną, przelew pomiędzy ściankami, brak ubezpieczenia progu dolnego od strony wody dolnej. Fot. Z. Filipek.
Źródło: Archiwum CKPS.*



*Próg z dwiema ściankami szczelnymi, wypełniony ziemią – brak ubezpieczenia progu dolnego od strony wody dolnej.
Źródło: „Natura a gospodarka wodna” P.Kowalczyk, P.Niezanński, R.Stańko, F.M.Mas, M.B.Sanz, 2009 r.*

Bardzo ciekawe rozwiązanie oparte na jednej ale solidnie ubezpieczonej ściance szczelnej stanowi poniższe rozwiązanie. Ścianka szczelna ubezpieczona jest narzutem kamiennym i palisadą utrzymującą całą konstrukcję wypełnioną w środku ziemią zarówno od strony wody dolnej jak i górnej.



*Dobrze ubezpieczony próg z pojedynczej ścianki szczelnej.
Fot. Z. Filipek. Źródło: Archiwum CKPS.*

Ze względów omówionych powyżej (trwałość i bezpieczeństwo budowli) oraz w celu ułatwienia migracji ciekami organizmom wodnym polecanym rozwiązaniem jest podpieranie progów łagodnym bystrzem. Budowa bystrzy wydaje się być najtrwalszym rozwiązaniem tego typu. Jednak również bystrza trzeba konserwować, gdyż zarastają roślinnością, w tym siewkami drzew, zmieniając warunki przepływu wody.



*Piętrzenie stałe – ścianka szczelna podparta bystrzem.
Źródło: Archiwum CKPŚ.*

Warto dodać, że głębokość wbijania ścianek szczelnych przy piętrzeniach tego typu (analogicznie jak w przypadku zastawek) powinna być uzależniona od rodzaju gleb i możliwości odcięcia warstw wodonośnych i ograniczenia filtracji w otoczeniu obiektu.

W przypadku dążenia do całkowitej likwidacji rowu wskazane jest odcinkowe jego zasypywanie (jako najskuteczniejsza metoda) zamiast stosowania progów na równi z poziomem gruntu przyległego. Niemniej jednak, w niektórych przypadkach (np. trudności z dowiezieniem ziemi na dany obszar) stosowane mogą być punktowo progi, wykonywane z materiałów naturalnych, w celu zainicjowania zarastania. Konstrukcje te zakładane są z założeniem, że po zaniku rowu drewniana konstrukcja progę będzie mogła z czasem ulec rozkładowi.



Zarastający rów odwadniający dzięki zastosowaniu przytamoń ziemno-drewnianych – Nadleśnictwo Szklarska Poręba. Źródło: Archiwum CKPŚ



Próg drewniany na rowie odprowadzającym wodę z torfowisk po zboczu oraz rumosz drzewny wrzucany do rowu celem przyspieszenia zarastania – Nadleśnictwo Świeradów. Źródło: Archiwum CKPŚ

Konstrukcje progowe na ciekach sztucznych mogą także utrwalać dno na projektowanej wysokości, mogą je także podnosić. Wówczas rzedna progę nie musi być wyższa od pierwotnego poziomu wody (sytuacja ta pokazana jest na rycinie: *Próg ze ścianki szczelnej*). Mają one wówczas działanie antyerozyjne, przeciwdziałające trwałemu obniżeniu się poziomu wód gruntowych na przyległym terenie. Tego typu progi sięgają zwykle od brzegu do brzegu, przy czym korona progę przy brzegach powinna być wyższa niż pośrodku (tzw. przelew na małą wodę).

Podobne zadanie mają inne konstrukcje poprzeczne (np. bale wkopane w dno, rząd kamieni, palisady) stabilizujące dno, o wysokości równej z dnem, nazywane **gurtami**. Różnica w odniesieniu do progów jest taka, że gurdy stosuje się zapobiegawczo, gdy poziom dna jest jeszcze prawidłowy, lecz rodzaj podłoża może ulec łatwo erozji, zaś progi w sytuacji, gdy proces erozji jest już zaawansowany.

Próg drewniany z przelewem

Opis zalecanych rozwiązań

Podstawowy budulec to deski z frezem (tzw. *własne pióro*), grub. 4-5cm, szer. 10-15cm, dł. 1,5-2m, wbite na głębokość co najmniej 0,8-1m. Ścianka musi być szczelna.



więcej informacji na stronie Klubu Przyrodników:

http://www.kp.org.pl/pdf/poradniki/zastawki_rysunki.html lub http://www.ol.d.kp.vel.pl/index_poradniki.html

Uwagi

Wysokość przelewu nie powinna przekraczać 0,5m. Szerokość dna cieku 2-4m

Efekty w środowisku

Piętrzenie wody na uregulowanych ciekach i rowach. Zwiększenie retencji gruntowej. Blokowanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi. Inicjowanie zarastania i zamulania się rowów – próg wykonany z materiałów naturalnych ulegnie z czasem rozkładowi. Na ciekach naturalnych urządzenie może tworzyć barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych.

Próg drewniany ze wzmocnieniem

Opis zalecanych rozwiązań

Podstawowy budulec to deski z frezem (tzw. *własne pióro*), grub. 4-5cm, szer. 10-15cm, dł. 1,5-2m, wbite na głębokość co najmniej 0,8-1m. Ścianka musi być szczelna. Od wody dolnej kaskada z okrąglaków. Większe przepływy i piętrzenia ponad 0,5m.



www.kp.org.pl

Uwagi

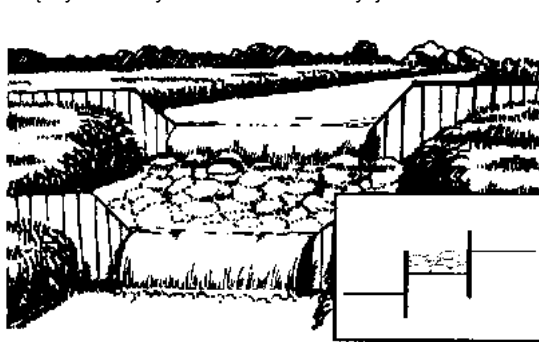
Wysokość przelewu do 0,80m, szerokość dna cieku powyżej 4m.

Efekty w środowisku

Piętrzenie wody na uregulowanych ciekach i rowach. Zwiększenie retencji gruntowej. Blokowanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi. Inicjowanie zarastania i zamulania się rowów – próg wykonany z materiałów naturalnych ulegnie z czasem rozkładowi. Na ciekach naturalnych urządzenie może tworzyć barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych.

Opis zalecanych rozwiązań

Dwie ścianki szczelne drewniane (deski z frezem tzw. własne pióro, grub. 4-5cm, szer. 10-15cm, dł. 1,5-2m, wbite na głębokość co najmniej 0,8-1m). Pomiędzy szczelnymi ściankami ułożony jest narzut kamienny.



www.kp.org.pl

Uwagi

Wysokość przelewu maksymalnie do 1,0m. Na większych ciekach można budować kaskady z dwóch lub więcej pięter.

Efekty w środowisku

Piętrzenie wody na uregulowanych ciekach i rowach. Zwiększenie retencji gruntowej. Blokowanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi. Inicjowanie zarastania i zamulania się rowów – próg wykonany z materiałów naturalnych ulegnie z czasem rozkładowi. Na ciekach naturalnych urządzenie może tworzyć barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych.

Przytłumienie ziemne

Opis zalecanych rozwiązań

Częściowe zasypanie rowu na niepełną jego wysokość. Można zwiększyć wysokość piętrzenia poprzez zastosowanie ścianki szczelnej drewnianej (np.: drewno dębowe na torfach), umieszczonej w środku budowli.



Fot. 1



Fot. 2

(M. Goździk) Źródło: Archiwum CKPŚ

Wysokość piętrzenia 0,2-0,3 m, ze ścianką szczelną do 1,0 m (fot. 2). Zastosowanie na niewielkich ciekach w celu spiętrzenia wody.

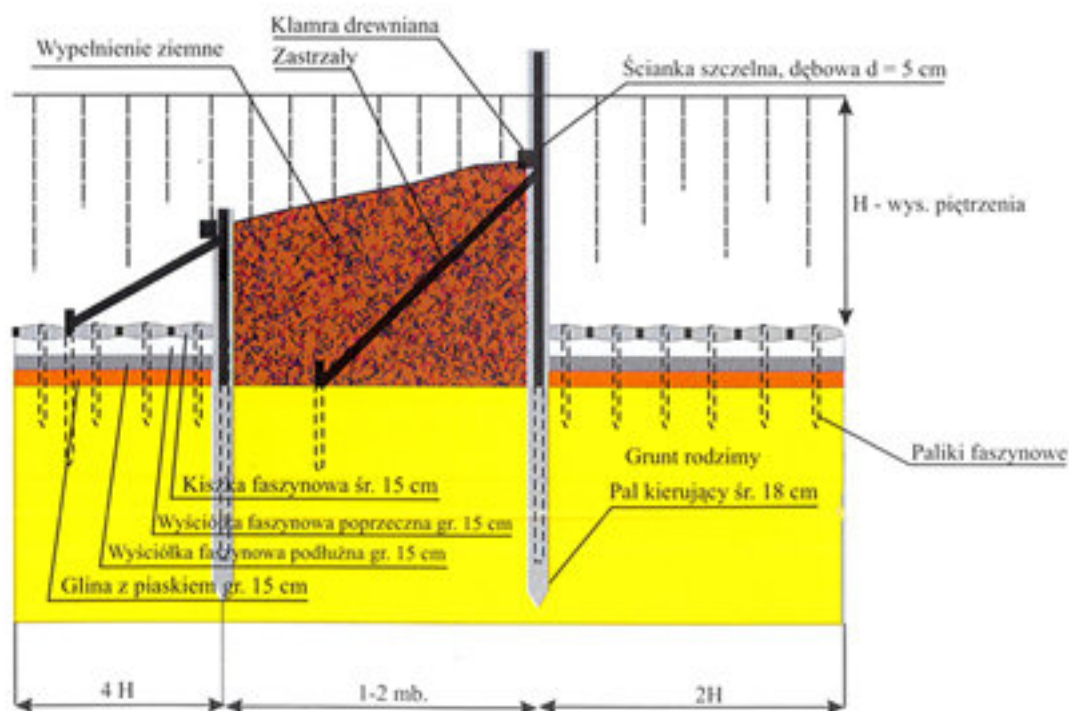
Efekty w środowisku

Blokowanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi. Inicjowanie zarastania i zamulania się rowów.

Grodza ziemna

Opis zalecanych rozwiązań

Konstrukcja do stosowania na rowach nie prowadzących stale wody. Woda przelewająca się górą przez grodzę może wymyć materiał z przegrody. Ziemia pomiędzy ściankami z materiału rodzimego.



Przekrój podłużny przegrody drewniano-ziemnej umocnionej od strony wody dolnej. Źródło: M.Habichowa, P.Pawlaczyk, R.Stańko „Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu”

Alternatywnie można zastosować zasypanie odcinków rowu do 10-15m długości ze ścianką z bali drewnianych z obu stron oraz korytkiem z desek do odprowadzenia ewentualnego nadmiaru wody.

Uwagi

Stale zablokowanie rowów o niłym i okresowym przepływie. Szczególnie polecane do blokowania rowów na torfowiskach. Przykładowa wysokość przytłamowania 1,5m, szerokość dna cieku 0,7m. Alternatywnie można stosować także całkowite zasypywanie rowów.

Efekty w środowisku

Jest to dobra metoda ochrony i renaturyzacji odwadnianych rowami torfowisk oraz borów i lasów na torfach.

Próg z przelewem na małą wodę

Opis zalecanych rozwiązań

Próg z okraglaków (średnicy 8-12cm, 15cm dla cieków powyżej 1m szer. w dnie), długości trzykrotnej szerokości cieku. Dla małych cieków można stosować deski i wiązki faszynowe. Dno umocnione faszyną lub brukiem, brzożki ubezpieczone przez płotkowanie lub darniowanie.



Próg drewniany z przelewem z okrągłaków
(Begemann i Schiechl 1999)

Uwagi

Wysokość przelewu do 0,3m, szerokość dna ciekü 0,5 - 1,5m. Dla zachowania trwałości budowli należy je lokalizować przed lub za łukiem.

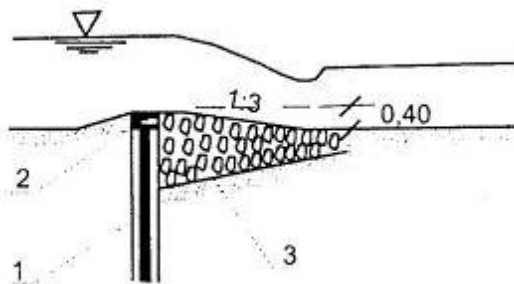
Efekty w środowisku

Taki sposób stabilizacji dna zapewnia ciągłość ekologiczną ciekü także podczas niskich stanów wody (tzw. niżówek).

Próg ze ścianki szczelnej

Opis zalecanych rozwiązań

Budowany z bali drewnianych z kapturem 0,2x0,3m, umocnienie dolne narzutem kamiennym w rowie trójkątnym.



Próg ze ścianki szczelnej (Dębski 1971):

- 1 - ścianka szczelna
- 2 - kaptur oczepu
- 3 - kamień łamany

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2m, szerokość dna ciekü dowolna.

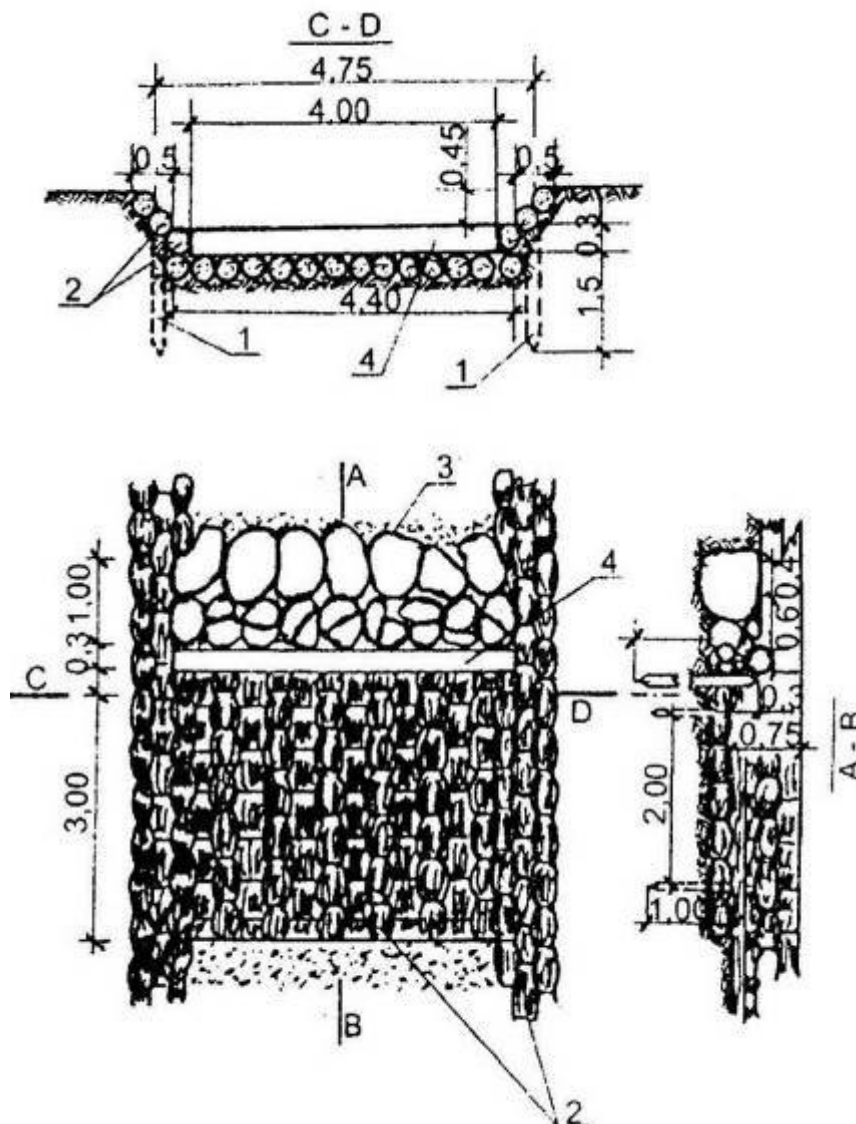
Efekty w środowisku

Przy projektowaniu progów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej ciekü i transportu rumowiska (możliwość powstawania zjawiska erozji poniżej budowli).

Próg drewniano – faszynowy

Opis zalecanych rozwiązań

Próg – belka drewniana \varnothing 15cm, przedproże umocnione kamieniem, wypad i skarpy umocnione kiszkami faszynowymi. Konstrukcja trwalsza i wytrzymalsza od samych konstrukcji drewnianych.



Próg drewniano-faszynowy wys. 0,3m, szer. 4,0m (Dębski 1971)

- 1 - pal
- 2 - kieszka faszynowa śr. 30cm i dł. 3,0m
- 3 - kamień umacniający przedproże
- 4 - belka progowa (drewniana) śr. 15cm, dł. 1,5m oparta na palach

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2m, szerokość dna cieku dowolna.

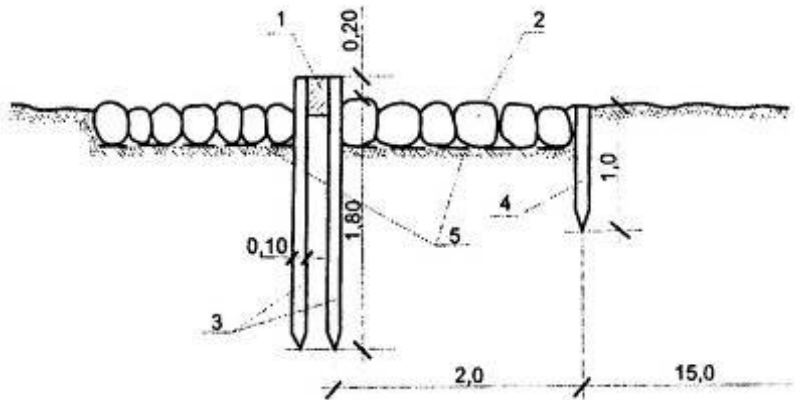
Efekty w środowisku

Budowla często stosowana na obiektach renaturyzowanych. Przy projektowaniu progów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku i transportu rumowiska (możliwość powstania zjawiska erozji poniżej budowli).

Próg drewniany z wypadem kamiennym

Opis zalecanych rozwiązań

Przelew z bali drewnianych, umocnienie poszuru i ponuru z kamienia.



Próg drewniany z wypadem kamiennym
(Wołoszyn 1994):

- 1 - belka dębowa
- 2 - kamień
- 3 - ścianka szczelna
- 4 - pal
- 5 - włóknina

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2m, szerokość dna cieku < 2m.

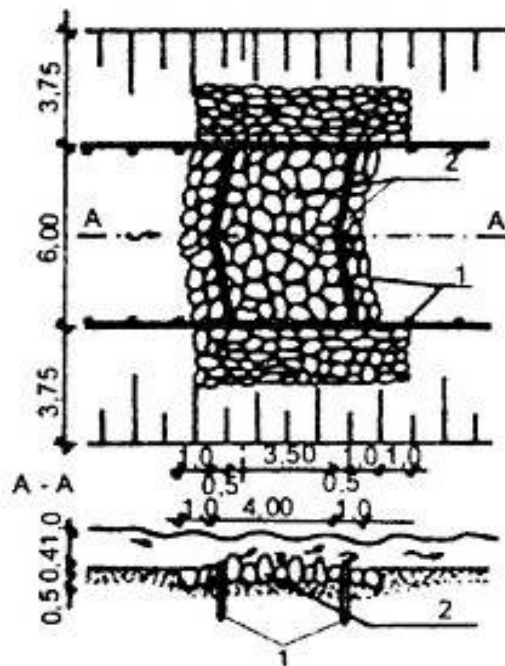
Efekty w środowisku

Przy projektowaniu progów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku i transportu rumowiska (możliwość powstania zjawiska erozji poniżej budowli).

Próg kamienny

Opis zalecanych rozwiązań

Wykonany z kamienia łamanego o średnicy 0,4 – 0,8m. Ubezpieczenie brukowe powyżej i poniżej progów. Zabezpieczenie palisadą drewnianą.



Próg kamienny (Ślizowski 1990):

- 1 - pal drewniany
- 2 - narzut z kamienia łamanego

Uwagi

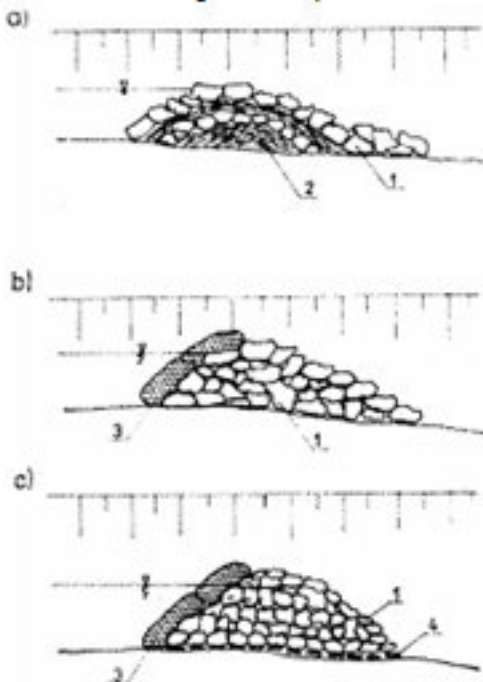
Maksymalne piętrzenie 0,2m, szerokość dna cieku dowolna.

Efekty w środowisku

Przy projektowaniu progów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku i transportu rumowiska (możliwość powstania erozji poniżej budowli).

Opis zalecanych rozwiązań

Wykonany z kamienia łamanego o średnicy 0,4 – 0,8m.



Przykłady progów z kamienia (Mioduszewski 2003):

- a) próg z kamienia i faszyny
- b) próg z kamienia uszczelniony gliną
- c) próg kamienny na geowłókninie

- 1 - kamień o wymiarach 10-20cm
- 2 - faszyna
- 3 - uszczelnienie workami i gliną
- 4 - geowłóknina

Uwagi

Brak regulacji poziomu zwierciadła wody w cieku. Maksymalne piętrzenie 0,2m. Szerokość dna cieku dowolna.

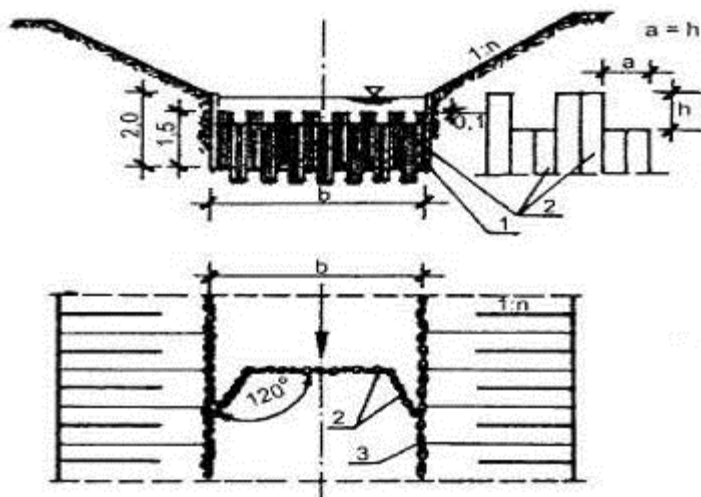
Efekty w środowisku

Proste rozwiązanie, pozwalające na zmagazynowanie wody dla roślin w otoczeniu cieku.

Palisady drewniane

Opis zalecanych rozwiązań

Wykonanie z drewna i faszyny, brak umocnień koryta dolnego i górnego. Pale średnicy 8cm, dł. 1,5m wbite ściśle obok siebie. Zabezpieczenie brzegu płotkami faszynowymi lub palisadą drewnianą.



Palisada w „ząbki” (Jędryka 2006):

- 1 - palek zabezpieczający
- 2 - palisada w tzw. „ząbki”
- 3 - płotek faszynowy

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,3 - 0,4m, szerokość dna cieku < 10m.

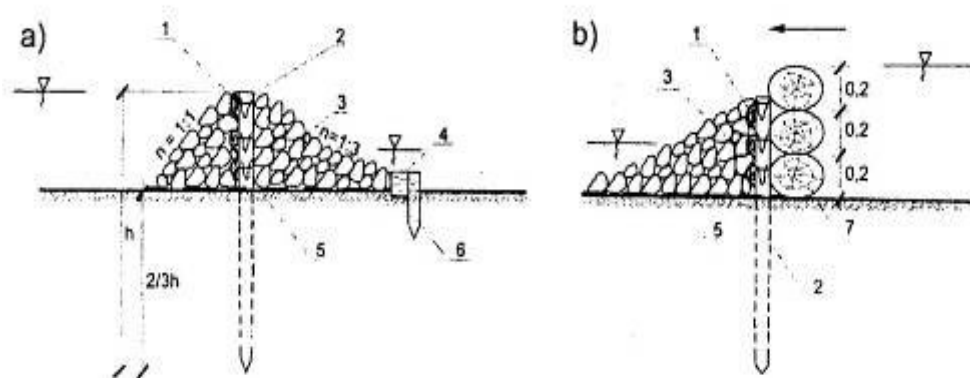
Efekty w środowisku

Podpiętrzanie wody w cieku z równoczesnym rozmyciem dna poniżej budowli. Półpalisady wbite prostopadle lub skośnie względem nurtu, naprzemiennie po obu brzegach cieku stwarzają zmienne warunki przepływu, powodują rozmycie brzegów i urozmaicają trasę cieku.

Progi o konstrukcji mieszanej

Opis zalecanych rozwiązań

Progi wykonywane są z drewna, faszyny i kamienia.



Progi o konstrukcji mieszanej (Jędryka 2001):

- a) z łat drewnianych i narzutu kamiennego
b) z bali drewnianych i narzutu kamiennego:

1 – łata drewniana, 2 – pal, 3 – narzut kamienny, 4 – belka drewniana, 5 – geowłóknina, 6 – palik, 7 – bal drewniany

Uwagi

Trwalsze od konstrukcji drewnianych.

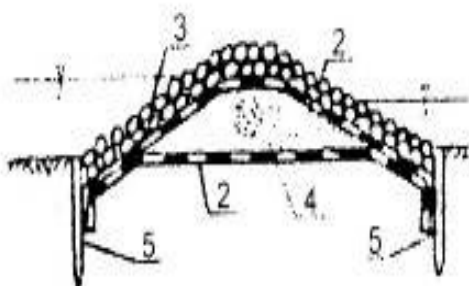
Efekty w środowisku

Przy projektowaniu progów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku i transportu rumowiska (możliwość powstania zjawiska erozji poniżej budowli).

Próg kamienny

Opis zalecanych rozwiązań

Progi wykonywane są z piasku, żwiru, otoczków lub pospółki, umocnionych od góry narzutem kamiennym na włókninie.



Próg z piasku, żwiru lub otoczków umocnionych narzutem kamiennym na włókninie (Jędryka 2006):

- 2 – włóknina
3 – narzut kamienny
4 – piasek, żwir, otoczek lub pospółka
5 – palisada

Uwagi

Maksymalne piętrzenie < 1,5m, szerokość dna cieku dowolna

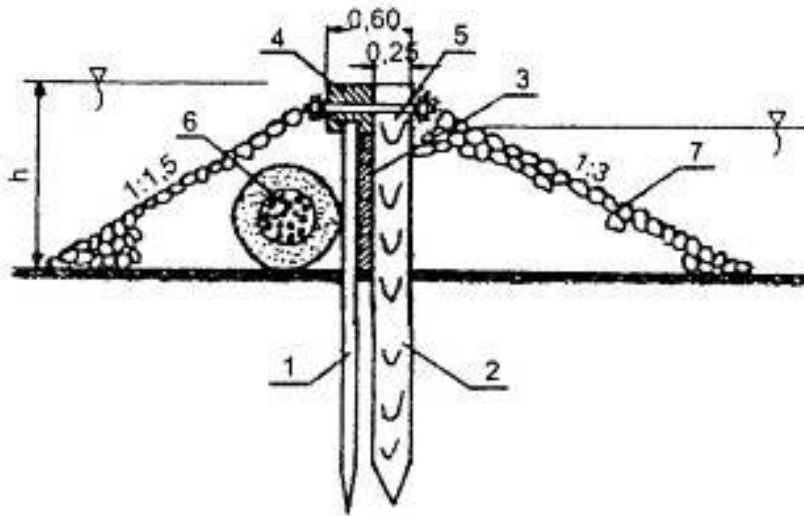
Efekty w środowisku

Przy projektowaniu progów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku i transportu rumowiska (możliwość powstania zjawiska erozji poniżej budowli).

Próg z walców faszynowo - kamiennych

Opis zalecanych rozwiązań

Progi wykonywane są z drewna, faszyny i kamienia. Stała wysokość piętrzenia, umocnienie dolne narzutem kamiennym na geowłókninie.



Próg z walców faszynowych i narzutu kamiennego (Wołoszyn 1994):

- 1 – ścianka szczelna
- 2 – pał
- 3 – belka drewniana
- 4 – oczep ścianki szczelnej
- 5 – śruba łącząca
- 6 – walec faszynowo - kamienny lub z włókniny i piasku
- 7 – narzut kamienny

Uwagi

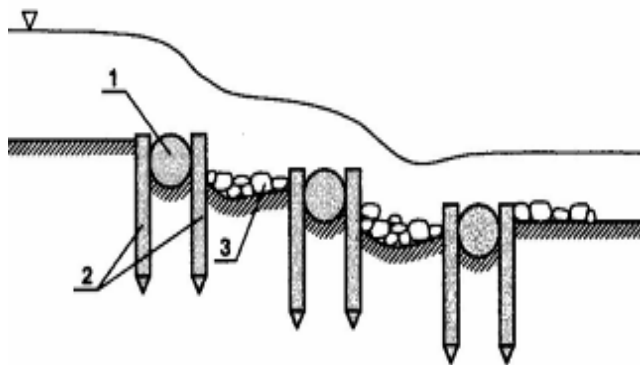
Maksymalne piętrzenie 1,5-2,0 m, szerokość dna cieku dowolna.

Efekty w środowisku

Przy projektowaniu progów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku i transportu rumowiska (możliwość powstania zjawiska erozji poniżej budowli).

Progi stabilizacyjne

Opis zalecanych rozwiązań



Kaskada niskich progów drewnianych lub drewniano-faszynowych (Żelazo i Popek 2002):

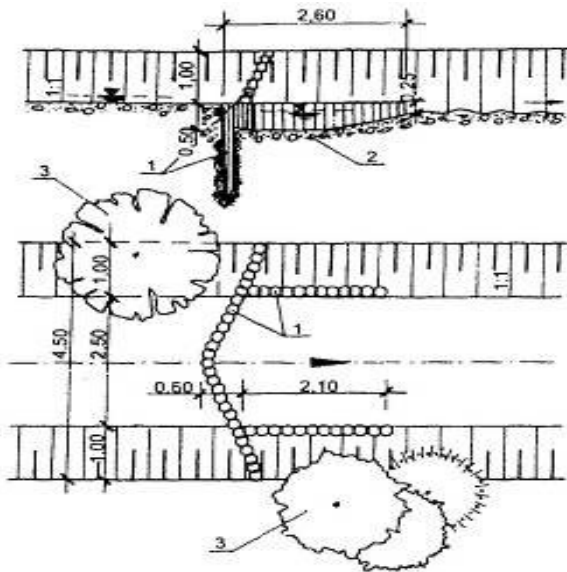
- 1 - bal drewniany (kiszka faszynowa lub walec faszynowy)
- 2 - palisada drewniana
- 3 - narzut kamienny

Efekty w środowisku

Zmniejszenie spadku i stabilizacja profilu podłużnego dna, przy jednoczesnym umożliwieniu swobodnego przemieszczania się organizmów wodnych. Kluczowe jest utrzymanie basenów pośrednich, gdyż z czasem wypełnienie ich rumoszem zamieni progi w stopnie, których pokonanie przez organizmy wodne będzie trudniejsze lub niemożliwe. Między innymi dlatego progi powinny mieć przelewy na małą wodę, którymi nurt wody przepycha część rumoszu przez próg (patrz rozdział: Adaptacja obiektów do zmian klimatu).

Stopień z palisad drewnianych z niecką wypadową

Opis zalecanych rozwiązań



Wykonany z drewna, w korycie dolnym nieumocniona niecka wypadowa, naturalnie wyerodowana.

Stopień z palisad drewnianych
(Kiciński i inni 1988):

- 1 – palisada
- 2 – naturalnie wyerodowana niecka wypadowa
- 3 – nasadzenia roślinne na skarpie

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2m, szerokość dna cieku < 10m, optymalnie 4-5m.

Ze względu na słabą konstrukcję zalecane do stosowania na małych ciekach sztucznych i rowach w gruntach gruboziarnistych, żwirowatych lub otoczkowych. W przypadku dużych ryzyka dużych wezbrań należy dno w niecce wypadowej umocnić narzutem kamiennym. Dla zachowania trwałości stopnia drewno powinno być zaimpregnowane lub stale zanurzone pod wodą.

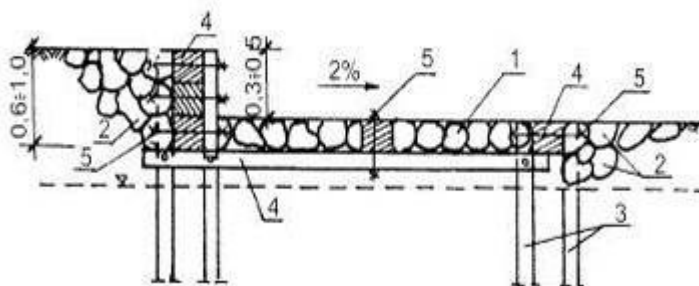
Efekty w środowisku

Oprócz erozji wgłębnej poniżej stopnia, przy braku zastosowania palisady bocznej następuje erozja boczna (poszerzenie koryta), którą należy kontrolować. Przy projektowaniu stopnia należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku.

Stopień o konstrukcji drewniano-kamiennej z umocnionym wypadem

Opis zalecanych rozwiązań

Szkielet budowlany wykonany z drewna, korpus – kamień klinowany, umocnienie koryta górnego i dolnego narzutem kamiennym.



Stopień drewniano - kamienny
(Wotoszyn 1994):

- 1 - kamień klinowany
- 2 - narzut kamienny
- 3 - pal drewniany śr. 15-18cm, dł. 3-4m
- 4 - belki drewniane (poziome 18x20cm i prostopadłe do nich 20x30cm)
- 5 - śruba

Uwagi

Trwałość większa niż budowlanej drewnianej. Nie należy tego typu stopnia budować na naturalnych ciekach, rowach którymi mogą migrować ryby. Dopuszczalne tylko na rowach, którymi nie migrują ryby.

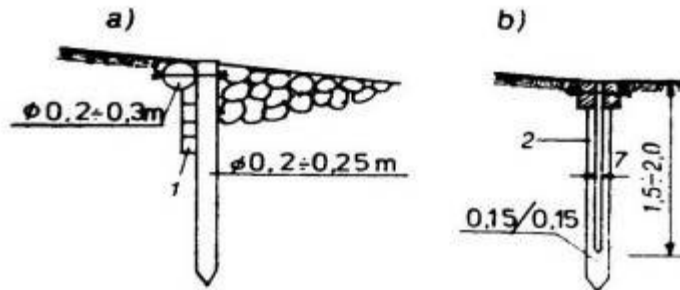
Efekty w środowisku

Przy projektowaniu tego typu stopnia należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku.

Gurty

Opis zalecanych rozwiązań

Budowie poprzeczne obejmujące całą szerokość cieku o koronie pokrywającej się z poziomem średniego dna (nie wznoszące się ponad nie). Gurty stosuje się zapobiegawczo, gdy poziom dna jest jeszcze prawidłowy, lecz rodzaj podłoża może ulec łatwo erozji. Powodem ich budowy jest ochrona albo stosunków wodnych na terenach przyległych, albo są elementami infrastruktury towarzyszącej zbiornikom lub zabudowie podłużnej i poprzecznej przeciwdziałając nieprawidłowemu ich/jej funkcjonowaniu. Gurty mogą mieć różną postać, np. belek osadzonych w dnie, rzędu kamieni lub palisad. W każdym przypadku gurt musi być dobrze zapalowany (umocowany w dnie). Polecanym rozwiązaniem jest także zabezpieczenie antyerozyjne poszuru (miejsca poniżej gurtu) kamieniami (tak jak na rycinie a)



a - gurt z jednego lub dwóch okrągłaków o średnicy 0,2-0,3m i ścianki szczelnej zakładanej (1) z brusów wspartych na palach średnicy 0,2-0,25m

b - gurt ze ścianki szczelnej pojedynczej (2) wbitej na głębokość 1,5-2m, między palami z kantówki od 0,15x0,15m do 0,2-0,2m (Wołoszyn 1994)



Gurt z palisady osadzonej na równo z dnem. Źródło: Archiwum CKPŚ



Gurt ubezpieczający próg – gurt zabezpieczony narzutem kamiennym – rozwiązanie podobne do rys na rycinie a) Źródło: Archiwum CKPŚ

Inne rozwiązania:

Gurt z okrągłaków średnicy 8-12cm (15cm dla cieków powyżej 1m szer. w dnie), długości trzykrotnej szerokości cieku. Dla małych cieków można stosować deski i wiązki faszynowe. Dno umocnione faszyną lub brukiem, brzegi ubezpieczone przez płożenie kamieni lub darniowanie.

Uwagi

Wysokość przelewu równa z dnem cieku, szerokość dna cieku 0,5 - 1,5m. Konstrukcje nośne gurtów powinny być zakotwione w brzegach na minimum 0,5m.

Efekty w środowisku

Służą stabilizacji dna na określonym poziomie w sytuacji zagrożenia erozją wgłębną i obniżeniem poziomu wód gruntowych. W ciekach uregulowanych chronią ubezpieczenia brzegu przed podmywaniem. Zapewniają całkowitą ciągłość ekologiczną cieku podczas dowolnych stanów wody.

b) Zatykanie odpływów i drenaży

Celem dawnych melioracji odwadniających, którym chcemy przeciwdziałać było obniżenie trwałe lub okresowe namiaru wody w profilu gleby. Odwodnienia melioracyjne przeprowadzane były głównie za pomocą rowów otwartych, a rzadziej systemu drenaży. W porównaniu z rowami, zaletą rurociągów dla ówczesnych użytkowników terenu było to, że nie utrudniały komunikacji oraz uprawy gleby na polach,

nie powodowały zmniejszania powierzchni uprawnej, praktycznie nie wymagały konserwacji i prac utrzymaniowych, ale były kosztowną inwestycją.

Na niektórych terenach leśnych możemy spotkać się z całymi sieciami drenarskimi. Powstawały one w różnych okresach i różne były ich metody wykonania. Niekiedy są to jeszcze instalacje przedwojenne wykonane przez ówczesnych gospodarzy terenu, po których nie została żadna dokumentacja. Niejednokrotnie o istnieniu takiej sieci pracownicy nadleśnictwa dowiadują się przypadkowo, gdy przy okazji innych prac lub np. przewrócenia dużego drzewa razem z systemem korzeniowym z ziemi wychodzi cementowy lub gliniany prefabrykat w kształcie rurki.



Typy sączków drenarskich



Źródło: www.cekobr.pl

Są to sączki drenarskie świadczące o tym, że na danym terenie jest cała sieć rurociągów sprowadzająca wodę do określonego punktu - rowu melioracyjnego, ciek naturalnego lub zbiornika wodnego.

Tego typu sieci budowano zarówno w okresie przedwojennym jak i po wojnie głównie w celu uproduktywienia terenów podmokłych. Zazwyczaj chodziło o uproduktywienie rolnicze, więc siecią drenarską były objęte łąki leśne, mokradła, tereny otwarte. Rzadko kiedy sieć drenarska występuje w zwartych kompleksach leśnych, ale są i takie przypadki, np. wówczas, gdy dawniej odwonione łąki leśne uległy samoczynnej sukcesji lub dany teren rolny został zalesiony.

Sieci drenarskie występują zarówno na terenach nizinnych, pogórzu i terenach typowo górskich na zboczach.



Przypadkowo odkryty betonowy zbieracz sieci drenarskiej pod drogą na zdrenowanym w okresie przedwojennym zboczach, obecnie miejscowo porośniętym torfowcem (dawne uproduktywienia terenu) – Nadleśnictwo Wałbrzych – Źródło: Archiwum CKPŚ.

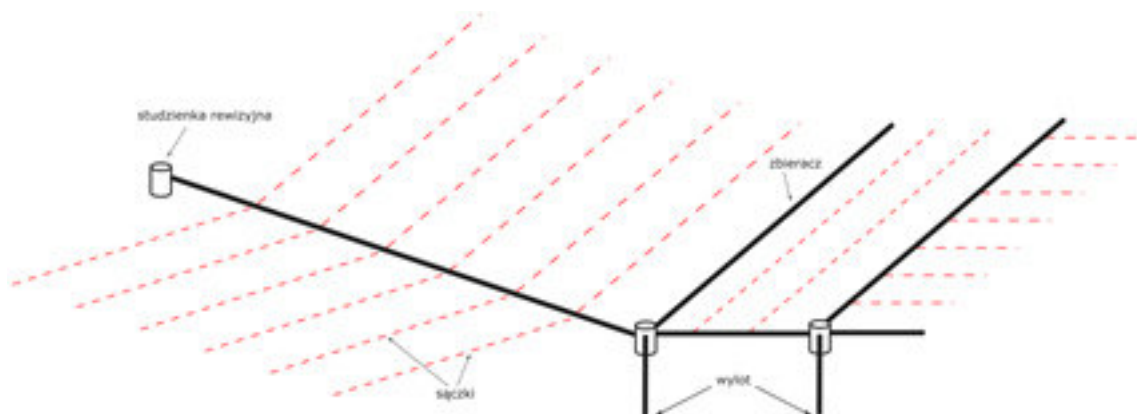


Widok zdrenowanego zbocza, w korzeniach karp drzew powalonych przez huragan czasem pojawiają się sączki - Nadleśnictwo Wałbrzych – Źródło: Archiwum CKPŚ .

W zależności od rodzaju terenu, jego stopnia nachylenia i rodzaju gleb inne będą metody przeciwdziałania odwodnieniu, jego zmniejszeniu lub całkowitej likwidacji.

By podjąć skuteczne metody przeciwdziałania należy zrozumieć zasady budowy i działania systemu.

Sieć drenarska składa się z rurociągów drenarskich tzw. sączków o małej średnicy i zbieraczy o większej średnicy oraz ze studzienek drenarskich. Sączki zbierają nadmiar wody z przyległego gruntu na całej swej długości i odprowadzają do zbieracza, czyli większego rurociągu zgodnie ze spadkiem terenu. Tworzą sieć rozgałęzień zazwyczaj o równoległym przebiegu i równomiernych odległościach co kilka lub kilkanaście metrów. Ze zbieracza woda rurociągiem o większej średnicy odprowadzana jest do rowu, ciekłu lub zbiornika.



Przykładowy schemat sieci drenarskiej.
Rys. K. Guzek, P. Włodarczyk

Całą sieć układa się zwykle poniżej poziomu zamarzania. Rurociągi odprowadzające budowało się z rur kamionkowych, betonowych czasem, żeliwnych, a na rurociągi odsączające zwykle używane są rurki z wypalanej gliny. Materiały te w coraz większym stopniu zastępowane są rurociągami z tworzyw sztucznych. Niemniej jednak stare instalacje są bardzo trwałe. Okres działania sączków drenarskich z gliny wynosi około 50 lat, ale są przypadki instalacji ponad 100 letnich, które nadal działają.

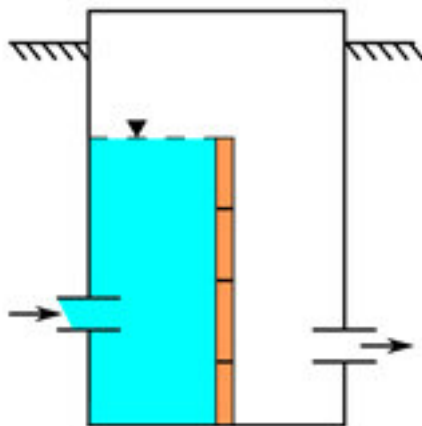
Sączki drenarskie spełniają bezpośrednią funkcję odbierania wody z gleby. W starych rozwiązaniach składają się one z rurek drenarskich z wypalanej gliny, o średnicy kilku centymetrów i długości 33 cm (zdjęcia powyżej). Co bardzo istotne taki rurociąg zbiera wodę na całej swojej długości, a nie tylko na końcu. Rurki ceramiczne ułożone są na równym dnie wąskiego rowka drenarskiego czołowo i bardzo ściśle, tak aby szczeliny między nimi nie przekraczały 1,5 mm. To właśnie przez te szczeliny wnika w rurociąg odsączający woda. Powstawanie większych szczelin w rurociągu powoduje dostawanie się do niego drobnych cząstek ziemi i szybkie zamulenie. Sączki drenarskie układa się z nachyleniem w kierunku zbieraczy, a zbieracze do wylotu systemu. Odległości nici sączków i głębokość zależą od warunków glebowych i rzeźby terenu. Na glebach przepuszczalnych np. co 20 m, na cięższych nawet i co 5 m. Na dawnych gruntach omych głębokość sieci drenów wynosi zazwyczaj 0,8 – 1,2 m. sączków Aby system działał, wyloty zbieraczy muszą wystawać ponad wodą przepływającą w rowie, aby nie uległy one zamuleniu.

W związku z powyższym, wybór metody całościowej lub częściowej likwidacji tego typu odwodnienia zależy od wielu czynników. Pierwszą kwestią jest posiadanie planów tego typu instalacji. Od ich dokładności uzależniona jest możliwość określenia w terenie przebiegu całej sieci. W przypadku braku dostępnych planów, gdy na ślad instalacji trafiamy przypadkowo, jedynym rozwiązaniem jest poszukiwanie i określanie przebiegu instalacji łącząc metody kopania, poszukiwania za pomocą sondy oraz poszukiwania odpływu. W przypadku wykopania sączków, wskazują one zarówno głębokość jak i przebieg nici. Wiadomo zatem, że kolejne nici będą równoległe, ale nie wiadomo, w jakiej odległości mogą się znajdować.

By nie rozkopywać zbyt dużych połaci terenu, można posłużyć się metodą szpilowania terenu sondą, czyli około 2m prętem średnicy 1cm. Nakłuwając, można natrafić na kamień, ale jeśli kolejne nakłucia w kierunkach zgodnych z przebiegiem pierwszej nici będą natrafiać na opór na tym samym poziomie to zlokalizowaliśmy kolejną nić. Wówczas znając rozstaw nici poszukiwanie kolejnych staje się łatwiejsze. W celu zlokalizowania zbieracza trzeba kopać wzdłuż nici sączków, ale czasem na jego przebieg może wskazywać rzeźba terenu. Można również posłużyć się metodą szpilowania. Znalezienie odpływu systemu na brzegu rowu, ciek lub zbiornika również może ułatwić odtworzenie układu całego systemu.

Gdy już wiadomo, jak rozległa i jak gęsta jest sieć drenarska, to w odniesieniu do komplementarnych działań, jakie możemy podjąć na rowach otwartych, powinniśmy podjąć decyzję o zakresie prac likwidacyjnych sieci drenarskich. W tym wypadku decydujący wpływ ma ukształtowanie terenu. Na terenach płaskich, gdzie spadki terenu są minimalne, czasem nie jest konieczne wykopywanie instalacji drenarskiej, gdyż jej działanie zostanie zniesione poprzez podniesienie poziomu wody w rowie lub cieku powyżej poziomu otworu wylotowego. Jest to prosta zasada działania naczyń połączonych.

W przypadkach, gdy podniesienie poziomu wody na odprowadzeniu nie jest możliwe (np. ze względu na zbyt duże spadki terenu) można zastosować tuż przed wylotem na zbieraczu (zbieraczy może być kilka) studnię z sztandorami (której zasada działania jest analogiczna do studni w groblach zbiorników i podobna do opóźniaczy odpływu) i w ten sposób uzyskać piętrzenie odcinające całkowicie lub częściowo działanie instalacji. W ten sposób można uniknąć ingerowania w rów/ciek. Schemat takiego rozwiązania przedstawia rysunek poniżej.



Studnia piętząca na zbieraczu przed wylotem.
Rys. P. Włodarczyk na podstawie Mioduszewski 2003.

Jeżeli jednak tego rodzaju rozwiązania niemożliwe są do zastosowania z jakichś względów (np. konstrukcja i stan instalacji, duże spadki terenu) należy wykopać odcinki instalacji. Teoretycznie wydawać by się mogło, że w instalacjach położonych na dużych spadkach wystarczy zatkać wylot lub wyloty. Jednakże, jeśli sieć jest stworzona ze strych prefabrykatów bez systemu kołnierowego, woda prawdopodobnie znajdzie ujście na zbieraczu chwilę wcześniej i prędszej, czy później dojdzie do przebicia hydraulicznego (szczególnie w przypadku większych spadków terenu i rozleglejszych instalacjach, gdy słup wody przy ujściu ma już istotne ciśnienie).

W przypadku decyzji o całkowitym zlikwidowaniu odwodnienia terenu należy rozebrać sieć poprzez wykopanie z ziemi rurociągów zbiorczych. Tam, gdzie to możliwe w miejsce wykopu powinno wsypywać się nieprzepuszczalną glinę. Należy zadbać, też o to, by wykop zasypać na równo z terenem, by rowkiem po wykopie nie płynęła woda. Po likwidacji zbieraczy (całych lub dużych odcinków idąc od ujścia) w ziemi pozostaje rozległa sieć sączków, które jednak nie mają gdzie odprowadzać wody, więc woda gruntowa w nich pozostaje, ale jej poziom w gruncie przyległym zaczyna się podnosić.

W przypadku decyzji o ograniczeniu działania odwodnienia, ale nie całkowitej jego likwidacji, należy pozostawić w gruncie zbieracze, a usunąć niektóre linie sączków, np. pozostawić tylko co drugą nić. Linie sączków można wykopać całkowicie albo rozebrać znaczne ich odcinki, poruszając się od wlotu do zbieracza w górę instalacji. Także i w tym przypadku najlepiej w miejsce wykopu wsypywać materiał nieprzepuszczalny typu glina lub, jeśli go nie posiadamy, dla pewności wykopać jeszcze dłuższy odcinek sączków.

W terenie można także spotkać typ odwodnień oparty na tzw. „sączkach francuskich”, czyli kruszywie lub grubych frakcjach żwiru wsypanym w rowek czasem owinięty w tkaninę. Zasada jego likwidacji jest analogiczna – wykopanie z kierunków od ujścia i zastępowanie materiałem nieprzepuszczalnym.

c) Zасыwanie rowów melioracyjnych

Zасыwanie rowów melioracyjnych stosuje się w przypadku, gdy nie spełniają one właściwie swojej funkcji powodując nadmierne odwodnienie ekosystemów wodno-błotnych i leśnych siedlisk bagiennych oraz siedlisk wilgotnych. Tego typu prace można realizować jedynie jako element szerszej dobrze przemyślanej i skonsultowanej z ekspertami koncepcji renaturyzacji lub ochrony czynnej danego siedliska. Jest to działanie prowadzące do wtórnego nawadniania i zmiany stosunków wodnych istniejących tam czasem od dziesięcioleci. Zawsze powinno być poprzedzone pytaniem, czy nie zniszczymy cennych elementów przyrodniczych, które się tam pojawiały. Szersze wskazówki jak realizować tego typu kompleksowe działania zawarte są w pkt. e) *Doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych*.

Zasypanie (likwidacja) rowu

Opis zalecanych rozwiązań

Zasypanie rowów odwadniających na terenach wodno-blotnych często okazuje się być najskuteczniejszą metodą likwidacji odpływów otwartych. W sytuacji, gdy pozyskanie i dowieszenie ziemi do odcinkowego zasypywania rowu nie nastręcza trudności jest to polecana metoda. W terenach rozległych i trudno dostępnych czasem możliwości dowieszenia, przewiezienia ziemi (powinien to być materiał rodzimy) pojawiają się dopiero po zamarznięciu gruntu. **Uwaga – ziemia używana do zasypywania rowów lub budowy przytamań ziemnych nie może stanowić nośnika gatunków roślin niedostosowanych do tego siedliska lub inwazyjnych.**



Sukcesja roślinna na zablźniającym się rowie i rozpadające się przytamań – skutecznie spełniło swoją rolę – Nadleśnictwo Szklarska Poręba, Źródło: Archiwum CKPS



Efekty odcinkowego zasypywania rowów podnoszące poziom wody na mokradłach – Nadleśnictwo Świeradów, Źródło: Archiwum CKPS

W trudnych przypadkach natomiast można zasypywać rów rumoszem drzewnym pozyskanym z prac pielęgnacyjnych wspomagając proces załadowania rowu wspomaganym wstawianiem plotków/progów/zastawek.



Sukcesywnie zasypywany rumoszem drzewnym i zarastający rów odwadniający – N-ctwo Szklarska Poręba Fot. R.Bartosz

Uwagi

Stosowane do likwidacji rowów, które w szkodliwy sposób odwadniają ekosystemy wodno-blotne i leśne siedliska bagienne i wilgotne. Całkowite zasypywanie rowów jest najskuteczniejszą metodą ich likwidacji. Ze względu na koszty można alternatywnie stosować zasypywanie odcinkowe (grodzia ziemna) i pozostawienie pozostałych odcinków rowu do samorzutnego zaniku. Opóźnia to jednak uzyskanie pełnego efektu ekologicznego.

Efekty w środowisku

Jest to dobra metoda ochrony i renaturyzacji odwadnianych rowami torfowisk oraz borów i lasów na torfach.

d) Budowa opóźniaczy odpływu na rowach

Opóźniacze odpływu

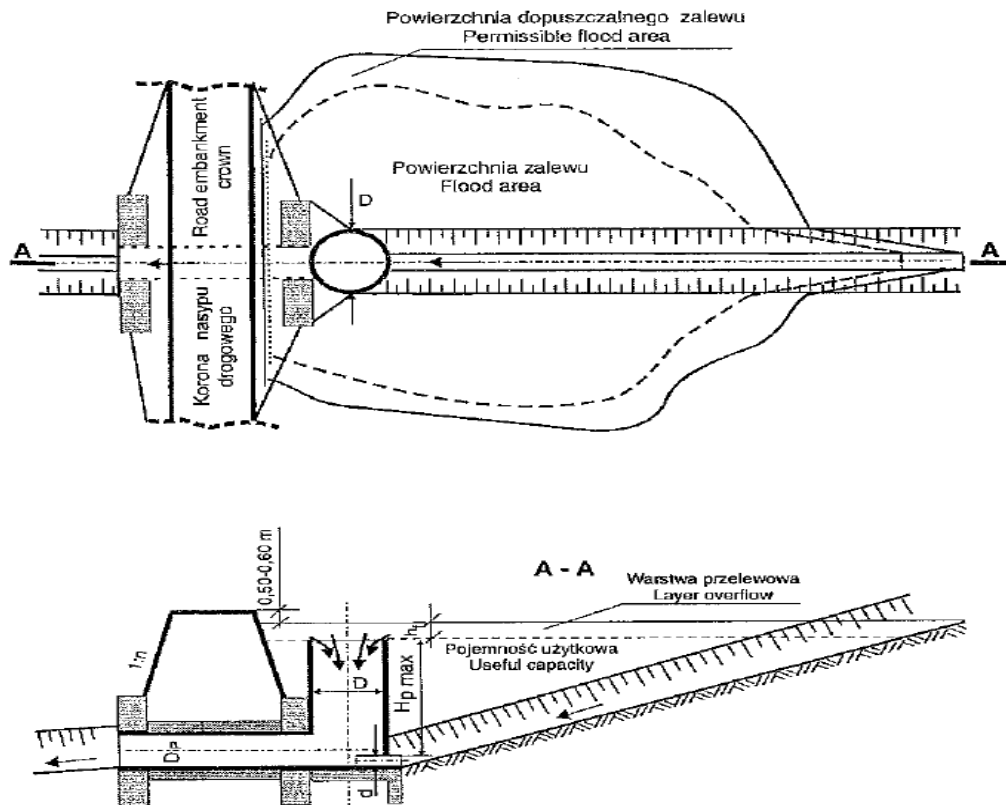
Opis zalecanych rozwiązań

Opóźniacze mogą być stosowane jako elementy piętrzące wodę w rowach melioracyjnych, ale tylko w specyficznych sytuacjach. Na prostych, pojedynczych rowach należy stosować zastawki lub progi/bystrza, ale w przypadku skrzyżowań rowów, a tym bardziej przed przepustami, pod drogami mogą być dobrym rozwiązaniem (prawe zdjęcie poniżej).



Opóźniacze odpływu na rowach w Nadleśnictwie Ruszów fot. R.Majewicz

W takich sytuacjach zalecane jest też umożliwienie okresowego rozlania się wody w niewielki zalew przed przepustem z cofką wzdłuż rowu tak jak na schemacie poniżej. Rozwiązanie to może być z powodzeniem stosowane nie tylko na terenach nizinnych ale i górskich. Doskonale do tego typu zastosowań nadają się rowy melioracyjne prostopadłe, dawne odwodnienia i równoległe rowy wzdłuż dróg. Szczególnie te ostatnie tworzą na terenach nizinnych i górskich niewykorzystany potencjał retencyjny, który w ten sposób można łatwo zagospodarować.



Opóźniacz odpływu, rzut z góry przekrój podłużny (J. Paluch 2005)

(rys. udostępniony przez prof. Juliana Palucha,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)

Efekty w środowisku

Magazynowanie wody w środowisku, zwiększanie retencji, przeciwdziałanie suszy, podniesienie wód gruntowych. Zakazane jest ich stosowanie na ciekach naturalnych.

e) Doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych

W ramach obu projektów podejmowane prace koncentrują się na likwidacji lub ograniczeniu działania systemów odprowadzających wodę z mokradeł, zmierzając do wtórnego ich nawodnienia. Metody stosowane w takich przypadkach omówione są w pozostałych podpunktach w niniejszym rozdziale. Natomiast celowe, bezpośrednie doprowadzenie wody do obszarów mokradłowych rozumiane jako **utworzenie nowej nitki rowu otwartego lub rurociągu**, może być wykonane tylko sporadycznie jeśli jest to niezbędne i wymaga konsultacji z CKPŚ. Podobnie, **czyszczenie zarośniętych, zamulonych rowów**, które mają doprowadzić wodę do mokradła.

f) Adaptacja istniejących systemów melioracyjnych na terenach nizinnych do pełnienia funkcji retencyjnych z zachowaniem drożności cieku dla ryb - budowa bystrzy, umożliwiających migrację ryb.

Odbudowa ichtiofauny w polskich rzekach odbywa się zarówno siłami natury (np. przenoszenie ikry przez ptaki, poszukiwanie miejsc do bytowania przez osobniki młode itp.) jak i wspomagana jest działaniami człowieka (zarybianie). Na skutek obu tych procesów ryby mogą pojawiać się w dość zaskakujących akwenach wodnych, w tym w sztucznych rowach melioracyjnych na terenach nizinnych. W takich przypadkach w zależności od przeznaczenia danego rowu, źródeł wody go zasilających i jej ilości oraz możliwości terenowych można przeprowadzić zaawansowany lub jedynie podstawowy stopień adaptacji rowu do celów retencyjnych.

W przypadku rowu stale prowadzącego wodę i rezerwy terenu przyległego można przeprowadzić zabiegi prowadzące do jego meandryzacji, spowolnienia i spiętrzenia wody. Ten efekt można uzyskać przez budowę zakoli lub/i montaż tanich deflektorów nurtu. Doskonałe efekty naturalizacyjne, może też dać budowa ożywionych ostróg z nasadzeniami wierzbowymi dającymi nie tylko efekt lekkiego podpiętrzenia wody i inicjowania meandryzacji, ale i tworzącymi kryjówki dla ryb. (Metody te opisane są w kolejnym punkcie). Niestety nie w każdym przypadku znaczenie, status i przeznaczenie rowu (w tym praktyki jego konserwacji) umożliwiają takdaleko posuniętą jego naturalizację. Wówczas można poprzestać na prostych deflektorach układanych naprzemiennie.

Jeżeli jednak warunki terenowe i inne czynniki nie pozwalają na inne działania niż piętrzenie wody, wówczas jedynym rodzajem piętrzenia na tego rodzaju rowach mogą być bystrza ze ścianką szczelną (opisane w podpunkcie: *Progi, stopnie, gurdy*).

Tego rodzaju budowie sprawdzają się na rowach nie tylko jako najlepsze rozwiązania dla migracji ryb, ale i najbardziej trwałe konstrukcyjnie. Ścianka szczelna bowiem wsparta jest od strony wody dolnej bystrzem i dzięki temu bardzo odporna zarówno na czołowy napór wody, jaki podmywanie dna i skarp od strony wody dolnej.

Należy zadbać, by dane rowy i cieki, do których one wpadają dawały możliwość łączenia się zamieszkujących populacji z innymi populacjami i migracji do innych odcinków zlewni. Niekiedy działania te będą wymagały kooperacji z samorządami lokalnymi i innymi właścicielami cieków i urządzeń wodnych.

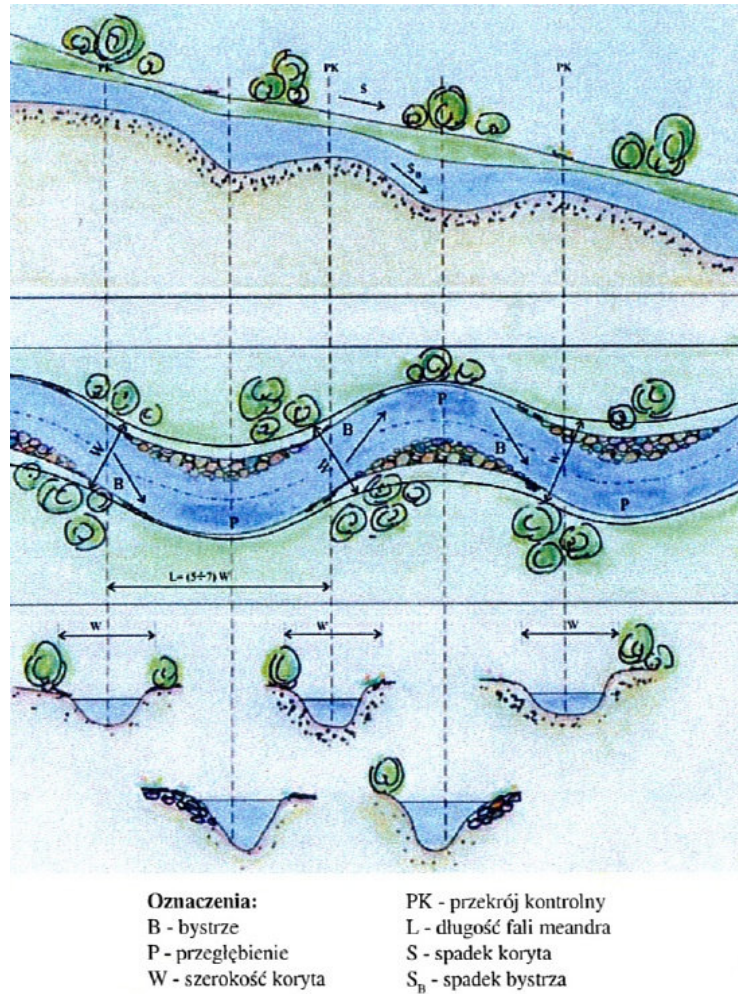
Uwaga - w przypadku tego rodzaju cieków nie wolno na trasie potencjalnych wędrówek stosować opóźniaczy odpływu.

g) Naturalizacja i meandryzacja cieków oraz odtwarzanie terenów zalewowych

- **Naturalny układ koryt rzecznych: bystrze-przegłębienie (szypot-płoso)**

Bystrza (szyputy, przemiały) i przegłębienia (płosa) to naturalne formy występujące w korytach rzek i potoków, są one nierozzerwalnie ze sobą powiązane. W rzekach, gdzie materiał jest przynajmniej wielkości gruboziarnistego piasku, odległości pomiędzy poszczególnymi bystrzami i przegłębieniami

wahają się od 5 do 7 szerokości rzeki. Występując na przemian w ciekach górskich charakteryzujących się znacznym spadkiem oraz grubym materiałem podłoża, odległość pomiędzy bystrzami zmniejsza się i wynosi od 2 do 4 szerokości koryta potoku. Bystrza powstają w miejscach deponowania rumowiska i formowania się łach.



Rys. 7. Układ bystrze – przegłębienie (przemiał-płoso) w rzece o podłożu żwirowym (Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich 2005)

Przegłębienia są idealnym miejscem do składania ikry przez ryby. Bystrza z kolei to miejsca obfitości występującego bentosu (makrobezkręgowców dennych). Dlatego w nowoczesnej regulacji koryt rzecznych odtwarza się naturalne sekwencje morfologiczne dna lub dąży do ich utrzymania.

• Meandryzacja i odtwarzanie terenów zalewowych

Meandryzacja cieków to jedno z bardziej wartościowych przyrodniczo, krajobrazowo i społecznie przedsięwzięć, jakie można realizować w ramach projektów. Najbardziej spektakularne efekty można w stosunkowo krótkim czasie osiągnąć poprzez przywrócenie meandryzacji na naturalnych ciekach, które uległy wyprostowaniu na terenach nizinnych. Meandryzacja poza odtwarzaniem układu szypot-płoso prowadzi także do wydłużenia trasy spływu wody i uzyskania mniejszego spadku hydraulicznego i w efekcie do spowolnienia odpływu.

Nizinne kompleksy leśne i użytki ekologiczne tworzą wspaniałą rezerwę terenową, gdzie można dążyć do przywrócenia naturalnych meandrów cieków różnej wielkości i tworzyć zatoki zastoiskowe, miejsca okresowych wylewów, zbiorniki itp. Tego typu rozwiązania pokazane są w tabelach poniżej. W niektórych przypadkach używa się do utworzenia meandrów ciężkiego sprzętu i po prostu przekopuje się koryto w nowy układ, by nie czekać całe lata na efekty samoczynnych procesów renaturyzacyjnych. W przypadkach dysponowania niewielkimi środkami można ograniczyć się do

wspomagania naturalnych procesów przez bardzo tanie metody tj. tworzenie kamiennych ostróg lub montowanie deflektorów nurtu w postaci kłód drewnianych montowanych w dnie i brzegu. Na szerszych ciekach wsporniki sprawdzają się ostrogi ożywione. Ostrogi mogą być zbudowane z pni drzew, karp, otoczków poprzetykanych sadzonkami wierzby. Wbudowane w brzeg i dno tworzą naturalne ostoje dla organizmów wodnych, kontrolują erozję i transport rumowiska.



Najprostsze deflektory drewniane na wyprostowanym cieku wywołują pożądane zmiany w dnie i na przeciwległym brzegu

Na wyprostowanym cieku, poprzez montaż deflektora, przeciwny brzeg są dość szybko podbierane przez nurt i układ bystrze-przegłębienie otwiera się samoczynnie, oczywiście wymaga to czasu.

W terenach górskich zazwyczaj ukształtowanie terenu ogranicza możliwości meandryzacji cieków, ale w wielu przypadkach zabiegi takie są możliwe do realizacji nawet na stosunkowo dużych ciekach o zmiennej dynamice. Przykład zdjęciowy poniżej.



Deflektory nurtu drewniano-kamiennie w górskim terenie w Nadleśnictwie Piwniczna

Jednymi z ciekawszych rozwiązań są ożywione deflektory i ostrogi łączące metody techniczne z wierzbowymi nasadzeniami. Przykłady tego typu pokazują ryciny w tabelach.

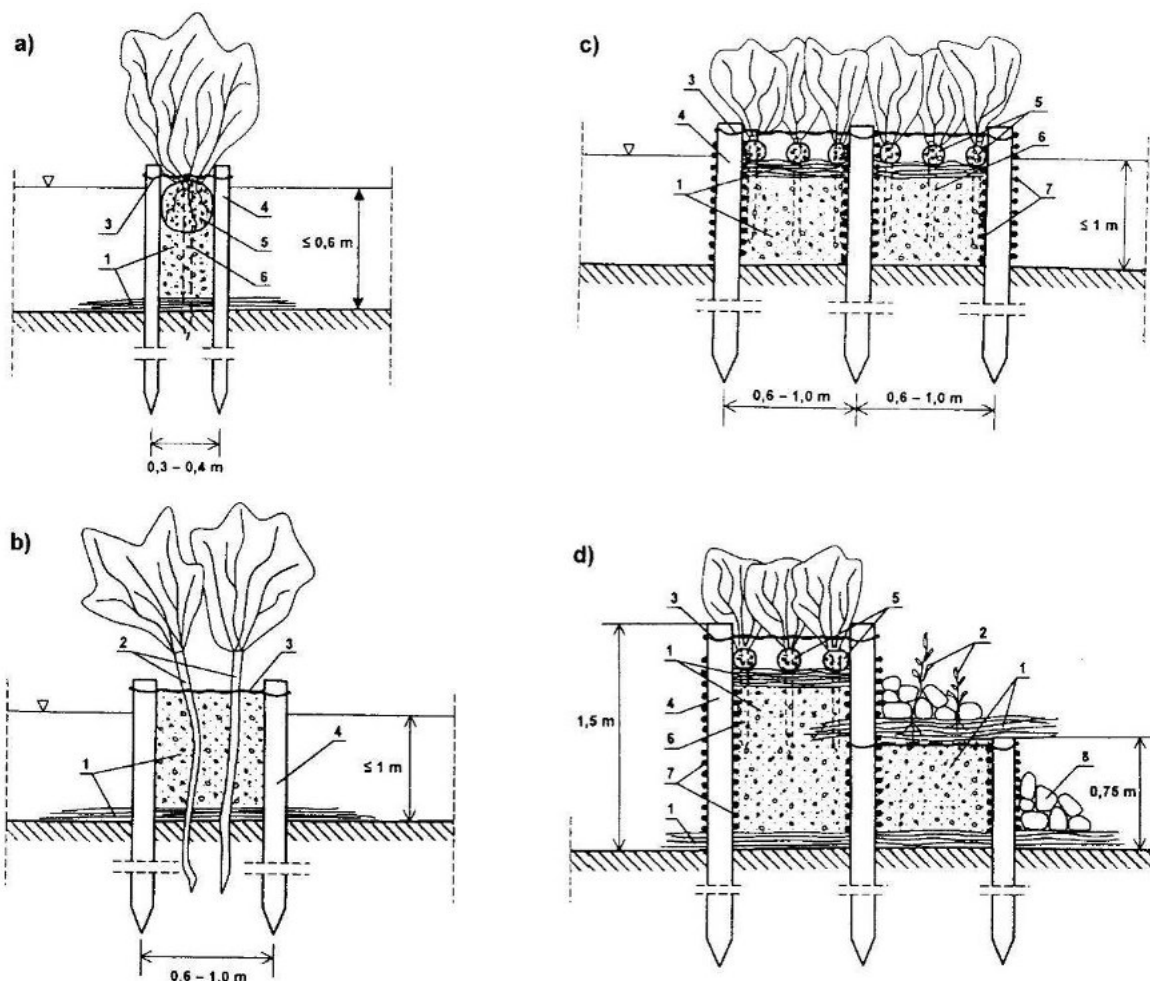
| Nazwa obiektu | Deflektor typu A |
|---|------------------|
| Opis zalecanych rozwiązań | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>DEFLEKTOR TYPU A</p> <p>Okolo 1/3 szerokości koryta rzeki (3-4 m)</p> <p>Trzy kłody ułożone pod kątem 45° do brzozy rzeki</p> <p>Kłodę PRZEZ KŁODĘ</p> <p>Pary kołków mocujących, związane drutem ponad kłodą</p> <p>Sredni poziom wody</p> <p>Istniejący brzeg i koryta</p> <p>Wypełnienie gliną pomiędzy kłodami</p> <p>Kłodę (długość 5 m, ϕ 200-300 mm, rozstawa co 6 m) ułożone na podłożu kamienno-żwirowym (ϕ do 75 mm)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>0 5 m</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno - żwirowym (Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków 2006) wersja ang.: www.therrc.co.uk/rrc_manual_pdf.php</p> | |
| Uwagi | |
| Ostrogi mogą być wykonane także tylko z kamienia lub samych kłód drewna. | |
| Efekty w środowisku | |
| Tworzenie nowych ostoi dla zwierząt, zmiana prędkości i inicjowanie zmian w przekroju poprzecznym koryta. | |

| Nazwa obiektu | Deflektor typu B |
|--|------------------|
| Opis zalecanych rozwiązań | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>PRZEKRÓJ PRZEZ KŁODĘ</p> <p>Kłodę (długość 5 m, ϕ 200-300 mm, rozstawa co 4,5 m) ułożone na podłożu kamienno-żwirowym (ϕ do 75 mm)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>SZKIC SYTUACYJNY</p> <p>0 5 m</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno - żwirowym usytuowane pod kątem ostrym do nurtu. (Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków 2006) wersja ang.: www.therrc.co.uk/rrc_manual_pdf.php</p> | |
| Uwagi | |
| Ostrogi mogą być wykonane także tylko z kamienia lub samych kłód drewna. | |
| Efekty w środowisku | |
| Tworzenie nowych ostoi dla zwierząt, zmiana prędkości i inicjowanie zmian w przekroju poprzecznym koryta. | |

Nazwa obiektu

Deflektory ożywione faszynowo - palowe

Opis zalecanych rozwiązań



Konstrukcje faszynowo - palowe
(Żelazo i Popek 2002)

- a) z kieszką faszynową
b) szkieletowa
c) płotek dwurzędowy
d) płotek dwurzędowy o zróżnicowanej wysokości

- 1 - faszyna martwa
2 - sadzonki wiklinowe
3 - drut mocujący śr. 5mm
4 - pal śr. 8-12cm, dł. 1,5-2,5m, rozstawa co 0,5m
5 - świeża kieszka faszynowa śr. 0,1m
6 - kołek mocujący śr. 3-5cm, dł. 0,6-1,0m co 0,3-0,4m
7 - oplotłka z gałęzi faszyny
8 - narzut kamienny

Uwagi

W celu poprawnego i skutecznego działania konstrukcji faszynowych należy pamiętać o zabiegach związanych z utrzymaniem i okresową konserwacją wikliny. Jednakże jeżeli konstrukcja zostanie dobrze obsadzona i przerośnięta korzeniami wierzby wiklina nie będzie wymagała konserwacji, a odkładające się namuły stworzą z niej rdzeń żywej ostrogi. Stosowane sadzonki i żywa faszyna powinna być dostosowane do siedliska i pochodzić tylko z gatunków rodzimych (patrz: *Zabudowa biologiczna*).

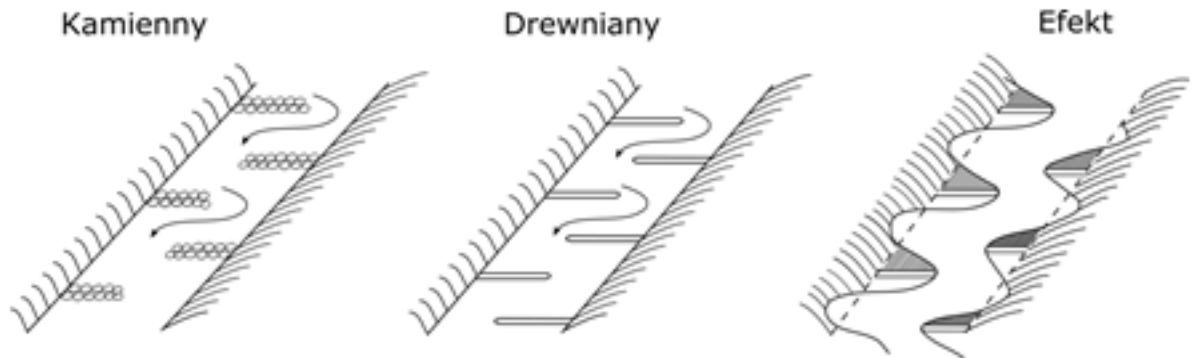
Efekty w środowisku

Spowalniają ciek, odtwarzają układ bystrze przegłębienie, tworzą naturalne ostoje dla organizmów wodnych, kontrolują erozję i transport rumowiska.

Uwaga! Niewłaściwy dobór gatunków sadzonek wierzbowych, żywej faszyny liściastej i wiklinowej może spowodować zachwianie naturalnego biotopu jako element obcy biologicznie i krajobrazowo.

Deflektory nurtu, ostrogi drewniane i kamienne naprzemiennie

Opis zalecanych rozwiązań



Schemat naprzemiennego rozmieszczania deflektorów/ostrog z materiałów naturalnych
(rys. K. Guzek, P. Włodarczyk)

Uwagi

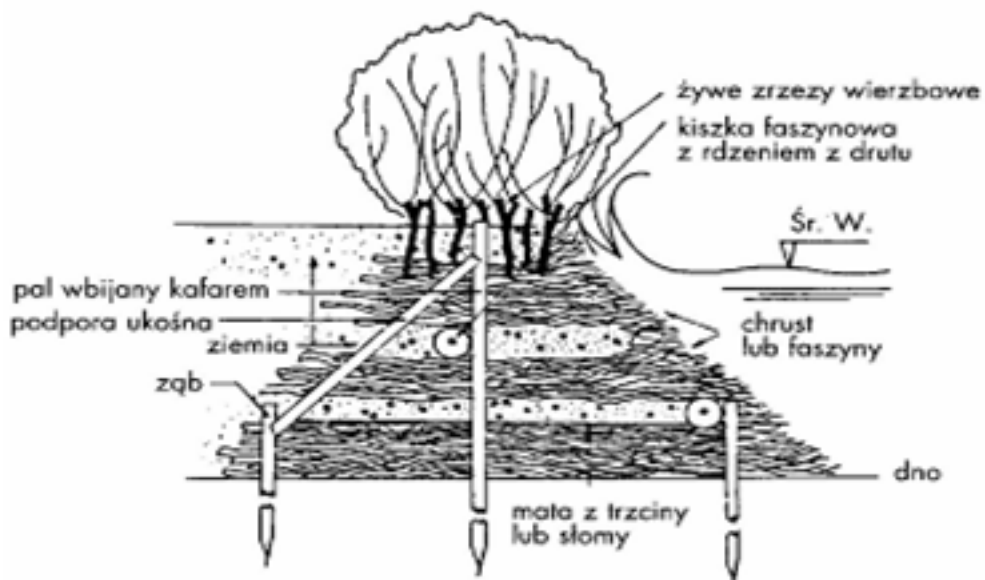
Ostrogi wykonane z drewna lub kamieni nie powinny nadmiernie koncentrować przepływu.

Efekty w środowisku

Spowolnienie odpływu (retencja korytowa), tworzenie ostoi dla organizmów wodnych.

Żywa ostroga faszynowa

Opis zalecanych rozwiązań



Żywa tama faszynowa (Begemann i Schiechl 1999)

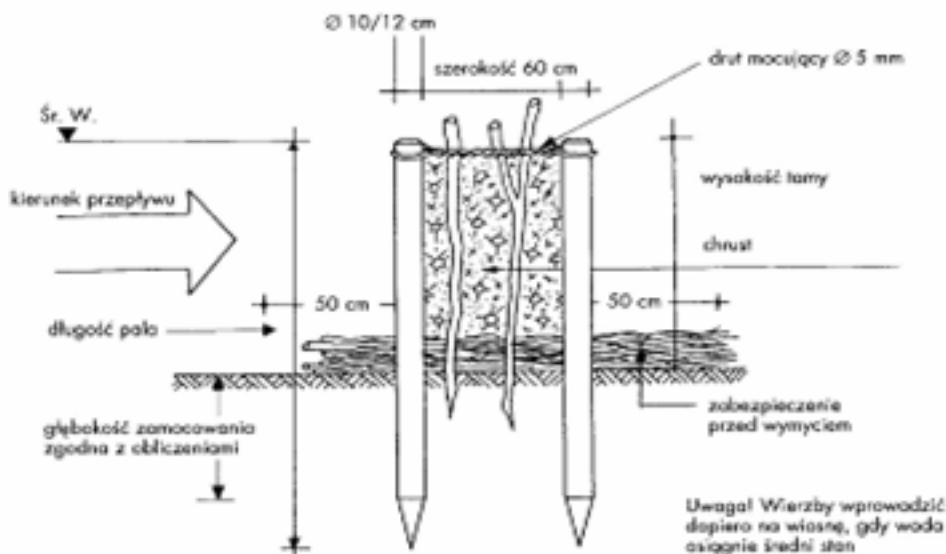
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów przed silnym naporem wody. Żywa tama faszynowa stanowi dogodne siedlisko dla organizmów wodnych.

Ożywiona ostroga szkieletowa

Opis zalecanych rozwiązań

Tama składa się z dwóch rzędów palików drewnianych, pomiędzy które wciśnięty jest chrust iglasty lub liściasty. Wymiary w zależności od warunków lokalnych, przy czym szerokość warstwy chrustu powinna być równa jej wysokości.



(Begemann i Schiechtel 1999)

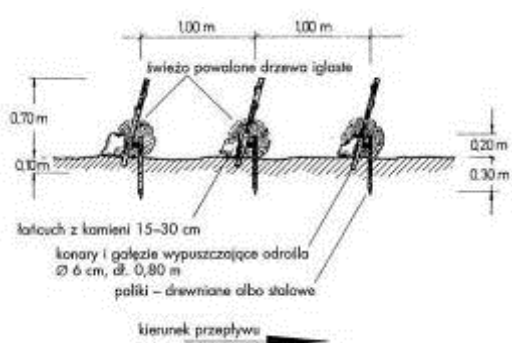
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, naturalne ostrogi.

Żywe ostrogi pośrednie

Opis zalecanych rozwiązań

Należy wyznaczyć dawną linię podnóża skarpy. Poczynając od urwanego brzegu, wbija się rzędami w grunt na głębokość 30 cm paliki długości 50 cm i średnicy 4-5 cm; rzędy powinny być zorientowane względem linii prądu pod obliczonym uprzednio kątem przepływu. Średni odstęp między nimi wynosi 1 m. Rzędy palików stanowią podporę dla świeżo powalonych drzew iglastych zachodzących do połowy swej długości na paliki. Pomiedzy gałęziami świerków od strony górnego biegu rzeki gęsto wbija się zrzesy wierzbowe. Zrzesy zabezpiecza się przed wyrwaniem za pomocą narzutu kamiennego. Najlepiej użyć do nasadzeń gatunki lokalnie występujących wierzb drzewiastych. Po naturalnym zamuleniu konstrukcji można wykonać podbudowę z olszy, sadzonej w rozstawie 1x1 m.



Schemat żywych ostróg pośrednich (Begemann i Schiechtel 1999)

Uwagi

Ostrogi pośrednie służą zabezpieczeniu większych osuwisk brzegu, w których podnóża skarpy oddalone jest przynajmniej o 1,5 m od naturalnie umocnionego dna (gdzie dno leży więcej niż 30 cm poniżej poziomu średniej wody w lecie). Krzewiaste wierzby porastające ostrogi muszą być przycinane co 10 lat.

Efekty w środowisku

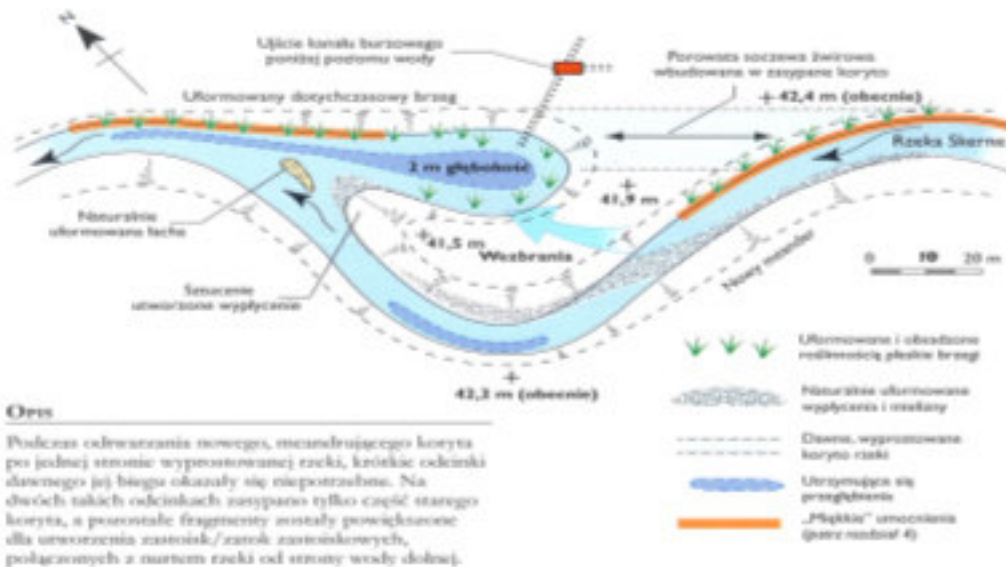
Powstają kryjówki dla ryb. Dzięki nierównomiernemu załadunkowaniu powstają miejsca podmokłe i kałuże stanowiące dogodne siedliska dla płazów i innych organizmów.

Ww. rozwiązania mogą nie tylko być stosowane jako narzędzia przywracania meandrów i odtwarzania układu bystrze przegłębienie, ale także użyte na brzegach wklęsłych do ochrony skarpy przed naporem nurtu (patrz rozdział 2.1. pkt. b – *Techniczno-przyrodnicze zabezpieczenie brzegów.*) Ponadto, w niektórych przypadkach są dobrym elementem ochrony infrastruktury poprzecznej i podłużnej, mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie nakierowanie jest konieczne (np. w światło przepustu).

Znacznie bardziej zaawansowanymi rozwiązaniami są odcinkowe przebudowy koryta cieków wyprostowanych w celu odtworzenia układu meandrów i terenów zalewowych. Bardzo ciekawym elementem tego typu zbiegów jest wykorzystanie prostych odcinków ciek na tworzenie zatok zastoiskowych. Poniższe ryciny pokazują przykłady takich rozwiązań. Jednak nawet proste tworzenie naprzemiennych zatoczek w wyprostowanym brzegu lub rozszerzeń ciek, gdzie na płycznach porastać będzie roślinność stanowiąc cenne enklawy dla fauny wodnej jest już działaniem korzystnym.

Zatoka zastoiskowa na starym korycie.

Opis zalecanych rozwiązań



Zatoka zastoiskowa (Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków 2006).
wersja ang.: www.therrc.co.uk/rrc_manual_pdf.php

Efekty w środowisku

Stworzenie nowych siedlisk dla gatunków roślin i zwierząt (w tym ptaków). Urozmaicenie form korytowych (powstanie łach, wypłyceń, zastoisk i odcinków koryta o szybszym prądzie).

Odtwarzanie meandrów i tworzenie zatok.

Opis zalecanych rozwiązań

Odtworzenie dawnego koryta rzeki poprzez budowę dwóch zastoisk w miejscu krzyżowania się nowego koryta ze starym.



Odtworzenie dawnego koryta rzeki

(Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków 2006)
wersja ang.: www.therrc.co.uk/rrc_manual_pdf.php

Uwagi

Zastoisko A jest płysze ze względu na ochronę drzew na brzegu rzeki i potrzebę „przepłukiwania” zastoiska przez wody wezbraniowe. Przy zastoisku B zachowano drzewa wzdłuż starego koryta i kontakt z rzeką, ma ono charakter ostoi wód stojących.

Efekty w środowisku

Wzbogacenie walorów ekologicznych i krajobrazowych rewitalizowanego ciek, stworzenie nowych siedlisk przy niewielkich nakładach finansowych.

Przy tworzeniu meandrów stare odcięte odcinki koryta wyprostowanego mogą być także przekształcone na samodzielne oczka wodne, zbiorniki. W zależności od układu terenu przy meandryzacji można też tworzyć tereny zalewowe co ma istotny aspekt przeciwpowodziowy i środowiskowy. Przykład poniżej.

Tereny zalewowe

Opis zalecanych rozwiązań

Odtwarzanie przepływu w dawnym odcinku meandrującego koryta wraz z zalewami obszaru przyległego poprzez przywrócenie połączenia hydraulicznego pomiędzy rzeką a terenem zalewowym.



Odtworzenia terenów zalewowych (Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków 2006).
wersja ang.: www.therrc.co.uk/rrc_manual_pdf.php

Efekty w środowisku

Zachowanie podmokłych siedlisk wytworzonych w odciętych meandrach, ostoi roślin i zwierząt wodnych.

1.3. Nietechniczne działania związane z małą retencją.

Oprócz inwestycji technicznych związanych z budową zbiorników wodnych, zastawek, progów, opóźniaczy odpływu itp., kompleksowe projekty małej retencji mogą obejmować również działania komplementarne, których celem jest czynna ochrona i kształtowanie mokradeł, renaturyzacja lub zwiększenie ich bioróżnorodności. Tego rodzaju prace można realizować w ramach Projektów jeżeli będą one częścią kompleksowego zadania łączącego zabiegi techniczne i przyrodnicze realizowane na danym terenie.

W zależności od siedliska oraz stopnia jego zdegradowania mogą to być działania różnego typu:

1. usuwanie murszu – jako ochrona torfowisk wykazujących silne objawy przesuszenia, mineralizacji torfu;
2. usuwanie osadów dennych (namułów)¹⁵ – z zeutrofizowanego, zarastającego zbiornika wodnego. Często wymaga uprzedniego spuszczenia wody. Podczas wykonania należy uważać, aby nie zniszczyć dna zbiornika, nie przerwać warstwy nieprzepuszczalnej oraz nie zniszczyć już wykształconych, charakterystycznych biotopów;
3. wycinanie zarastającego lasu, odkrzewianie zdegradowanych torfowisk;
4. koszenie łąk – na terenach podmokłych lub zdegradowanych ekosystemach łąkowych, w celu powstrzymania sukcesji, utrzymania określonego składu gatunkowego wykształconych biocenoz;
5. koszenie trzciny, wycinanie zarośli wierzbowych, ekstensywny wypas.

Powyższe działania mogą być uzupełnieniem podstawowych inwestycji, których celem jest podniesienie poziomu wody w siedlisku lub zahamowanie jej odpływu. Ponieważ niektóre z nich (tj. usuwanie murszu, osadów ze zbiornika) mogą silnie ingerować w środowisko, lub mogą być realizowane tylko w określonych porach roku (np. usuwanie namułów poza sezonem wegetacyjnym), lub w określonych porach sezonu wegetacyjnego (np. koszenia łąk) - wymagają specjalistycznej wiedzy przyrodniczej, poprzedzonej rzetelną inwentaryzacją przyrodniczą.

Często dopiero takie kompleksowe podejście do zagadnień małej retencji daje doskonałe efekty przyrodnicze.

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej

2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej

Prowadzenie prac nakierowanych na ochronę infrastruktury w zlewniach elementarnych czasem może przynieść efekty przeciwne do naczelných celów projektów tj. spowalniania spływu i magazynowania wody w środowisku. Dlatego, działania te muszą być realizowane z dużą rozważą i wyważeniem racji użyteczności danych działań dla człowieka i kwestii środowiskowych.

Do szczególnie newralgicznych należą inwestycje realizowane w korytach cieków. Podejmowanie prac polegających na nowej zabudowie podłużnej cieków przez inwestycje techniczne to ostateczność, która w ramach projektów może być podejmowana jedynie w przypadkach, gdy z przyczyn obiektywnych nie są możliwe inne rozwiązania. Tych w pierwszej kolejności należy szukać w odsunięciu cieku od wrażliwego miejsca narażonego na erozję (nasyp drogi, inne budowle lądowe) poprzez oddziaływanie na nurt cieku i siłę jego naporu deflektorami nurtu, w wytraceniu energii cieku na odcinku powyżej, w możliwości uzyskania dla cieku większej ilości miejsca poprzez działania na drugim brzegu itp.

Najczęstszą sytuacją szczególnie w wąskich ich dolinach górskich jest konflikt o przestrzeń pomiędzy drogą, a ciekim. Niekiedy bardziej racjonalne niż ciągłe naprawianie nasypu drogi i finasowanie zabudowy podłużnej cieków jest przeniesienie odcinków drogi na warstwicę. Dlatego, realizacja zabudowy podłużnej musi być dobrze przemyślana i traktowana jako zło konieczne, bo nawet jednostronna zabudowa brzegu cieku prowadzi do jego kanalizacji i przyspieszenia odpływu. Ponadto,

¹⁵ W ramach projektów nie będą finansowane prace polegające wyłącznie na odmulaniu zbiorników, ale odmulenie może być elementem większych prac renaturyzacyjnych, modernizacji zbiornika.

w skutek uregulowania cieków (wyprostowania koryta, zabudowy technicznej brzegów) zwiększa się siła poruszająca rumowisko, czego następstwem jest pogłębienie koryta i stopniowe wypłukiwanie materiału dennego. Ciek dąży do osiągnięcia równowagi między oporami ruchu i dalej zmniejsza spadek oraz eroduje. Erozja powoduje dalsze pogłębienie dna rzeki na całym odcinku uregulowanym, powiększające się w górę rzeki. Utrwalenie dna rzek można przeprowadzać za pomocą bystrz o zwiększonej szorstkości zamiast stosowania progów i stopni. Ażeby określić potrzebę na ustabilizowanie dna, należy prowadzić systematyczne pomiary profilu podłużnego. Może się wtedy okazać, że na pewnych rzekach lub odcinkach rzek z powodu odporności materiału dennego erozja nie postępuje.

Przedstawione w rozdziale metody umacnianie brzegów powinny być przede wszystkim stosowane w przypadku zamiany istniejącej zdekapitalizowanej infrastruktury o negatywnym oddziaływaniu na środowisko typu mury oporowe, umocnienia brzegów z gabionów itp. Zawsze w pierwszej kolejności należy rozważyć metody przyrodnicze omówione w niniejszym rozdziale, później metody łączące zabiegi przyrodnicze i techniczne, a na końcu sięgać po rozwiązanie techniczne o przyrodniczo przyjaznym charakterze.

2.1.1. Zabezpieczenie skarp i brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury

a) Umocnianie skarp i osuwisk narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy

Na terenach leśnych, gdzie nie występuje zagrożenie infrastruktury, np. drogowej, należy zastanowić się nad zasadnością przeciwdziałania osuwiskom. Urszyska stanowią doskonałe lęgowniska dla ptaków, są to miejsca bogate w składniki mineralne, powalone drzewa wzbogacają ciek w składniki pokarmowe, zwiększają liczbę mikrosiedlisk, pomagają w samooczyszczaniu się wody, tworzą nowe szlaki komunikacyjne. Ponadto powstałe śródleśne jeziora osuwiskowe stanowią cenne siedliska przyrodnicze i ciekawy element krajobrazu.

Na skarpach, gdzie występuje silny spływ powierzchniowy przed przystąpieniem do żywej zabudowy lub zabudowy biotechnicznej należy grunt odvodnić, stosując opaskowe rowy odwadniające lub np. drenaży faszynowe (opis poniżej).

Rynny erozyjne należy zabezpieczyć, układając w całym ich przekroju przytwierdzone palikami gałęzie drzew iglastych (pochodzące np. z czyszczeń). Dzięki temu prostemu rozwiązaniu następuje wytracenie energii wody i odkładanie się między gałęziami rumoszu, co prowadzi do wypełnienia rynny.

Na osuwiskach, gdzie pożądane jest duże zwarcie krzewów, należy prowadzić cięcia pielęgnacyjne polegające na usuwaniu zmniejszających dostęp światła większych drzew.

Nad osuwiskiem projektuje się pasy leśne w celu ochrony przed spływem wód powierzchniowych z terenów położonych powyżej.

Darniowanie, mulczowanie

Opis zalecanych rozwiązań

Gęsty obsiew mieszkanką traw (niekiedy z naniesieniem składników organicznych) lub pokrycie powierzchni skarpy fragmentami darni.



Okładzina z płatów darniowych



Warstwa długiej słomy (mulcz) z siewem na mokro (hydroobsiew)

(Begemann i Schiechtel 1999)

Uwagi

Płaty darni z przerośniętą korzeniami glebą (o wymiarach 40x40cm) najlepiej pozyskać z okolicznych gruntów. Układa się je na wyrównanej pokrytej ziemią orną powierzchni. Na stromych skarpach mocuje się je kółkami drewnianymi albo stosuje się tyczki (jak na zdjęciu powyżej).

Standardowy obsiew traw wykonuje się, gdy warunki glebowe są dobre, tzn. powierzchnia pokryta jest warstwą próchniczną. W gorszych warunkach można zastosować mieszankę ziarna, nawozów, lepszycy i wody, którą za pomocą pompy wytryskuje się na skarpę (hydroobsiew).

Na nasłonecznionych skarpach, na gruncie jałowym dobre efekty daje zastosowanie warstwa mulczu z długiej słomy (zdj.) rozścielonej przed lub po siewie nasion i nawozu (na sucho lub mokro). Warstwa słomy lub innych naturalnych materiałów włóknistych, powinna być ułożona luźna z wieloma szczelinami. Na koniec należy zakleić warstwę mulczu nietrwałym spoiwem nieszkodliwym dla roślin (np.: rozcieńczoną wodą zimną emulsją bitumiczną).

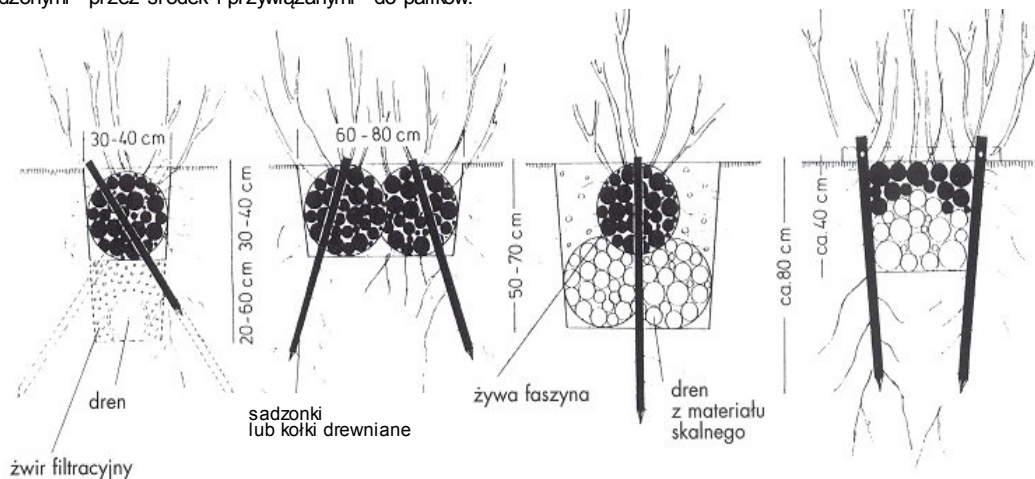
Efekty w środowisku

Ochrona zewnętrznej warstwy gruntu przed spływem i erozją powierzchniową. Poprawa warunków temperaturowych i wilgotnościowych.

Żywy dren faszynowy

Opis zalecanych rozwiązań

Faszynę z żywych gałęzi wierzbowych układa się w uprzednio wykopanych rowach poprowadzonych najkrótszą drogą do odbiornika. Jeżeli potrzebne jest silne odwodnienie, należy układać po kilka wiązek faszyny na warstwie żwiru filtracyjnego. Faszyny mocuje się zrzezami wierzbowymi lub kółkami drewnianymi wbitymi ukośnie przez faszynę w grunt. Na stromych skarpach, gdzie konstrukcja jest narażona na duże siły rozciągające, można ją umocować linami konopnymi przeprowadzonymi przez środek i przywiązanymi do palików.



Różne rodzaje drenów faszynowych (Schiechtel 1973)

Uwagi

Dren faszynowy służy odprowadzeniu wody z górotworu i przygotowaniu skarpy do wprowadzenia dalszej zabudowy biologicznej lub biotechnicznej. Patrz także **Nasyt z porostem wierzbowym** poniżej.

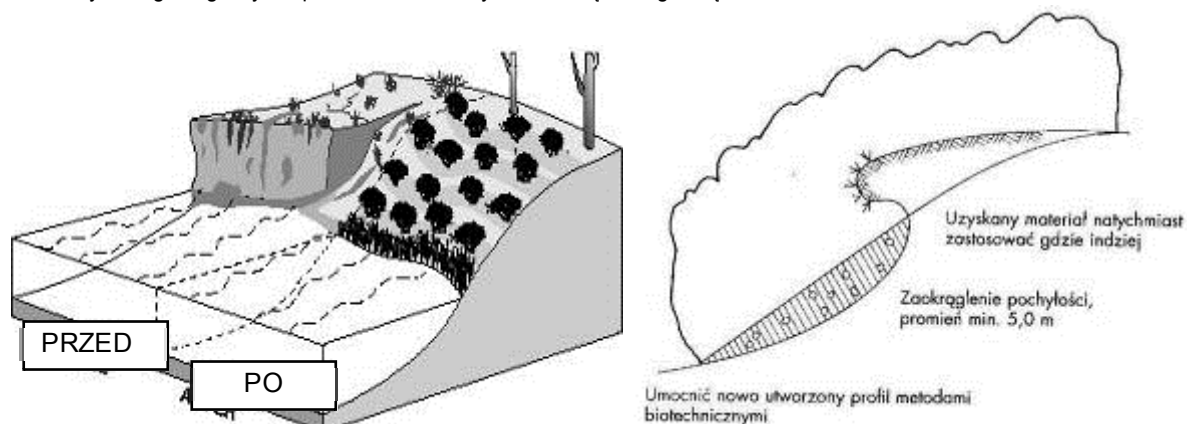
Efekty w środowisku

Zmniejszenie uwilgotnienia siedliska, zahamowanie spływu powierzchniowego i erozji wodnej, ograniczanie zamulenia cieków.

Stabilizacja biologiczna stromych skarp

Opis zalecanych rozwiązań

Materiał pozyskany ze ścięcia stromych lub podmytych brzegów należy wzbogacić o rumosz skalny i zużyć na miejscu. Nowo utworzony brzeg o łagodnych spadkach umacniamy zabudową biologiczną.



Stroma skarpa przed i po zabudowie biologicznej (www.biology.duke.edu, Begemann i Schiechtl 1999)

Efekty w środowisku

Stworzenie siedlisk dla nowych gatunków zwierząt, ograniczanie splywu powierzchniowego i dopływu biogenów, zmniejszenie zamulenia i poprawa jakości wody w ciekach.

Umacnianie skarp nasadzeniami wierzbowymi (zrzezami)

Opis zalecanych rozwiązań

Zaostrzone zrzezy wbija się pod kątem prostym do płaszczyzny skarpy. Aby sadzonki nie wysychały, nie powinny wystawać z ziemi więcej niż na $\frac{1}{4}$ swojej długości. Zrzezy należy rozmieścić nieregularnie (nie w rzędach) w ilości 2 - 5 sztuk / m^2 .



Skarpa umocniona zrzezami wierzbowymi

- na skarpie
- w szczelinach bruku układanego na sucho

(Begemann i Schiechtl 1999)

Uwagi

Nasadzenia stosuje się także do umacniania skarp brzegowych potoków, zmniejszają one prędkości splywu powierzchniowego i odwadniają skarpe. Nasadzenia wierzbowe warto urozmaicić innymi dostosowanymi do siedliska gatunkami (najlepiej głęboko korzeniącymi się). W pierwszym roku sadzonki wierzbowe są wrażliwe na konkurencję. Dlatego należy je stosować na powierzchniach wolnych od roślinności zielnej.

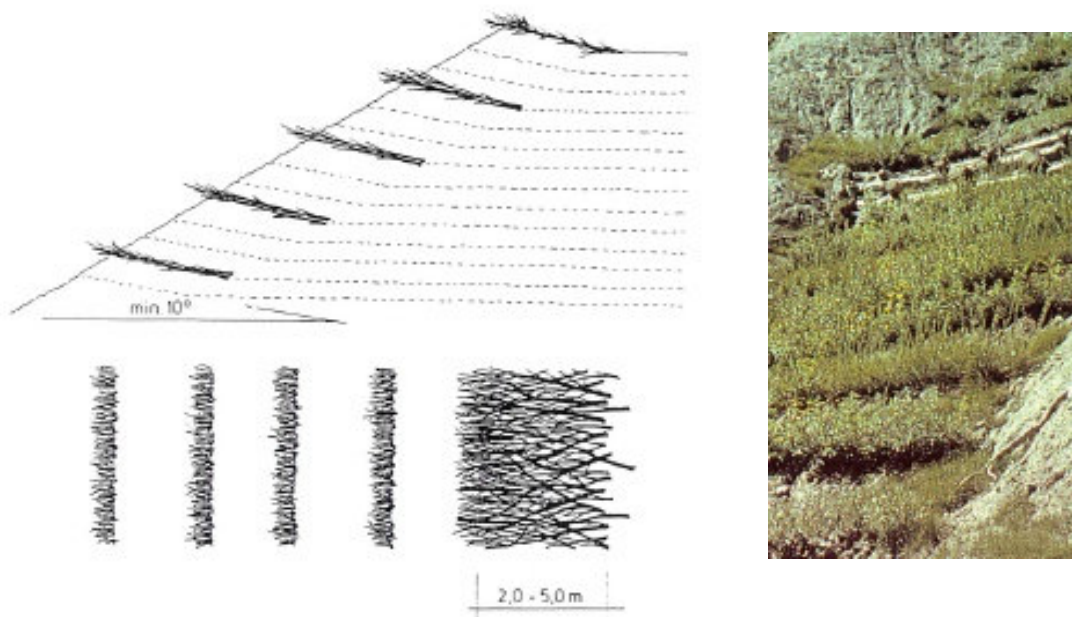
Efekty w środowisku

Stworzenie siedlisk dla zwierząt, miejsc gniazdowania ptaków, zmiana uwilgotnienia i szaty roślinnej, ograniczanie zamulenia cieków.

Umocnienie tarasowe materiałem roślinnym

Opis zalecanych rozwiązań

Materiał roślinny (gałęzie wierzb, ukorzenione rośliny naczyniowe)łożony na skarpie, powinien wznosić się na zewnątrz pod kątem 10°. Każdą kolejną warstwę należy właściwie zagęścić.



Krzewiaste umocnienia tarasowe na skarpie/osuwisku
(Begemann i Schiechl 1999)

Uwagi

Konstrukcje tarasowe mają jedną z najlepszych skuteczności wglębnej stabilizacji gruntu spośród znanych umocnień i mogą być wykonywane już w trakcie budowy nawet na bardzo stromych zboczach. Użycie gałęzi wierzbowych zamiast ukorzenionych roślin powoduje lepszą stabilizację gruntu i jest tańsze. Połączenie użycia rozłożystych gałęzi i młodych sadzonek drzew i krzewów pozwala wprowadzić roślinność pionierską i kolejne stadia rozwojowe za jednym razem, co dodatkowo obniża koszty pielęgnacji.

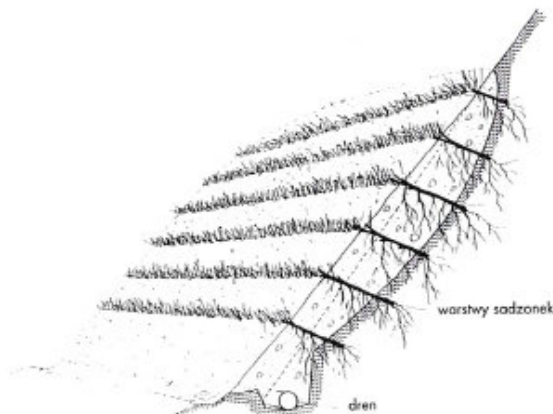
Efekty w środowisku

Stworzenie siedlisk dla nowych gatunków zwierząt, ograniczanie erozji/splywu powierzchniowego i dopływu biogenów, zmniejszanie zamulenia i poprawa jakości wody w ciekach.

Nasyp z porostem wierzbowym/Odwodnienie skarpy

Opis zalecanych rozwiązań

Sadzonki wierzbowe, pędowne lub ukorzenione młode drzewa lub krzewy układane naprzemiennie z zagęszczonym gruntem.



Odwodnienie skarpy w wyniku zastosowania nasypu z porostem wierzbowym
(Begemann i Schiechl 1999)

Uwagi

Zabezpieczenie skarpy należy zacząć od wzdłużnego odwodnienia podłoża skarpy. Zasypywanie osuwiska/skarpy należy prowadzić warstwami każdą zagęszczając. Rzędy sadzonek wierz krzewiastych, sadzonki pędowe lub ukorzenione młode drzewa lub krzewy powinny sięgać przez nasyp do gruntu rodzimego. Powierzchnię pomiędzy poszczególnymi warstwami roślin można zadarnić (hydroobsiew lub mulczowanie).

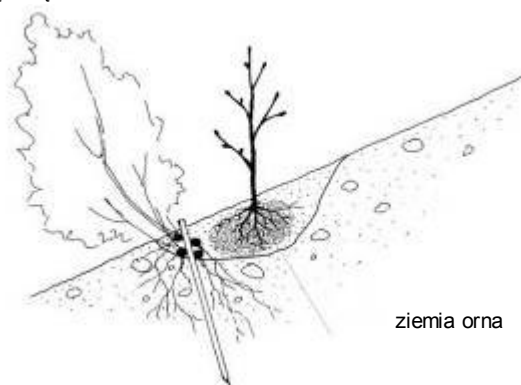
Efekty w środowisku

Zmniejszenie uwilgotnienia siedliska (poprzez transpirację roślin), zahamowanie splotu powierzchniowego i erozji wodnej, ograniczanie zamulenia cieków.

Umocnienia żłobkowe

Opis zalecanych rozwiązań

Na powierzchni skarpy wykonuje się rowki głębokości ok. 20cm i szerokości 30 - 60cm. W rowkach przy niższej krawędzi układa się poziomo kilka cienkich zdolnych do ukorzenienia pędów wierzbowych i mocuje się je do podłoża zrzesami wierzbowymi lub palikami drewnianymi. Powyżej umieszcza się ukorzenione sadzonki. Na szczególnie ubogich siedliskach zagłębienia należy wypełnić ziemią orną.



Umocnienie żłobkowe (Begemann i Schiechl 1999)

Uwagi

Stosując umocnienia na skarpach brzegowych potoków należy ich podstawę zabezpieczyć narzutem kamiennym lub kiszka faszynową ułożoną w miejscu przecięcia się płaszczyzny skarpy z dnem potoku.

Efekty w środowisku

Stworzenie siedlisk dla zwierząt, miejsc gniazdowania ptaków, zmiana uwilgotnienia i szaty roślinnej, ograniczanie zamulenia cieków.

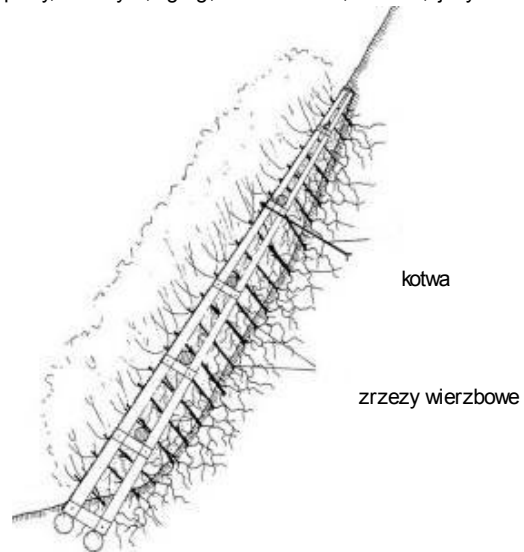
Rusztowanie drewniane z porostem

Opis zalecanych rozwiązań

Zależnie od wielkości osuwiska stosuje się kłody albo rusztowania drabinowe, oparte na skarpie i połączone z elementami poziomymi. Rusztowanie zabezpiecza się przed pochyleniem czy osunięciem za pomocą kotwi umocowanych w skale lub warstwie osadowej. Szczeliny między żerdziami, które nie mogą być większe niż 2x2m należy wypełnić wiązkami zrzezów wierzbowych, ukorzenionych krzewów i kęp roślin zielnych. Do obsadzania rusztowań nadają się różne gatunki wierzb np.: wierzba iwa i wierzba purpurowa, a także olsza czarna, jarzab pospolity, kruszyna, głóg, dereń świdwa, tarnina, jeżyna.



darń



kotwa

zrzezy wierzbowe

Drewniane rusztowanie na skarpie wzmocnione nasadzeniami wierzbowymi
(Begemann i Schiechtl 1999)

Uwagi

Konstrukcja ułatwia porośnięcie osuwiska roślinnością, co wpływa na zmniejszenie prędkości splywu powierzchniowego. Przestrzeń między rusztowaniem a powierzchnią skarpy należy zdrenować.

Efekty w środowisku

Odtworzenie roślinności na skarpie; przeciwdziałanie erozji.

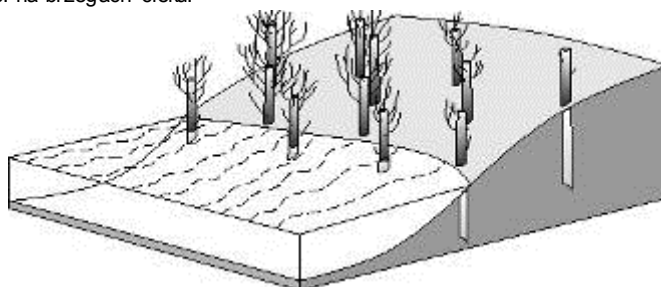
b) Techniczno-przyrodnicze zabezpieczenia brzegów narażonych na nadmierną erozję wód wezbraniowych

- Umacnianie brzegów potoku

Zabudowa biologiczna brzegów

Opis zalecanych rozwiązań

Nasadzenia wierzb i topól itp. na brzegach cieków.



źródło: www.restoringrivers.org



Brzegoston wierzbowy na potoku Muczne wykonany w 2014 r. w ramach MRG1 (fot. P.Schetyński, www.twojebieszczady.net)



Ten sam fragment cieków w trakcie pierwszego sezonu wegetacyjnego, źródło: Archiwum CKPŚ.

UWAGA - Po ukorzenieniu się brzegostonu należy usunąć w trakcie prac konserwacyjnych druty mocujące.

Uwagi

Do nasadzeń stosować należy do 700m n.p.m.: wierzbę białą i koszykarską, olszę czarną, jesion, topolę czarna, a powyżej (700-1200 m n.p.m.): wierzbę białą i kruchą, olszę szarą, jarzębinę.

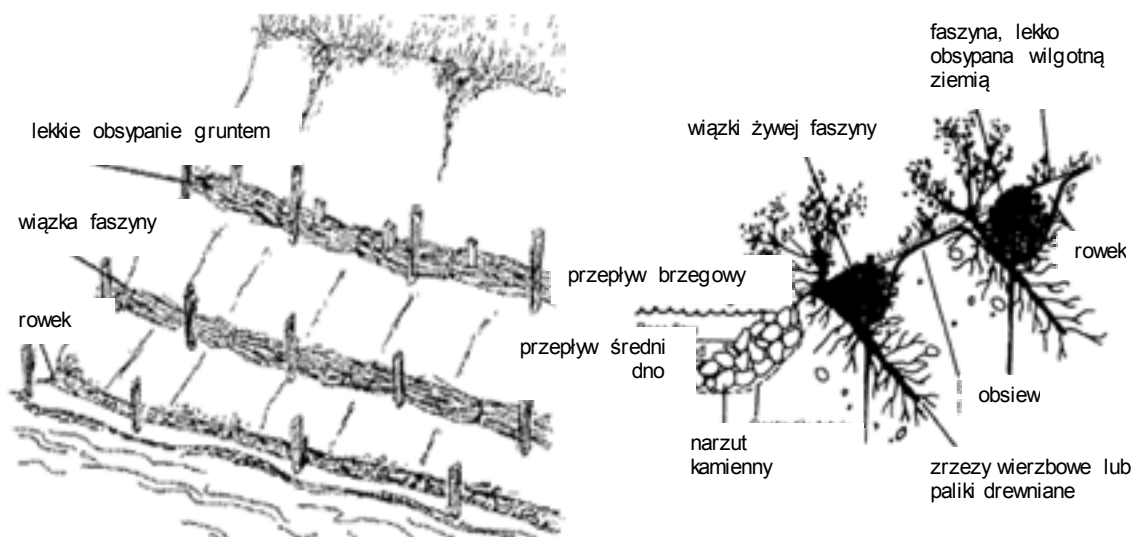
Efekty w środowisku

Zwiększenie szorstkości koryta, redukcja przepływu przy brzegach, wyłapywanie osadów (sedymentów).

Wiązki (kiszki) faszynowe

Opis zalecanych rozwiązań

Wiązki (kiszki) faszynowe umieszczają się w płytkich rowkach równoległe do podnóża skarpy i mocuje przerezami wierzbowymi lub palikami drewnianymi i nasadzeniami, wbijanymi w grunt przez faszynę. Następnie zasypuje się rowki. Biegące równoległe do podnóża skarpy pasma faszyny można połączyć pasmami o przebiegu ukośnym, aby ułatwić odpływ wód. Poniżej lustra wody narzut kamienny.



źródło: www.restoringrivers.org

Uwagi

Umocnienia faszynowe stosuje się także do umacniania skarp brzegowych potoków, zmniejszają one prędkość splywu powierzchniowego, zwiększają infiltrację wody w głąb podłoża i ułatwiają odprowadzenie wód gruntowych poza skarpe.

Stosując umocnienia faszynowe na brzegach potoków należy ich podstawę zabezpieczyć narzutem kamiennym lub kizką faszynową ułożoną w miejscu przecięcia się płaszczyzny skarpy z dnem potoku.

Efekty w środowisku

Redukcja splywu powierzchniowego i erozji (ograniczenie zamulenia cieków), zabezpieczenie osuwisk. Stworzenie siedlisk dla zwierząt i miejsc gniazdowania ptaków. Niewłaściwie dobrane gatunki wierzbowe mogą zakłócić naturalną szatę roślinną wzdłuż potoków, zmienić uwilgotnienie siedlisk. Wysokie i długie ciągi płotków mogą skutecznie ograniczyć migrację płazów pomiędzy środowiskiem wodnym i lądowym.

Warstwa chrustu z porostem

Opis zalecanych rozwiązań

Należy ułożyć dwie warstwy gałęzi świerkowych (odpadów zrębowych). Dolną ułożyć pod kątem 45° przeciwnie do prądu, górną pod kątem 45° zgodnie z prądem i mocuje drutem. Końce gałęzi powinny leżeć na dnie. Po przykryciu gruntu chrustem wbija się w głąb zrzezy wierzbowe lub pomiędzy gałęziami sadi się olchę czarną.



Brzeg umocniony warstwą chrustu i sadzonkami wierzbowymi (Begemann i Schiechl 1999)

Uwagi

Warstwę chrustu układa się głównie na brzegach ziemnych pozbawionych szaty roślinnej. Na terenach wyżej położonych świerki wykształcają gałęzie z jednej strony konarów, zwisające pionowo. Ta forma jest mało użyteczna do pokrywania brzegów. Lepiej użyć konary wyrastające poziomo i wielokrotnie się rozgałęziające.

Efekty w środowisku

Rekultywacja zniszczonego, pozbawionego szaty roślinnej brzegu.

Płotki wierzbowe

Opis zalecanych rozwiązań

Zrzezy wierzbowe dł. 60cm i średnicy na cieńszym końcu 1-3cm wbija się w ziemię do 2/3 długości, pochylone pod kątem 45° zgodnie z kierunkiem nurtu, aby stawały mniejszy opór wodzie. Odległości między rzędami powinny wynosić 1m, a w rzędzie 10cm. Płotki z krzewiastych gatunków wierzby stanowią fazę inicjalną i powinny być później wzmocnione nasadzeniami z drzewiastych gatunków wierzby, olszy i odpowiednich dla siedliska krzewów.



Płotek ze zrzezów wierzbowych tuż po wykonaniu (Begemann i Schiechl 1999)



Ukorzenione zrzezy wierzbowe

Uwagi

Płotki wierzbowe służą głównie umacnianiu osuwisk brzegowych, których dno leży powyżej średniego poziomu wody w lecie i załadowywaniu podebranych przez nurt fragmentów brzegu.

Kierunek ustawienia płotków wpływa na ich funkcję. Ustawione pod kątem prostym do kierunku nurtu, powodują powstawanie obszarów załadowanych, za którymi pozostają obszary podmokłe. Ustawione pod kątem 30-45° do kierunku prądu powodują równomierne załadowanie. Ustawienie ukośne, w kierunku przeciwnym do kierunku prądu wpływa w największym stopniu na wytracenie energii wody.

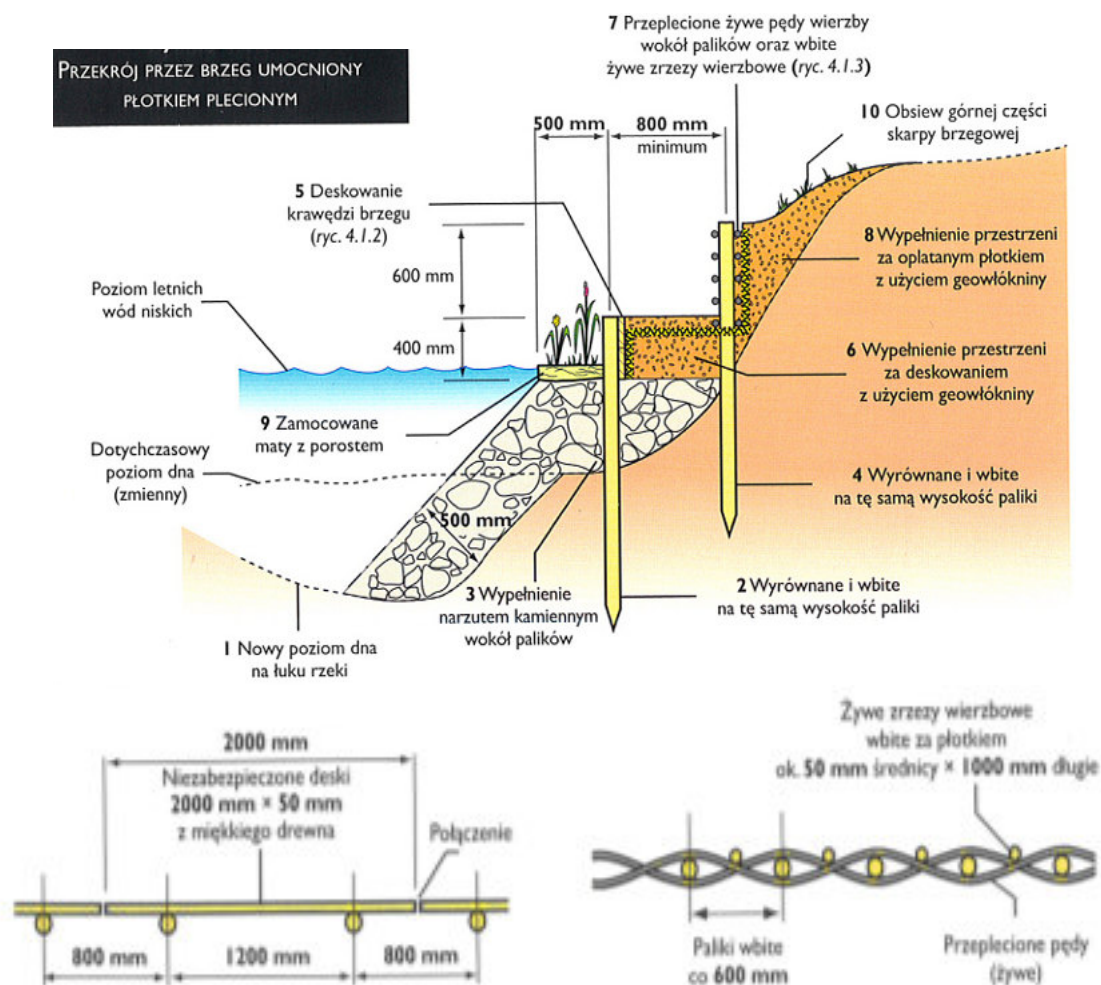
Efekty w środowisku

Powstawanie obszarów podmokłych, stworzenie siedlisk dla ptaków

Płotki plecione

Opis zalecanych rozwiązań

Świeże pędy wierzbowe (np. wierzby wiciowej) przeplecione pomiędzy palikami. Pod wodą zastosowano stabilne podłoże z kruszonego kamienia. Deskowanie ma ulec stopniowemu rozkładowi, a korzenie nasadzeń mają przejąć jego rolę.



Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków (2006)
wersja ang.: www.therrc.co.uk/trc_manual_pdf.php

Uwagi

Metoda do zastosowania przy umacnianiu stromych brzegów rzeki wymagających wzmocnienia oraz zabezpieczenia (ochrony), wymaga niewiele miejsca. Do zabudowy należy stosować rodzime gatunki wierzb. Należy zaplanować regularne przycinanie wierzb.

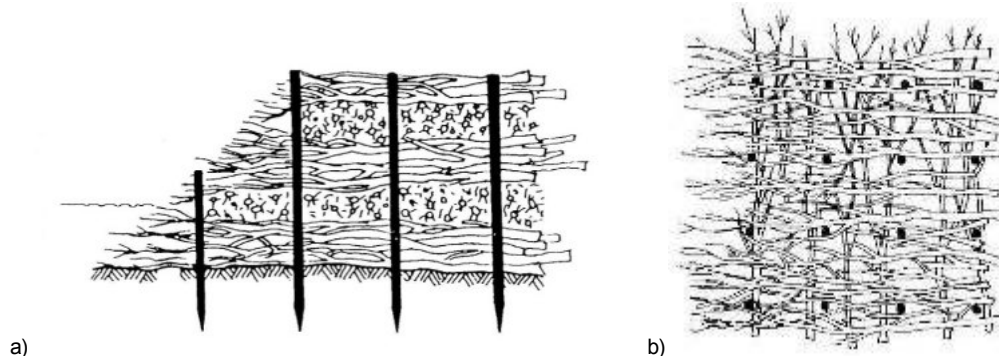
Efekty w środowisku

Ochrona, stabilizacja brzegów meandrujących. Zadarnione półki porośnięte roślinnością zatrzymują spływ powierzchniowy i gromadzą osady (namuły).

Brzegosłon krzyżowy

Opis zalecanych rozwiązań

Gałęzie i kamienistą glebę układa się warstwami w ten sposób, aby odtworzyć dawny profil glebowy. W obrębie jednej warstwy gałęzie układa się na krzyż pod kątem prostym. Usypywana warstwami kamienista ziemia wnika drobniejszymi frakcjami między gałęzie i wypełnia szczeliny. W powstałą konstrukcję wbija się zaostrome zręzy wierzbowe.



Brzegosłon krzyżowy a - przekrój poprzeczny, b – rzut z góry
(Begemann i Schiechtel 1999)

Uwagi

Brzegosłony krzyżowe służą regeneracji osuwisk brzegów i wymyc na mniejszych ciekach; zmniejszają prędkość przepływu w sąsiedztwie brzegu.

Efekty w środowisku

Powstają siedliska dla zwierząt w strefie przybrzeżnej. U podnóży skarpy brzegowej powstaje kurtyna korzeni stanowiących miejsce schronienia dla ryb.

Siatka jutowa z sitowiem i sadzonkami pędowymi

Opis zalecanych rozwiązań

W oczka siatki z włókien naturalnych (np. juty) należy posadzić sitowie i sadzonki pędowe.



(Begemann i Schiechtel 1999)

Uwagi

Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną.

Efekty w środowisku

Szybkie utworzenie jednolitej okładziny na skarpie (już w pierwszym sezonie wegetacji!), sprzyjające sukcesji zakrzewień i dalszej stabilizacji brzegu. Stworzenie organizmom nowego środowiska życia.

Murki kamienne układane bez zaprawy

Opis zalecanych rozwiązań

Budując mur lub układając gładzone kamienie na sucho należy zadbać o silne pochylenie konstrukcji w kierunku skarpy. Płaskie mury z gładzonych kamieni można przysypać lub zadarniować. „Zbrojone” chrustem, sadzonkami lub darnią mury stają się jednolitą i zwartą konstrukcją, ponadto roślinność aktywnie odwadnia mur. Zamurze (między murem a rodzimym gruntem) należy zabudować zasypką kamienną o różnej wielkości (mniejszej niż „lico” muru – na zasadzie filtra odwrotnego) dla zapewnienia jak najlepszego odwodnienia konstrukcji muru.



Murki kamienne bez zaprawy w N-ctwie Łądek Zdrój (góra) i Węgierska Górka (po prawej)
(fot. M. Goździk)



Uwagi

Murki kamienne mogą służyć do umacnianiu nawet stromych brzegów i skarp, a także brzegów wklęsłych bardziej narażonych na niszczącą siłę wody. Do nasadzeń i zadarnień zaleca się wykorzystywanie fragmentów istniejącej szaty roślinnej. Sadzonki i młode drzewka należy tak umieścić w szczelinach, wraz z materiałem drobnoziarnistym, aby sięgały do rodzimego gruntu. Gałęzie nie powinny wystawać więcej niż 30cm poza mur (zapobiega to ich usychaniu).

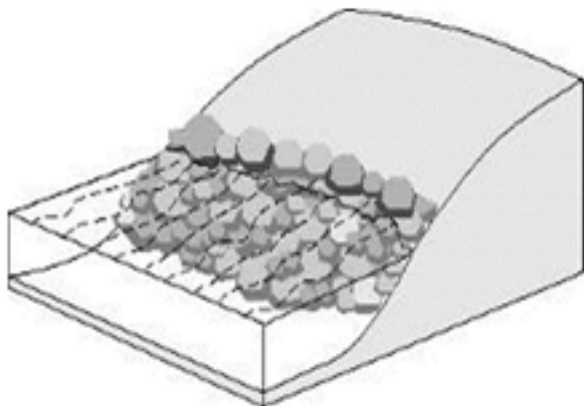
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, oddalenie nurtu od brzegu. Pionowe murki kamienne na dłuższych odcinkach cieką mogą przyczynić się do utrudnienia migracji zwierząt w poprzek rzeki.

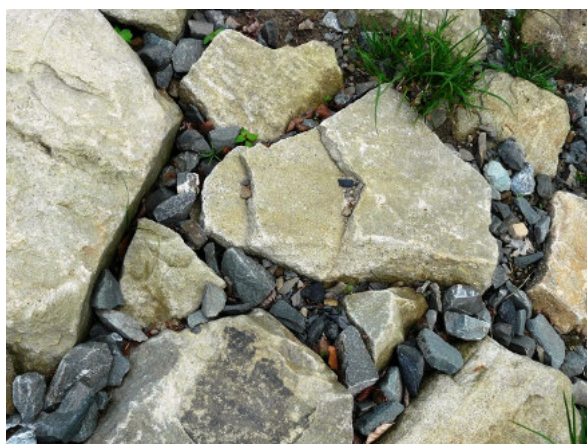
Narzut kamienny

Opis zalecanych rozwiązań

Skarpom nadaje się nachylenia 1:2,5 z zalecanym 1:4 i mniejszym, tam gdzie to tylko możliwe. Stosowane są różne rozwiązania narzutu zależnie od miejsca jego zastosowania i roli. Niekiedy, na prostych skarpach stosuje się narzut nieklinowany natomiast na powierzchniach narażonych na silniejsze ataki wody - narzut klinowany. W specyficznych przypadkach układany jest narzut z dużych frakcji. Tego typu zabudowa może prowadzić do kanalizacji cieku, zatem dopuszczalna jest tylko odcinkowo i jednostronnie w tych miejscach, w których ochrona brzegu jest konieczna.



źródło: www.restoringrivers.org



Narzut kamienny nieożywiony klinowany mniejszymi frakcjami - Źródło: Archiwum CKPS.



Narzut kamienny z dużych głazów układany mechanicznie - Czechy. Źródło: Archiwum CKPS

Uwagi

Celem zachowania kształtu morfologicznego koryta i dna cieku konstrukcję narzutów kamiennych budujemy od dna płosa. Stosować należy frakcje pośrednie, klinowanie kamieni i humusowanie.

Efekty w środowisku

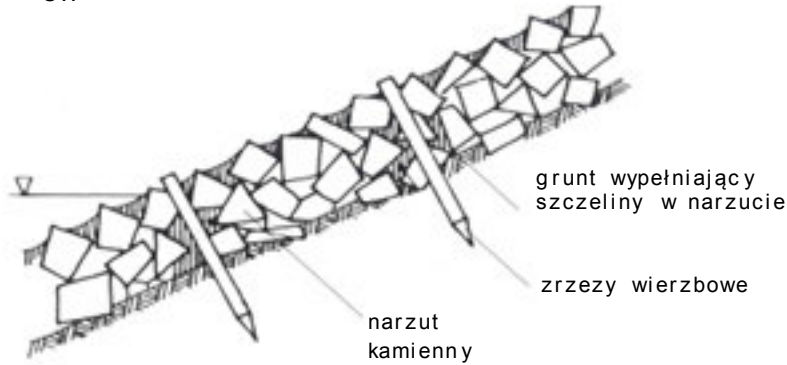
Zwiększenie szorstkości koryta, redukcja przepływu przy brzegach, odepchnięcie nurtu, wyłapywanie osadów (sedymentów), stabilizacja brzegów, może również przyczyniać się do zanikania łągów olszowo-jesionowych.

Ożywiony narzut kamienny z porostem wierzbowym

Opis zalecanych rozwiązań

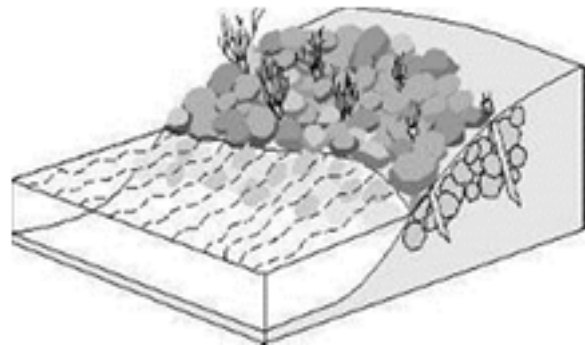
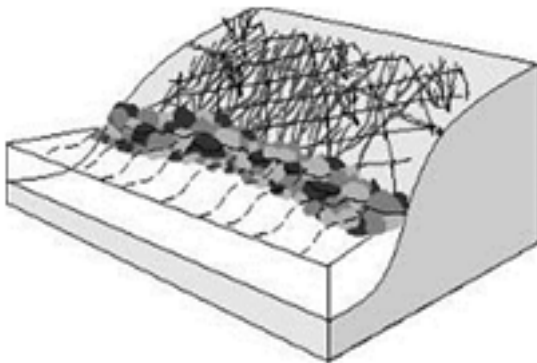
Technika wykonania narzutu kamiennego jest taka sama jak w poprzednim punkcie. W konstrukcji umieszcza się zrzezy wierzbowe (najlepiej rozgałęzione) pochylone pod kątem ok. 15% zgodnie z kierunkiem nurtu. Dla szybkiego efektu można użyć wyrosniętych pędów o długości ok. 1m i średnicy w cieńszym końcu 30mm. 2/3 trzecie pędu powinno być zagłębione w narzucie i gruncie.

SW



Przekrój poprzeczny żywego narzutu kamiennego (Begemann i Schiechl 1999)

Faszyna i zrzezy wierzbowe umieszczone w narzucie kamiennym, możliwość nasadzeń (patrz Zabudowa biologiczna).



źródło: www.restoringrivers.org



Ukorzeniony zrzecz wierzbowy w narzucie.



Zabezpieczony faszyną narzut kamienny z nasadzeniami wierzbowymi. Źródło: Archiwum CKPŚ

Uwagi

Podwyższona trwałość i estetyka narzutów kamiennych poprzez układanie głazów (nie klinowanie tłuczniem kamiennym) i inicjowanie zadarnienia zasypem ziemią przestrzeni wolnych między głazami (tworząc strukturę dobrze upakowaną) i obsiewem nasionami właściwymi mieszankami traw. Taka konstrukcja jest trwalsza od tradycyjnego narzutu, utrudnia rozkradanie kamienia i jest znacznie bardziej estetyczna. Narzut z kamienia łamanego służy umacnianiu nawet stromych brzegów, zwłaszcza wklęsłych bardziej narażonych na niszczącą siłę wody. Nasadzenia wierzbowe warto urozmaicić wprowadzając ukorzenione sadzonki olszy czarnej, która dobrze znosi oświetlenie.

Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, oddalenie nurtu od brzegu, zatrzymywanie sedimentów. Narzut kamienny może przyczynić się do zanikania łągów olszowo-jesionowych. Nasadzenia tworzą siedliska dla zwierząt strefy przybrzeżnej; oleniają wodę.

Kratownica drewniana

Opis zalecanych rozwiązań

Na brzegach potoku narażonych na nadmierną erozję i osuwiska wykonuje się kratownice drewniane, które następnie wypełniane są ziemią lub kamieniami i obsadzone roślinnością. Umieszczane nad brzegami „wklęsłymi” potoków lub jako ubezpieczenie skarp na wypadach budowli poprzecznych..



Nadleśnictwo Międzylesie – kratownica na brzegach potoku Nowinka w Leśnictwie Nowa Wieś



Kratownica drewniana poniżej przepustu pod drogą gminną – kratownica pełni rolę ubezpieczenia wypadu i jednocześnie brodu umożliwiającego wjazd droga leśna pod górę – Nadleśnictwo Zdroje fot. R.Majewicz



Kratownica ożywiona wierzbą poniżej brodu w Nadleśnictwie Bielsko na gruntach mineralnych szkieletowych podatnych. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Uwagi

Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną.

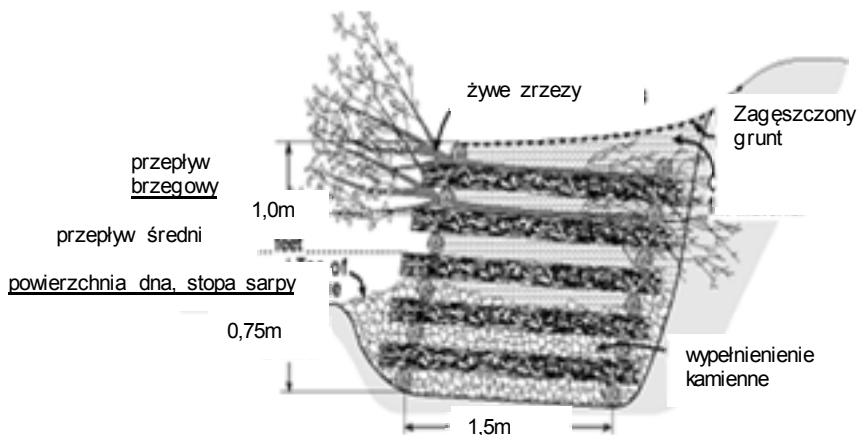
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja osuwisk, możliwość utworzenia trwałej roślinnej okrywy.

Kaszycy z nasadzeniami

Opis zalecanych rozwiązań

Kaszycy usadowiona w 1/3 poniżej dna potoku, u spodu wypełniona kamieniami, następnie ziemią i u góry żywymi nasadzeniami. Do obsadzania kaszycy nadają się przede wszystkim krzewiaste gatunki wierzby oraz w wyższych położeniach nad poziomem morza olcha zielona; nasadzenia warto urozmaicić wprowadzając lepiężnik różowy, jarząb pospolity, kalinę i kruszynę.



źródło: www.restoringrivers.org



*Kaszycy z pędami wierzby zabezpieczająca osuwisko pod drogą podcinaną przez ciek – pędy rozpoczęły wegetację jeszcze przed zakończeniem budowy. Nadleśnictwo Stuposiany.
Źródło: Archiwum CKPŚ.*

Efekty w środowisku

Zastosowanie kaszycy ułatwia odtworzenie roślinności na skarpach, co zwiększa odporność na erozję powierzchniową brzegu. Dzięki nasadzeniom z rodzimych gatunków roślin konstrukcja harmonijnie wkomponuje się w krajobraz doliny rzeki oraz powstają siedliska dla zwierząt zamieszkujących tereny nadbrzeżne.

- **Zabezpieczanie podnóża skarpy brzegowej**

Zabezpieczania z powalonych pni drzew

Opis zalecanych rozwiązań

Należy wybrać świeżo powalone, gęsto ugałęzione drzewa szpilkowe (czasem wystarczają same wierzchołki koron) i umieścić w powstałych wyrwach, skierowując wierzchołkami w dół cieku. Pnie mocujemy palikami i linami stalowymi. Gałęzie powodują zatrzymywanie unosin, które z czasem są przerastane przez korzenie roślinności nadbrzeżnej.



Powalony świerk zabezpieczający podmyty brzeg (Begemann i Schiechl 1999)

Uwagi

Rozwiązania tego typu służą: umacnianiu i załadowaniu gwałtownie powstałych osuwisk brzegów cieków o dużej sile niszczącej wody, ustaleniu nowej linii brzegowej. Jeżeli brzeg jest pozbawiony szaty roślinnej, należy wbić zrzezy wierzbowe lub posadzić ukorzenione sadzonki drzew i krzewów odpowiednich dla siedliska, korzenie przerosną i dodatkowo umocnią załadowiony obszar.

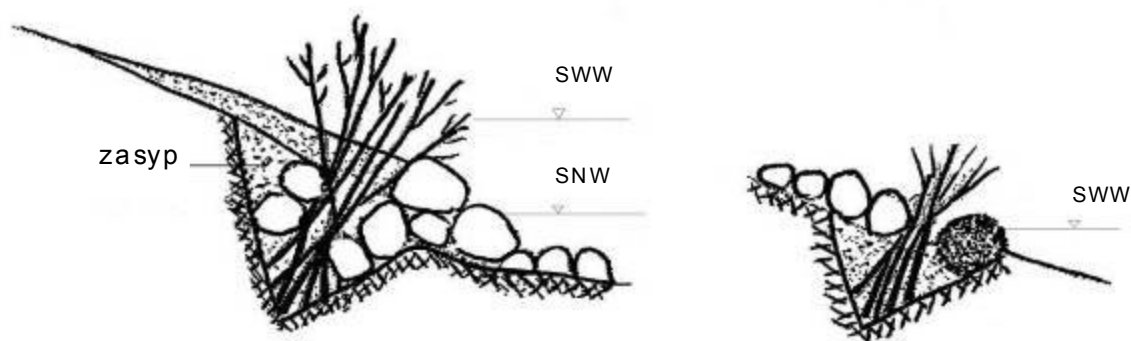
Efekty w środowisku

Wytworzenie siedlisk dogodnych dla zwierząt i kryjówek dla ryb.

Namulacze

Opis zalecanych rozwiązań

U podnóża skarpy brzegowej należy wykopać rów głębokości ok. 0,5m, w którym umieszcza się wiązki zrzechów wierzbowych obłożonych kamieniami i zasypanych gruntem rodzimym.



Namulacze – przekrój poprzeczny (Duszyński 2007, zmienione)

Uwagi

Namulacze wykonuje się w strefie wahań lustra wody. Mogą być stosowane w korytach cieków, w których prędkość przepływu wody waha się w przedziale 0,25 - 2m/s; ułatwiają wychwytywanie rumowiska i sprzyjają tworzeniu odsypisk.

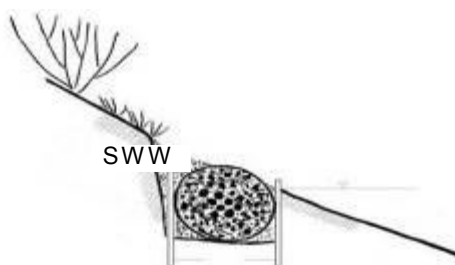
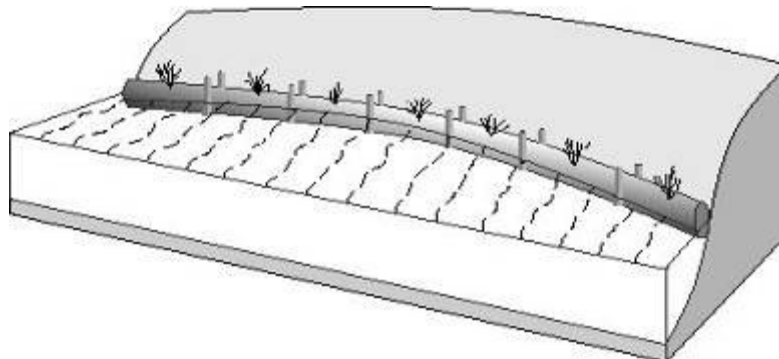
Efekty w środowisku

Stanowią miejsca schronienia oraz tarlisk dla ryb.

Faszynowa opaska brzegowa

Opis zalecanych rozwiązań

Mocno rozgałęzione pędy (np. chrust ścinkowy o max. średnicy pędów 5cm, pochodzący z pierwszego przycinania młodych zarośli liściastych) splata się w walec o średnicy 25-40cm i wiąże co 30cm stalowym drutem nierdzewnym. Na wierzchu powinny się znaleźć najcieńsze gałęzie, a w środku grubsze. Walec zagłębia się częściowo u podnóża skarpy, przymocowuje dwoma rzędami palików i częściowo zasypuje gruntem pochodzącym ze skarpy. Kiszka faszynowa spełni swoją rolę, jeśli na skarpie będą nasadzenia drzew, krzewów, np. wierzb i roślin zielnych, których korzenie przerosną faszynę oraz warstwę gruntu w miejscu przecięcia płaszczyzny skłonu z dnem.



0,3 m

Faszynowa opaska brzegowa i przekrój poprzeczny przez wiązkę faszyny

(www.restoringrivers.org oraz Duszyński 2007, zmienione)

Uwagi

Faszyna w połączeniu z warstwą gruntu przerośniętego korzeniami trwale umacnia podnóża skarpy, rozwiązanie stosowane najczęściej na odcinkach pomiędzy zakolami i łukami rzek.

Faszyna jest często stosowana w ekologicznym budownictwie ziemnym, np. jako element umacniania osuwisk. Może stanowić zabezpieczenie brzegoskłonów i materacy faszynowych przed podmyciem. Kiszkę faszynową najłatwiej przygotowuje się na drewnianych, ustawionych w jednej linii kozłach, zbudowanych z dwóch krzyżujących się drągów. Stosowane sadzonki i żywa faszyna powinna być dostosowana do siedliska i pochodzić tylko z gatunków rodzimych (patrz: *Zabudowa biologiczna*).

Efekty w środowisku

Ochrona przed erozją wklęsłego brzegu, zatrzymanie sedimentów, zawiesin oraz dopływy biogenów wraz splywem powierzchniowym.

- **Ochrona brzegu wklęsłego.**

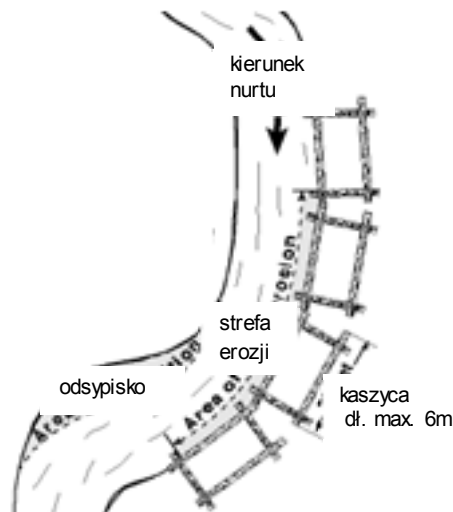
Kaszyce na brzegu wklęsłym

Opis zalecanych rozwiązań

Kaszyce buduje się z okorowanych kłód o średnicy nie mniejszej niż 15cm. Poziome bale przytrzymywane są kleszczami stężającymi wykonanymi z zastrzonych kłód wbitych pod kątem prostym w stosunku do powierzchni skarpy. W powstałych między kłódami niszach układa się warstwy zrzesów wierzbowych i ukorzenionych krzewów. Podstawę konstrukcji należy zabezpieczyć przed przemieszczeniem, wbijając przed najniższą kłodą szereg palików. Łączenia poszczególnych rzędów bali poziomych muszą być względem siebie przesunięte.



Przekrój poprzeczny kaszycy
(Begemann i Schiechtel 1999)



Rozmieszczenie kaszyc na brzegu wklęsłym
(www.restoringrivers.org)



Budowa największej kaszycy w projekcie retencji górskiej – zwraca uwagę solidne ubezpieczenie podstawy kaszycy głazami – Nadleśnictwo Stuposiany Źródło: Archiwum CKPŚ.



Najdłuższa kaszyca w projekcie retencji górskiej – Nadleśnictwo Nawojowa. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Uwagi

Ściana kaszycy powinna być odchylna od pionu co najmniej o 10°. Do wykonania szkieletu konstrukcji należy stosować drewno okorowane, odporne na butwienie, np. modrzew. Niezalecane jest stosowanie olchy, sosny lub świerka. Wysokość kaszycy nie powinna przekraczać 2m. Poziome kłody przyjmują większy nacisk gruntu niż kleszcze stężające, dlatego celowe jest użycie kłód o większej średnicy. Kaszyce stosowane są także do umacniania stref wylotu lub wlotu przepustów. W celu ograniczenia oddziaływania nurtu potoku na konstrukcję można zastosować (zwłaszcza na brzegu wklęsłym) ostrogi, tamy podłużne z ostrogami lub narzut z pni drzew.

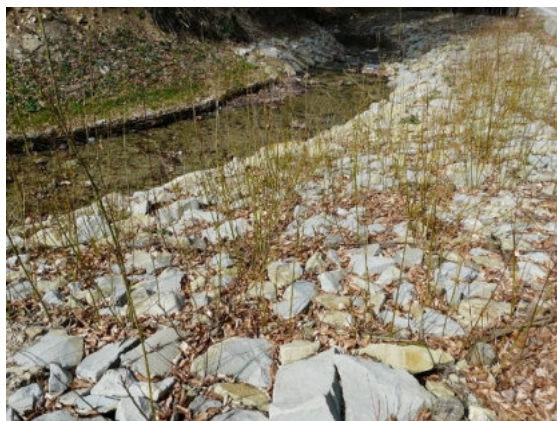
Efekty w środowisku

Zastosowanie kaszyc ułatwia odtworzenie roślinności na skarpacech, zwiększa odporność na erozję powierzchniową brzegu.

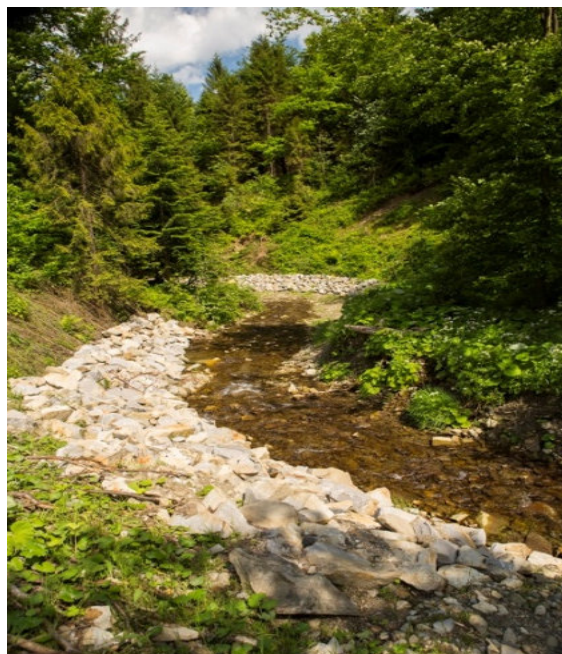
Ożywiony, układany narzut kamienny na brzegu wklęsłym

Opis zalecanych rozwiązań

Faszyna i zrzesy wierzbowe umieszczone w układanym, klinowanym narzucie kamiennym, możliwość wykonania w takcie budowy prostych nasadzeń wiążących strukturę (patrz *Zabudowa biologiczna*).



Narzuty kamienne układane, klinowane, z nasadzeniem pędów wierzbowych (dla porównania na ostatnim zdjęciu mniej odporny na napór wody narzut bez nasadzeń, nieklinowany, nieukładany) – rozwiązania wykonane w ramach projektu Małej retencji górskiej na brzegach wklęsłych, wcześniej narażonych na erozję boczną – przyjazna przyrodzie forma ochrony infrastruktury drogowej. Źródło: Archiwum CKPŚ



Uwagi

Podwyższona trwałość i estetyka narzutów kamiennych poprzez układanie głazów i klinowanie odpadami kamienia i inicjowanie zarastania przez żywe zrzesy wierzbowe wtykane pomiędzy kamienie. Płatki faszynowe na szczycie skarpy i na dole utrzymujące płaszczyznę narzutu w początkowym okresie. Taka konstrukcja jest trwalsza od tradycyjnego narzutu, utrudnia rozkradanie kamienia i jest znacznie bardziej estetyczna.

Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, zatrzymywanie sedimentów.

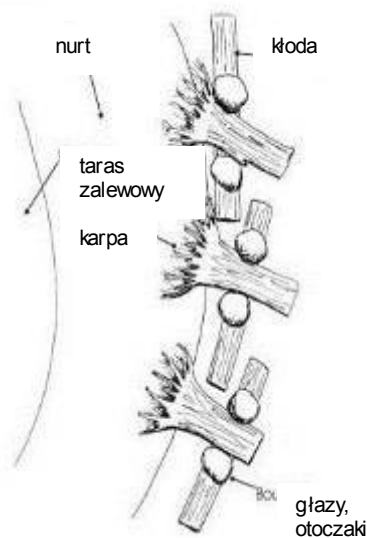
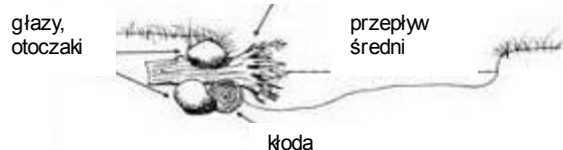
Ochrona brzegu wklęsłego za pomocą karp

Opis zalecanych rozwiązań

Ochrona brzegów wklęsłych za pomocą karp (systemy korzeniowe wraz z pniakami) i głazów utwierdzających.



karpa z odziomkiem



źródło: www.restoringrivers.org

Efekty w środowisku

Ochrona brzegów przed podmywaniem, napływem osadów do cieku. Powstają siedliska dla zwierząt strefy przybrzeżnej. U podnóży karp powstaje kurtyna korzeni stanowiących miejsce schronienia dla ryb.

Ochrona brzegu wklęsłego - Głazy

Opis zalecanych rozwiązań

Duże głazy narzutowe, płyty z kamieniołomu posadowione na części brzegu wklęsłego.



Zabezpieczenie brzegu wklęsłego głazami
(fot. Montgomery County Department of Environmental Protection)

Uwagi

Ubezpieczenie brzegu nie powinno zawęźać przepływu, na brzegu wypukłym powinna zostać odtworzona terasa zalewowa dla wód powodziowych.

Efekt środowisku

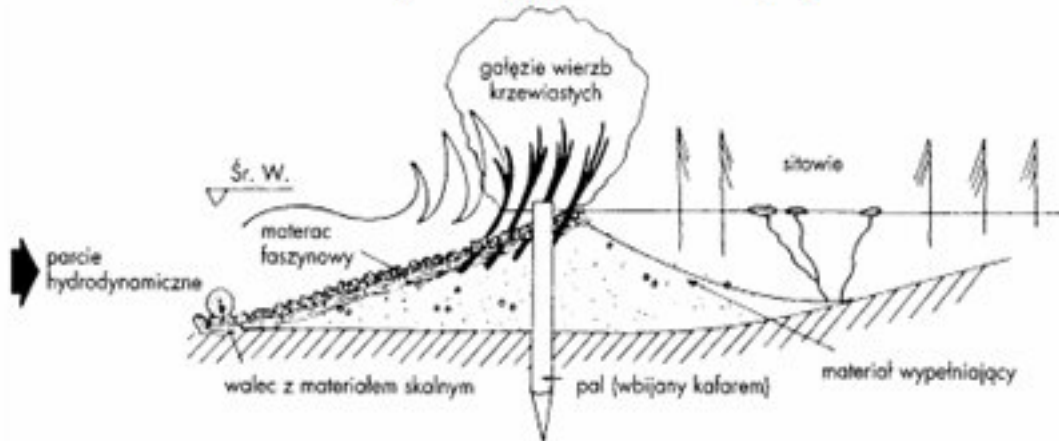
Odepchnięcie głównego nurtu cieku od brzegu wklęsłego. Odstęp między głazami umożliwia naturalne wylewanie się wody na tereny np. łągów olszowo-jesionowych.

Do osłony brzegu wklęsłego doskonale nadają się także deflektory nurtu i ostrogi (opisane szerzej w rozdziale 1.2 pkt. g – *Naturalizacja i meandryzacja cieków.*) Poniżej przykład jednego z proprzyrodniczych rozwiązań budowy ostrogi chroniącej brzeg i odpychającej nurt wód wezbraniowych.

Ostrogi faszynowe

Opis zalecanych rozwiązań

Wykonanie z pali wbitych w jednej linii: od strony rzeki układa się materace faszynowe i przymocowuje z jednej strony do wbitych pali, obciążając przeciwną krawędź. Uszczelnia się materiałem spoistym. Po przejściu wody wiosennej należy posadzić zdrewniałe sadzonki wierzbowe, a następnie usunąć je po ustabilizowaniu się brzegów.



Tama faszynowa (Begemann i Schiechl 1999)

Efekty w środowisku

Tama faszynowa ma za zadanie ochronę brzegu i roślinności nadbrzeżnej przed działaniem falującej wody. Można stosować jako naturalne ostrogi.

2.1.2 Rozbiórka i modernizacja budowli niedostosowanych do wód wezbraniowych

a) Rozbiórka budowli

| Rozbiórka budowli | |
|--|--|
| Opis zalecanych rozwiązań | |
| <p>W przypadku, gdy budowle lub urządzenia hydrotechniczne uległy zniszczeniu na skutek niszczącej siły wód wezbraniowych, nie pełnią już swoich funkcji a ich odbudowa lub przebudowa nie jest konieczna, najlepiej jest przeprowadzić rozbiórkę takiego obiektu i przywrócić naturalny bieg potoku.</p> <p>Przykład rozbiórki przepustu okularowego zawężającego ciek naturalny i przerywającego ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Cisna.</p> | |
|  |  |
| <p>Zniszczony betonowy przepust na nieużytkowanym szlaku zrywkowym, przerywający ciągłość biologiczną cieku</p> | <p>Miejsce po rozebraniu betonowego przepustu, w którym przywrócono ciągłość biologiczną cieku</p> |
| <p>Przykład rozbiórki jazu przerywającego ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Krasieczyn.</p> | |
|  |  |
| <p>Zniszczony betonowy jaz przerywający ciągłość biologiczną cieku przed przebudową</p> | <p>Bystrze o zwiększonej szorstkości w miejscu rozebranego betonowego jazu, przywracające ciągłość biologiczną cieku</p> |
| Efekty w środowisku | |
| <p>Przywrócenie ciągłości biologicznej cieku i transportu rumowiska.</p> | |

b) Przebudowa istniejących zapór przeciwrumowiskowych

W wielu miejscach istnieją zapomniane i nie spełniające swych funkcji kamienne zapory przeciwrumowiskowe.

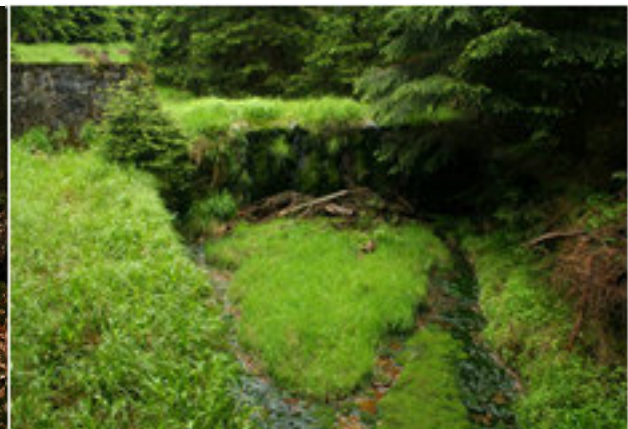


Wypełniona zapora tworzy wysoki próg – przerwana ciągłość cieku – Nadleśnictwo Szklarska Poręba. Źródło: Archiwum CKPŚ

Zazwyczaj są to obiekty zaniedbane, całkowicie wypełnione rumoszem, porośnięte mchem i roślinnością. Niejednokrotnie budowle te są bardzo stare, budowane jeszcze przed wojną. Od dawna wypełnione do cna utraciły swą funkcję przechwytywania rumoszu niesionego przez potok.



Całkowicie wypełniona zapora na cieku z potencjałem siedliskowym dla ryb – Nadleśnictwo Łądek Zdrój. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Jedna z zapór w Nadleśnictwie Łądek Zdrój wypełniona całkowicie, na której zaszła sukcesja roślinności – takie obiekty niczemu już nie służą. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Zapora nawet pusta przerywa ciągłość biologiczną cieku, rzadko które organizmy wodne są w stanie pokonać taką przeszkodę przez małe okienka. Całkowicie wypełniona zapora tworzy zaś ogromny nieraz kilkumetrowy próg przerywający ciągłość całkowicie.

Dawniej zapory łączyły wiele funkcji. Były także regularnie opróżniane, gdyż funkcja gospodarcza tych obiektów, czyli przechwytywanie i magazynowanie dużych ilości rumoszu było niezwykle istotne – zgromadzony materiał wykorzystywano w celach budowlanych.

Dziś nie jest już problemem pozyskanie tłuczni budowlanego. Ponadto, prawnie zakazany jest pobór żwiru i kamieni z naturalnych potoków i rzek. Zapory utraciły swe gospodarcze znaczenie. Jednak

pozostał nam spadek po poprzednich pokoleniach i obecnie aktualne jest pytanie: *jak takie obiekty traktować?*

W wielu przypadkach najwłaściwszym byłaby po prostu **rozbiórka zapór przeciwrumowiskowych**. Szczególnie tam, gdzie erozja poniżej obiektu poczyniła spore spustoszenie w cieku oraz na ciekach o dobrych warunkach siedliskowych dla ryb, dla których istnienie zapory stanowi jedyne przerwanie ciągłości lub pozostałe bariery łatwe są do usunięcia/przebudowy w ramach komplementarnych działań.



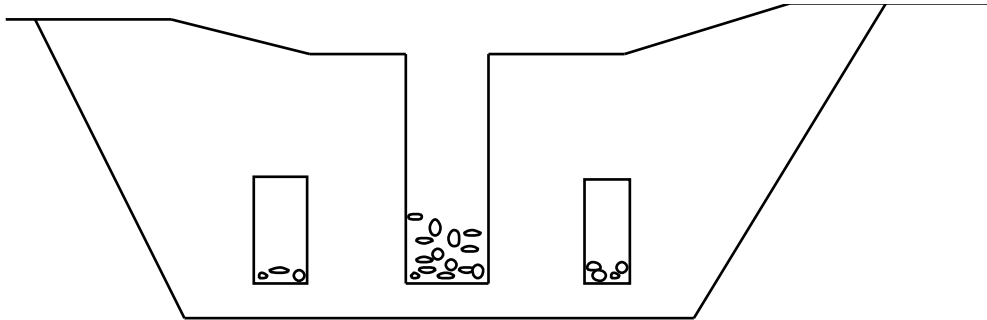
Bardzo stara zaniedbana zapora kwalifikująca się do rozebrania – Nadleśnictwo Łądek Zdrój. Na decyzje o rozbiórce zapory powinny mieć wpływ nie tylko stan obiektu, ale jego funkcje i dysfunkcje gospodarczo – przyrodnicze w otoczeniu. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Kompromisowym i bardzo ciekawym rozwiązaniem jest **częściowa rozbiórka zapory i przekształcenie tego obiektu w zaporę wylapującą bardzo gruby rumosz mineralny (głazy) i rumosz drewniany** oraz wytracającą energię wody. Modernizacja tych zapór powinna iść w kierunku uzyskania łączności z korytem pierwotnym np. poprzez wycięcie odpowiedniej szczeliny w korpusie zapory sięgającej dna cieku. Takie zapory powinny przejmować tylko funkcję kontrolną transportu rumowiska w czasie fali powodziowej w celu zahamowania skali erozji dennej. W czasie normalnych stanów wody transport rumowiska jest zachowany co przeciwdziała erozji poniżej obiektu. Poza tym, przy znacznym wcięciu w koryto, rzeka lub potok traci łączność pomiędzy strefą koryta, a strefą brzegową utrudniając odnawianie się ciągów siedliskowych.

Przykłady takich przekształceń starych zapór pokazuje zdjęcie i rysunek poniżej



Zmodernizowana zapora szczelinowa (Austria)



Rys. 10. Zapora szczelinowa (Litzbach, Austria)

Zapory **szczelinowe** (rys. powyżej) o pionowych otworach, sięgających od korony zapory zwykle do poziomu pierwotnego dna potoku. Zadaniem tych zapór jest regulacja szybkości transportu rumowiska. Szczeliny mają taką szerokość, aby przy normalnym stanie wody przepływała ona przez nie bez przeszkód, a uległa spiętrzeniu tylko w czasie fali powodziowej. Na skutek spiętrzenia i efektu cofki, znaczna część rumowiska zostaje zatrzymana. Po opadnięciu fali woda przepływa przez zapórę, stopniowo unosząc ze sobą nagromadzone uprzednio rumowisko.

Takie przekształcenia istniejących zapór, które w chwili obecnej zatrzymują praktycznie całe rumowisko mineralne możliwe są do realizacji w ramach projektów.

W wielu krajach, w tym w Austrii, odchodzi się od przechwytywania całego rumowiska na rzecz kontroli jego ruchu przy stanach ekstremalnych, które przy obecnych tendencjach zmian klimatu będą się nasilać. W tym celu montuje się także widoczne na zdjęciu poniżej zapory ograniczające pochod rumoszu dużych frakcji w trakcie gwałtownych wezbrań. Na takich zębach zatrzymuje się też rumosze drewniany niesiony przez wodę, co może mieć duże znaczenie dla przetrwania infrastruktury poniżej.



Źródło: Jahresbericht 2002, Forsttechnischer Dienst tur Wildbach – und Lawinenverbauung

Inny przykład przebudowy prezentują zdjęcia poniżej. Na dolnym, małym zdjęciu w rogu widać prace przy oczyszczaniu niecki z rumoszu i linię starej, zapory z tradycyjnymi oczkami odsączającymi.



Źródło: Jahresbericht 2002, Forsttechnischer Dienst tur Wildbach – und Lawinenverbauung.

Obiekt ten rozebrano i zastąpiono nową konstrukcją ze szczyrbą sięgającą dna potoku nie przerywającą transportu rumowiska, ale ograniczającą katastrofalny transport rumoszu. Nowa zapora nie powoduje erozji poniżej, nie przerywa ciągłości biologicznej i morfologicznej ciek i łączy zalety zapory i zbiornika suchego jednocześnie.

W przypadku, gdy z uzasadnionych przyczyn niemożliwa jest całkowita lub częściowa rozbiórka zapory (wcięcie się do dna ciek w ścianie zapory – patrz wyżej) ciągłość biologiczną ciek można przywrócić budując **przeplawkę omijającą obiekt**.

Należy jednak pamiętać, iż przeplawki, nawet najlepsze nigdy nie są tak dobre jak naturalny ciek i ryby mogą mieć trudności z ich pokonaniem. Poza tym, selekcjonują one populacje na osobniki zdolne i niezdolne do ich pokonania (np. osobniki młode mogą danej przeplawki nie być w stanie przepłynąć). Dlatego, znacznie lepszym rozwiązaniem będzie w takim wypadku częściowe rozebranie/przekształcenie zapory przywracające równocześnie transport rumowiska tak ważny dla ryb w danym cieku. Przykład przeplawki dobudowanej do zapory przeciwrumowiskowej poniżej.



Zapora przeciwrumowiskowa w Nadleśnictwie Łądek Zdrój z oczyszczoną w ramach projektu retencji górskiej niecką (min. funkcja przeciwpowodziowa) i dobudowaną przeplawką. Zapora przerywa ciągłość transportu rumowiska - należy monitorować potrzebę alimentacji rumoszu poniżej zapory. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Niekiedy podejmowane są także próby przebudowy zapory na przepławkę w formie kaskady. Nie każdy obiekt i spadek ciekę umożliwiają jednak taką przebudowę w efekcie mogą powstawać kaskady zbyt strome dla organizmów wodnych, jak ta na przykładzie poniżej.



*Przepławka wykonana w zaporze przeciwrumowiskowej na potoku Wirchomla.
Źródło: Archiwum CKPŚ.*

W większości przypadków rumosz mineralny różnych frakcji zatrzymywany w niecce zapory odbierany jest przyrodzie i naturalny ciągły proces układania go przez potok na dnie (opancerzanie dna) jest zaburzony. Brakuje dostaw materiału na łachy, odsypy, namuliska. Morfologia dna cieków naturalnych charakteryzuje się zmiennością, ale muszą być ciągłe dostawy budulca chroniącego dno przed nadmierną erozją oraz ważnego dla wielu gatunków stworzeń żyjących w wodzie i poza nią. W tym kontekście warto porównać rumosz zgromadzony w niecce zapory na pierwszych zdjęciach z kilku zapór ze zdjęciem pokazującym żwir różnych frakcji na pryzmie sztucznie przygotowany i wsypywany w ciekę przez człowieka tam, gdzie sytuacja jest już tak zła, że brakuje miejsc dla rozrodu ryb łososiowatych.



*Rumosz różnych frakcji zalegający w czaszy różnych zapór – Nadleśnictwo Łądek Zdrój. Źródło:
Archiwum CKPŚ.*



Bliźniaczo podobny materiał zgromadzony w zaporze jak na prawym zdjęciu przygotowany sztucznie. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Zmieszany materiał żwirowo-kamienny różnych frakcji przygotowany na tarlisko Źródło: J.Nyk, J.Domagała „Sztuczne tarliska dla ryb...” w „Użytkownik rybacki nowa rzeczywistość” Spała 2008 r.

Tego rodzaju prace polegające na tworzeniu sztucznych łach są godnym uznania przejawem troski o faunę wodną. Powstaje tu jednak pytanie o ogólną konsekwencję w podejściu do kształtowania życia w ciekach przez człowieka i najlepszy sposób godzenia potrzeb przyrody i potrzeb gospodarczych, tak by nie były realizowane (często za pieniądze z podobnych źródeł) działania sprzeczne.

W tym kontekście, na dzień dzisiejszy zapory przeciwrumowiskowe z małymi okienkami odsączającymi wodę są już rozwiązaniem anachronicznym, stąd obiekty te powinny być przebudowywane do nowych potrzeb lub likwidowane. Te zaś, które bezpośrednio chronią infrastrukturę odpowiednio często czyszczone, by spełniały także funkcję ograniczenia fali wezbraniowej w zlewni i wyposażane w przepławki.



Ręczne wsypywanie materiału żwirowo kamennego w dno uregulowanego cieku o zaburzonej morfologii. Źródło: J.Nyk, J.Domagała „Sztuczne tarliska dla ryb...” w „Użytkownik rybacki nowa rzeczywistość” Spała 2008 r.



Utworzona sztuczne łacha żwirowa. Źródło: J.Nyk, J.Domagała „Sztuczne tarliska dla ryb...” w „Użytkownik rybacki nowa rzeczywistość” Spała 2008 r.



Gniazdo tarłowe wykopane przez ryby na sztucznym tarlisku. Źródło: J.Nyk, J.Domagała „Sztuczne tarliska dla ryb...” w „Użytkownik rybacki nowa rzeczywistość” Spała 2008 r.

c) Przebudowa i modernizacja obiektów (mostów, przepustów, brodów)

Obiekty niedostosowane do wód wezbraniowych takie jak przepusty, mostki i brody zaleca się przebudowywać na obiekty tego samego typu ale np. o zwiększonym świetle, dostosowanym do określonego stanu wód lub obiekty innego typu spośród ww. w zależności od warunków hydrologicznych i środowiskowych, wykonując je zgodnie z zaleceniami opisanymi poniżej.

• Brody

Jeżeli mały ciek krzyżuje się z drogą gruntową lub szlakiem turystycznym bród można wykonać w najprostszej postaci poprzez ułożenie rozsuniętych kamieni na podłożu wzmocnionym tłuczniem. Kamienie powinny wystawać z wody przez większą część roku.

Taki sposób przecięcia rzeki i drogi zapewnia pełną drożność korytarza ekologicznego ciek i wzdłuż ciek – z tego punktu widzenia bród jest znacznie lepszym rozwiązaniem niż przepust. Bród może powodować niewielkie spiętrzenie wody - co należy uwzględnić w jego konstrukcji.

Bród należy w miarę możliwości zagłębić w korycie ciek, aby nie przerywać ciągłości ciek i nie powodować erozji dna poniżej budowli (przykłady w rozdz. *Jak robią to najlepsi*).

Bród piętrzący ze ścianką szczelną

Opis zalecanych rozwiązań

Brody często będą budowlami wielofunkcyjnymi. W tym wypadku konstrukcja jest elementem ochrony czynnej mokradeł i bród ma też funkcję piętrzącą. Od strony cieku - próg drewniany lub/i ścianka szczelna.



Bród w Nadleśnictwie Strzałowo (fot. M. Goździk)



Bród piętrzący, którego funkcją jest także zatrzymanie wody na obszarach mokradłowych widocznych na zdjęciu. Nadleśnictwo Strzałowo (fot. A. Ryś)

Efekty w środowisku

Taki sposób przecięcia rzeki i drogi zapewnia pełną drożność korytarza ekologicznego cieku i wzdłuż cieku - z tego punktu widzenia bród jest znacznie lepszym rozwiązaniem niż przepust. Konstrukcja brodu może umożliwić niewielkie spiętrzenie wody.

Bród kamienny

Opis zalecanych rozwiązań

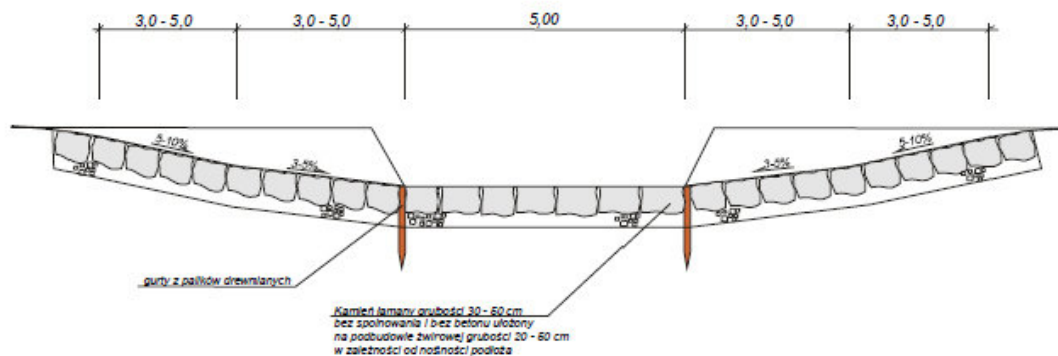
Bród z kamienia łamanego grubości 30-60 cm, bez spoinowania i betonu, ułożony na podbudowie żwirowej gr. 20-60cm (w zależności do nośności podłoża). Gurty wykonane z palików drewnianych oraz kamienia łamanego.

BRODY 5 m

- spadek poprzeczny na brodzie 2-5%
- narzut z kamienia łamanego

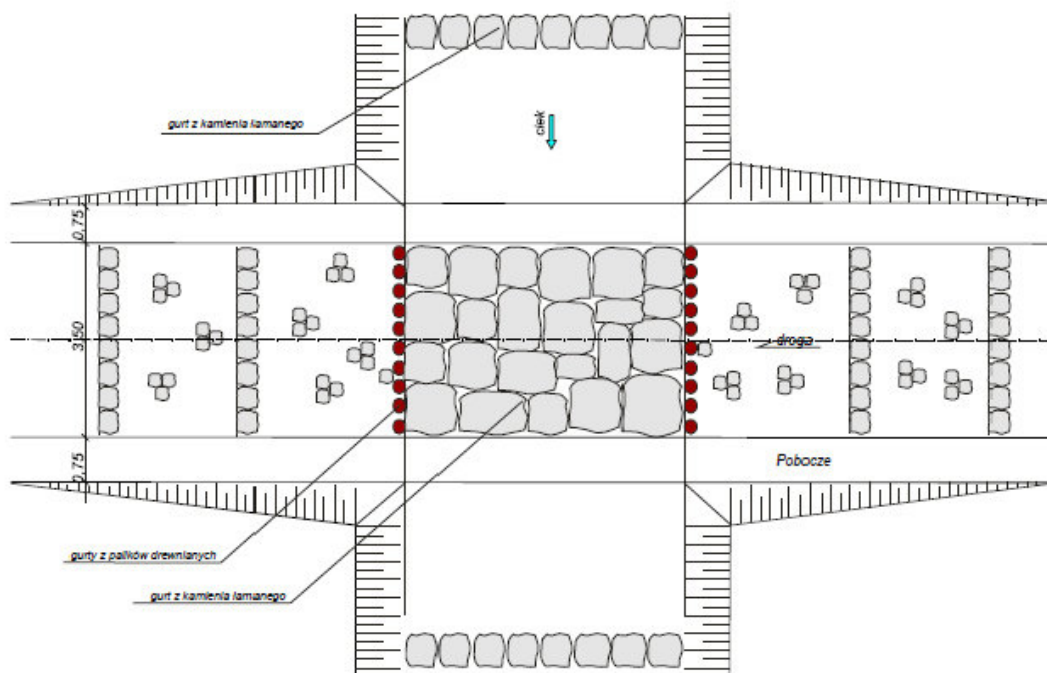
Profil podłużny

Skala 1:100



Rzut z góry

Skala 1:100



Szkic brodu z Nadleśnictwa Łosie (RDLP Kraków)

Efekty w środowisku

Taki sposób skrzyżowania potoku i drogi zapewnia ciągłość biologiczną cieku i korytarza ekologicznego wzdłuż potoku - z tego punktu widzenia bród jest znacznie lepszym rozwiązaniem niż przepust. Konstrukcja brodu może powodować niewielkie spiętrzenie wody.

Bród kaszycowy (drewniano-kamienny)

Opis zalecanych rozwiązań

Bród o konstrukcji drewnianej wypełniony kamieniem (np.: dużym tłuczniem).



Fot. PRO-LAS s.c., Kraków

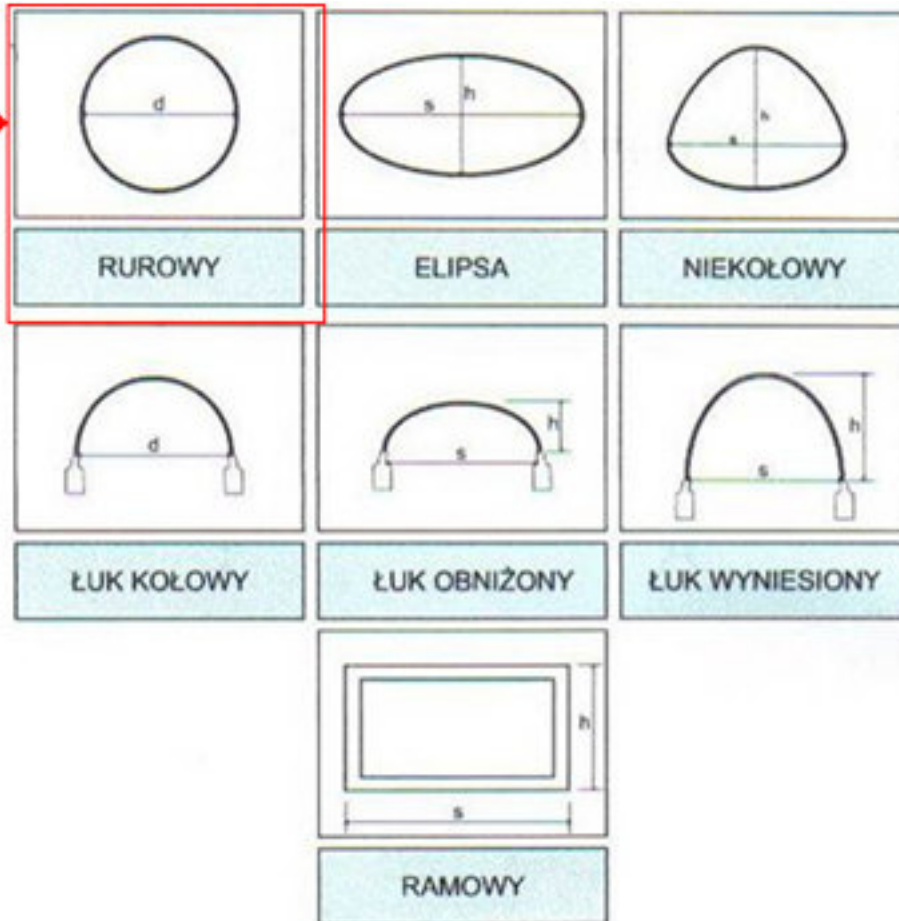
Efekty w środowisku

Taki sposób przecięcia rzeki i drogi zapewnia pełną drożność korytarza ekologicznego cieku i wzdłuż cieku - z tego punktu widzenia bród jest znacznie lepszym rozwiązaniem niż przepust. Konstrukcja brodu może umożliwić niewielkie spiętrzenie wody.

- **Przepusty**

Nowo projektowane przepusty mają stanowić korytarze ekologiczne łączące rozdzielone ciągami komunikacyjnymi siedliska zwierząt. Jeżeli mały ciek krzyżuje się z drogą gruntową należy rozważyć zastąpienie przepustu brodem. Przepusty łukowe lub prostokątne o dużym świetle pozwalają zwierzętom na swobodne przemieszczanie się przez nie, dodatkowo nie stwarzają problemu w eksploatacji i nie zatykają się. Mogą być wykonane z blachy falistej, tworzyw sztucznych lub kamienia. Przy ich projektowaniu obliczenia powinny być prowadzone dla deszczy nawalnych.

Kształt zakazany na terenach górskich.



Rys. 11. Typowe kształty przekroju poprzecznego nowoczesnych przepustów, zalecane: niekołowe i łukowe. (Wysokowski i Howis 2008)

Minimalna średnica przepustów w górach powinna wynosić 1,0m, wg § 49 Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Wodnej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U.2000.63.735):

- przepusty na górskich potokach z ruchem rwącym, powinny mieć odpowiednio uformowane wloty i wyloty, zapewniające przepływ wody bez zmiany jego charakteru,
- na potokach górskich z ruchem spokojnym przekrój przewodu przepustu powinien być nie mniejszy niż przekrój koryta cieku przy przepływie wody średniej rocznej, przy zachowaniu niezmiennego poziomu zwierciadła wody,
- **na potokach górskich nie dopuszcza się zastosowania przepustów o wlotach zatopionych i wielootworowych oraz o przewodach kołowych.**

Projektanci przepustów powinni rozpoznać oprócz warunków przepływu wody, również potencjalną grupę zwierząt korzystającą z przejścia. Minimalne wymiary przejść samodzielnych dla płazów i gadów 0,6 m (zaleca się jednak, żeby minimalna średnica przepustów była **nie mniejsza niż 1,0 m**), dla małych zwierząt takich jak lisy, kuny i borsuki (*wymagają specjalnych ścieżek*) - 1,0 m, dla zwierząt średnich (*dziki, samy*) - 4,0 m szerokości i 2,5 m wysokości (*przejścia prostokątne*). Można też wykonywać bariery naprowadzające zwierzęta do przejścia. Należy również zapewnić drożność przez cały rok, szczególnie w czasie intensywnych opadów śniegu (Bajkowski i Marzysz 2004).

Przeput zagiębiony

Opis zalecanych rozwiązań

Przeput zagiębiony do połowy w dnie ciek.



(Przybyła 2002)

Uwagi

Stosowany, gdy istnieje duże ryzyko zatkania przepustu przez rumosz kamienny, drzewny lub osady.

Efekt w środowisku

Pasy gruntu pozostawione po bokach umożliwiają wędrówkę zwierząt lądowych. Natomiast materiał naturalny pozostający na dnie przepustu – zwierząt wodnych.

Przepusty o dużym świetle

Opis zalecanych rozwiązań



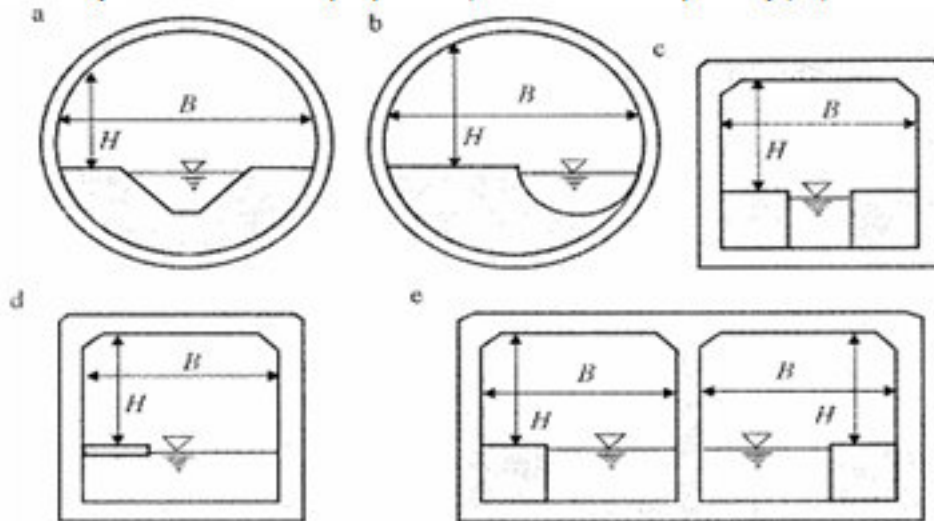
W celu umożliwienia przez nie wędrówek zwierząt wodnych, budowle te powinny posiadać naturalne dno. Aby osadzał się w nich materiał niesiony przez wodę na dnie przepustu należy ułożyć kamienie lub rumosz drzewny, wskazane jest również umieszczenie na jego końcu narzutu kamiennego - jeżeli spód przepustu znajduje się wyżej niż dno cieku. (rys. Przybyła 2002)



Przepusty i przejścia zespolone

Opis zalecanych rozwiązań

Tunele powinny mieć skośne ściany czołowe (nachylone pod kątem $> 45^\circ$ do osi przejścia). Ścieżka dla małych zwierząt powinna mieć nie mniej niż 0,5m szerokości i być wyniesiona ponad zwierciadło wody średniej (SQ).



Przepusty/przejścia zespolone (Bajkowski i Marzysz 2004):

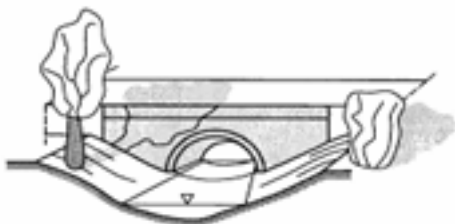
- a) ze ścieżką dwustronną w przepuscie kołowym
- b) ze ścieżką jednostronną
- c) ze ścieżką dwustronną w przepuscie prostokątnym
- d) ze ścieżką (półką) jednostronną w przepuscie prostokątnym
- e) ścieżki w przewodzie podwójnym

Uwagi

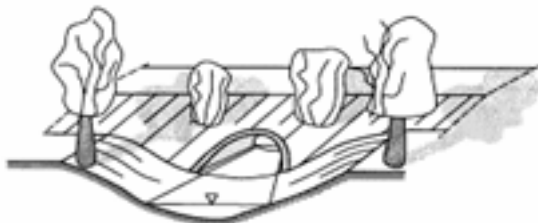
Zbocza nasypów należy zakrzaczyć lub zadrzewić.

Przepusty łukowe

Opis zalecanych rozwiązań



Przewód łukowy, dno naturalne, ścieżka dla zwierząt, skarpy koryta umocnione roślinnością wysoką



Przewód łukowy, dno naturalne, ścieżka dla zwierząt, skarpy koryta i nasypu umocnione roślinnością (Żelazo i Popek 2002).

Uwagi

Zbocza nasypów należy zakrzaczyć lub zadrzewić.

Przeput sklepiony, tubosider

Opis zalecanych rozwiązań

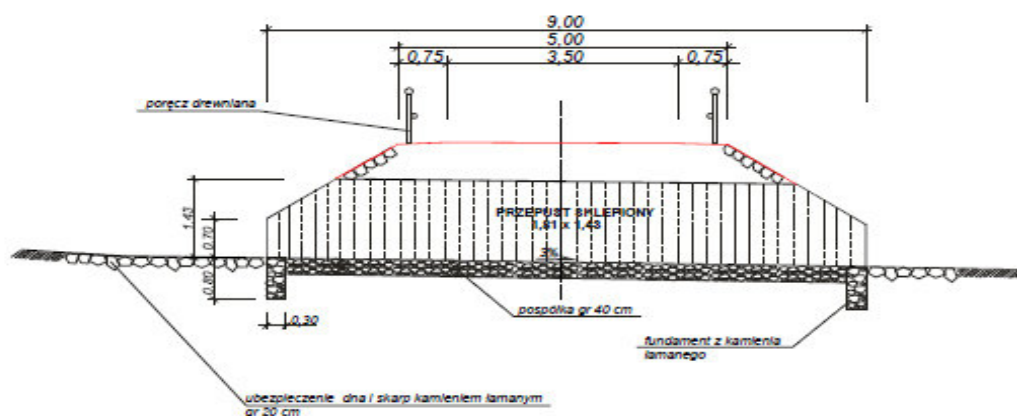
Przeput wykonany z elementów blachy stalowej falowanej, ułożony na poziomie istniejącego dna koryta potoku i obsypany gruntem z pospółką. Przeput tego rodzaju nie wymaga ścianek czołowych oraz betonowych fundamentów.

Fundamenty na wlocie i wylocie z przepustu powinny być wykonane z kamienia łamanego, podobnie umocnienie nasypu oraz ubezpieczenie dna wylotu (np. kamieniem pochodzącym z kamieniołomów).

KONCEPCJA PRZEBUDOWY ISTNIEJĄCYCH PRZEJAZDÓW PRZEZ POTOKI NA PRZEPUSTY SKLEPIONE W ODDZIAŁACH 237 Ba i 238 Af

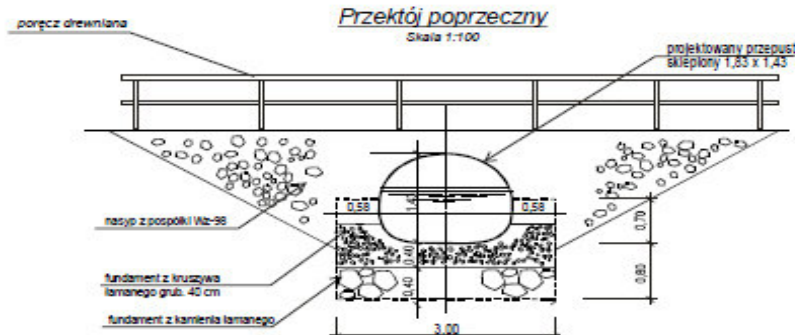
Profil podłużny

Skala 1:100



Przekój poprzeczny

Skala 1:100



Rysunek brodu z Nadleśnictwa Łosie (RDLP Kraków)

Uwagi

Brzegi nasypów należy obsadzić krzewami oraz trawą.

Efekt w środowisku

Szeroka podstawa przepustu oraz falista budowa nie powoduje przyspieszenia spływu; dodatkowo niesiony wodą rumosz rzeczny osadza się na dnie przepustu tworząc zbliżone do naturalnego koryta potoku przyjazne organizmom wodnym. Naturalne materiały wykończeniowe: kruszywo naturalne, kamień łamany, nasadzenia dobrze komponują się z naturalnym środowiskiem.

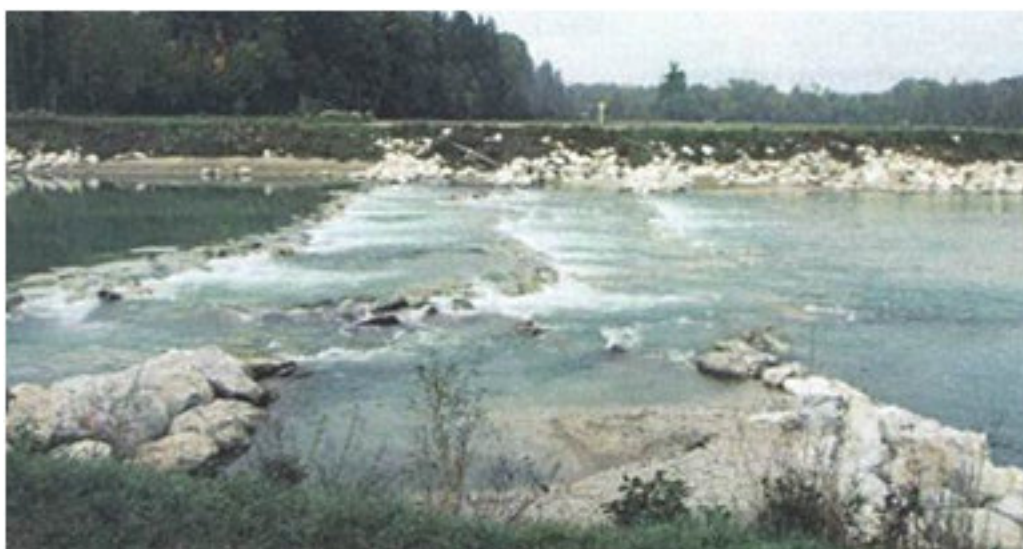
d) Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza

- **Bystrza o zwiększonej szorstkości**

Stabilizację koryt potoków górskich i podgórskich charakteryzujących się dużymi spadkami podłużnymi, znaczną zmiennością stanów wody, nagłymi wezbrzeniami i intensywnym transportem rumowiska uzyskuje się najczęściej poprzez budowę stopni lub progów w celu wytworzenia określonego spadku dna. Działania takie mają jednak negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze, przez co nie będą realizowane w ramach projektów. Bardziej przyjazne środowisku jest stosowanie **bystrzy o zwiększonej szorstkości**. Jest to kompromis pomiędzy wymogami środowiska przyrodniczego, a ingerencją człowieka. Budowla ta umożliwia migrację ryb oraz makrobezkręgowców dennych (bentosu), powoduje natlenienie wody oraz dobrze harmonizuje z krajobrazem.

Tego rodzaju rozwiązanie możliwe są do realizacji zarówno na dużych rzekach jak i małych potokach.

W przypadku mniejszych potoków o dużych spadkach jednostkowych, sugeruje się zastosowanie drewnianego **bystrza kaskadowego** składającego się z przegród w formie nieregularnej palisady, tworzących niewielkie baseny (zalecany spadek może wynosić 1:10). Warto pamiętać, że dolna część bystrza powinna „zapadać” się pod dno rzeki (patrz rys. bystrza typu austriackiego lub Vincenta), oraz że cała budowla powinna być zakończona drewnianą palisadą.



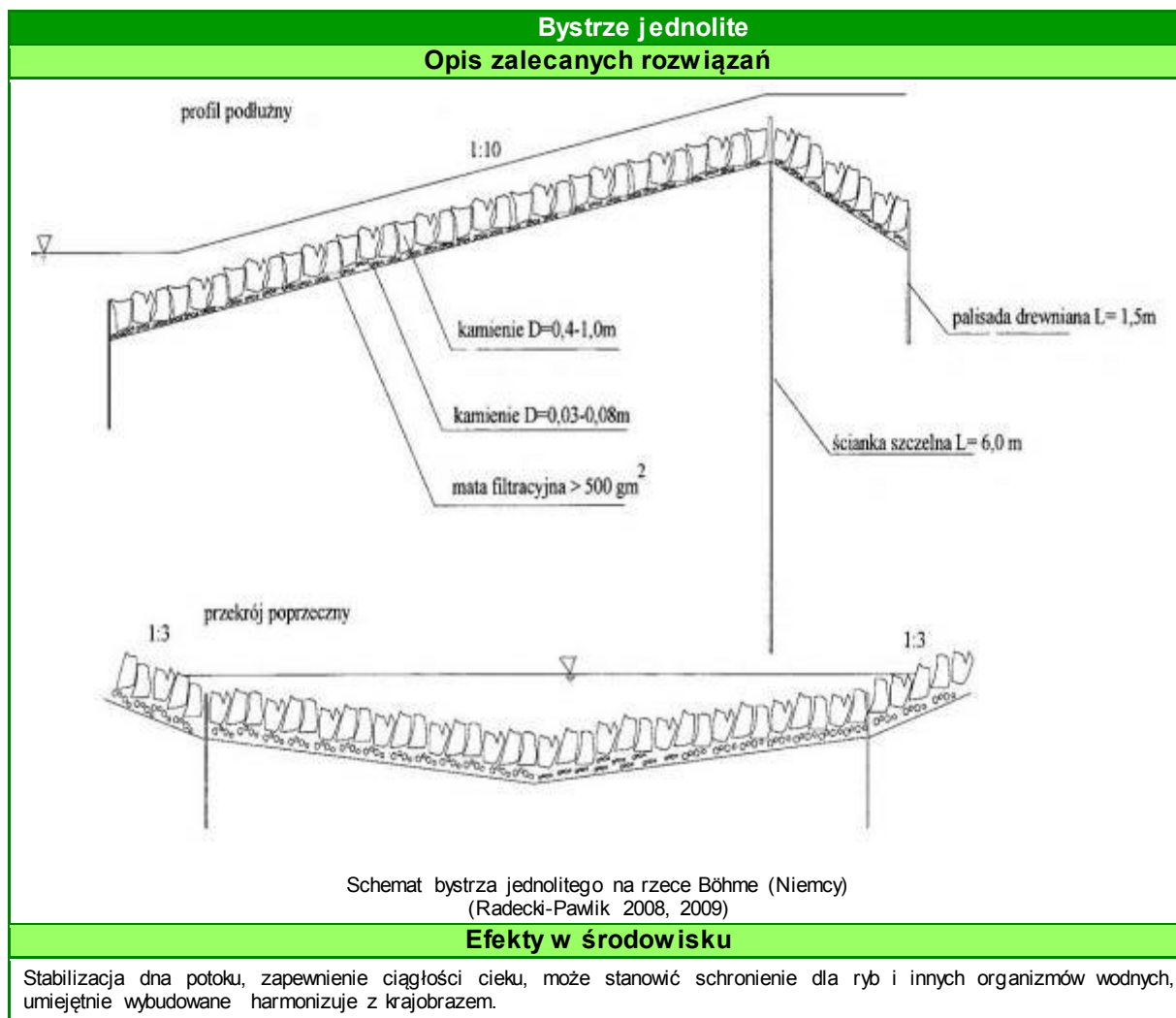
Fot. 7. Bystrze kaskadowe na rzece podgórskiej
(Jelonek 2008)

Również dobranie wielkości kamieni na bystrzu i sposób ich rozmieszczenia jest istotnym zagadnieniem mającym wpływ na skuteczność działania bystrza oraz jego zharmonizowania ze środowiskiem przyrodniczym (Radecki-Pawlik 2009). Potok w stanie naturalnym o zarośniętych brzegach znajduje się zwykle w stanie równowagi dynamicznej i biologicznej. Naruszenie stanu naturalnego potoku powoduje zmniejszenie szorstkości, a tym samym zaburzenie równowagi dynamicznej i może być przyczyną nadmiernej erozji.

Na odcinkach pomiędzy bystrzami należy zachować formy przegłębień uzasadnione hydrodynamiką przepływu. W dnie należy rozmieścić kamienie o różnej wielkości, stwarzając schronienia dla ryb i organizmów żywych. Schronienia takie powinny znajdować się także przy brzegach. Proponowane rozwiązania zapewniają spełnienie wymogów związanych zarówno ze stabilizacją dna potoku, ekologii, jak i harmonii z krajobrazem.

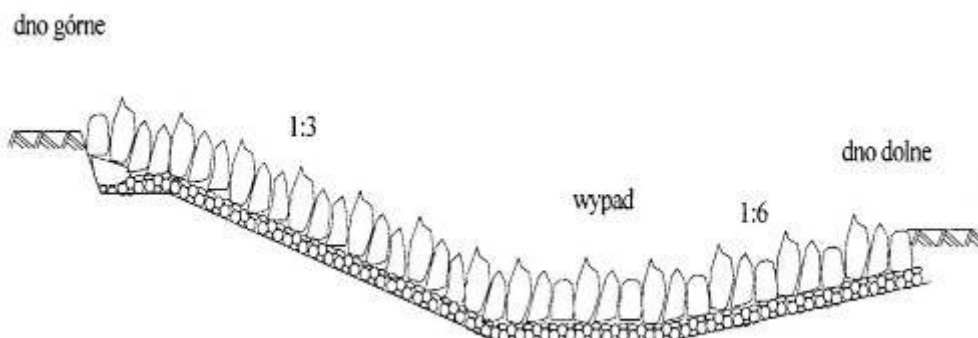
Lokalizacja bystrza, jeśli to możliwe, powinna być tak wybrana, aby mogło spełniać one również funkcję szypotu (naturalnego bystrza), a nie tylko redukcji spadku i stabilizacji dna. Unika się tą metodą budowy kosztownych stopni, progów i przepławek dla ryb nie naruszając walorów krajobrazowych cieków wodnych i zapewniając tym samym zachowanie dobrego stanu wód (art. 24 i 63 ust. 1, ustawy Prawo wodne).

Na rysunkach i zdjęciach zamieszczonych poniżej pokazano przykłady różnych rozwiązań konstrukcyjnych bystrzy o zwiększonej szorstkości stosowanych do stabilizacji dna potoków.



Bystrze typu austriackiego

Opis zalecanych rozwiązań



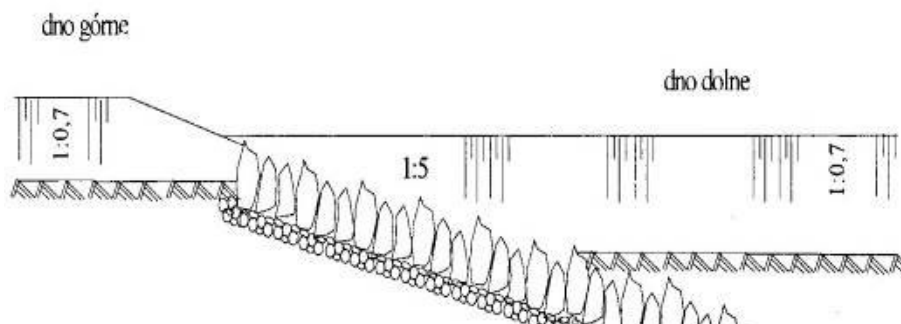
Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu austriackiego
(Radecki-Pawlik 2008, 2009)

Efekty w środowisku

Stabilizacja dna potoku zapewniająca biologiczną drożność cieku stosowana na potokach i małych rzekach podgórskich. Ma również zastosowanie jako przelew górny dla zbiorników retencyjnych.

Bystrze typu Vincenta

Opis zalecanych rozwiązań



Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu Vincenta
(Radecki-Pawlik 2008, 2009)



Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości na rzece Kahl z ubezpieczeniem dna dolnego w formie niecki
(Radecki-Pawlik 2008, 2009)

Efekty w środowisku

Stabilizacja dna potoku zapewniająca biologiczną drożność cieku stosowana na potokach i małych rzekach podgórskich. Ma również zastosowanie jako przelew górny dla zbiorników retencyjnych.

Bystrze kaskadowe

Opis zalecanych rozwiązań



Bystrze kaskadowe typu „plaster miodu”
(fot. M. Ulmer)

Uwagi

Bliska naturze budowa hydrotechniczna do stosowania na małych rzekach podgórskich.

Efekty w środowisku

Stabilizacja dna potoku zapewniająca biologiczną drożność cieku stosowana na potokach i małych rzekach podgórskich. Ma również zastosowanie jako przelew górny dla zbiorników retencyjnych.

Bystrze faszynowo – kamienne

Opis zalecanych rozwiązań

Bystrze z drewnianą ścianką szczelną (1) i narzutem kamiennym grubości min. 25cm w plotkach o wymiarach 1,0 x 1,0m (2).



Bystrzok faszynowo-kamienny z drewnianą ścianką szczelną
i palisadą drewnianą w Nadleśnictwie Strzałowo
(fot. M. Goździk)

Uwagi

Spadek bystrza około 1:20 - 1:30.

Efekty w środowisku

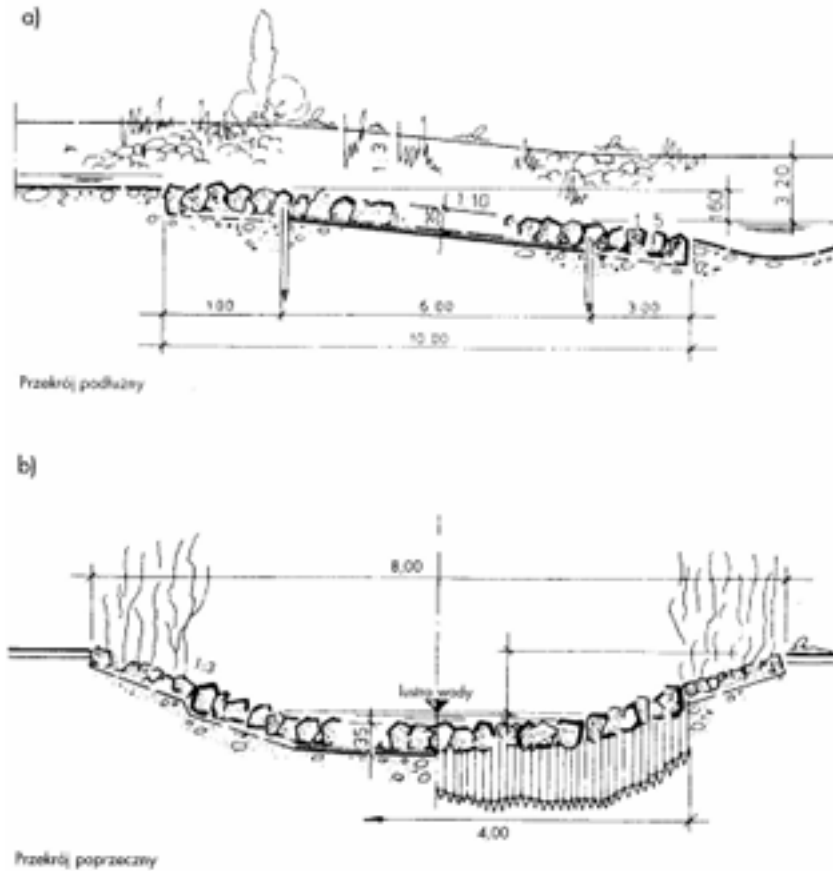
Stabilizacja dna potoku zapewniająca biologiczną drożność cieku stosowana na potokach i małych rzekach podgórskich. Ma również zastosowanie jako przelew górny dla zbiorników retencyjnych.

Bystrze z kamienia łamanego (pochylnia)

Opis zalecanych rozwiązań

Szeregi pali umocnionych warstwą bloków kamiennych.

Nachylenie rampy 1:15 do 1:30 dla wąskich cieków dopuszczalny spadek do 1:10.



Bystrze z kamienia łamanego, stabilizujące dno (Begemann i Schiechl 1999)

Uwagi

Szerokość dna cieku 3-5m. Aby zapobiec osiadaniu bloków kamiennych, należy ułożyć pod nimi warstwę filtracyjną z grubego żwiru, a nad nią warstwę z kamienia łamanego.

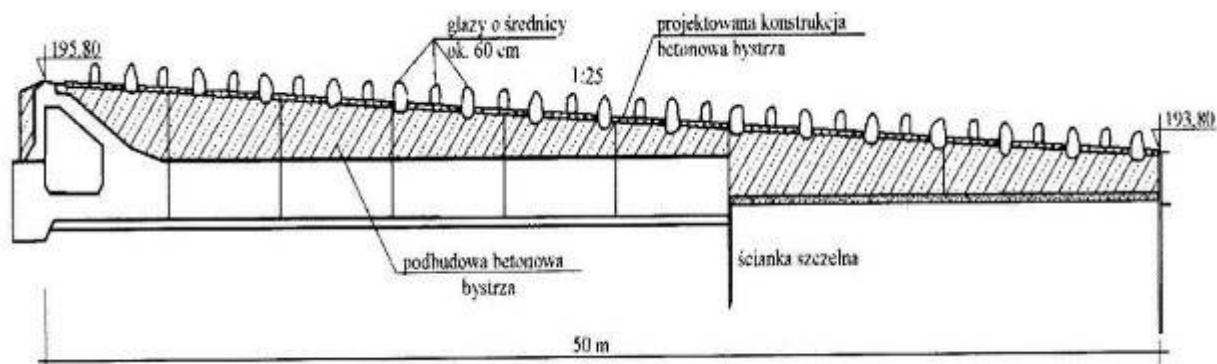
Efekty w środowisku

Przeciwdziałanie erozji dennej cieku. Zmniejszenie spadku i stabilizacja profilu podłużnego dna przy dużych różnicach poziomów pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem lub przy dużych prędkościach. Jednocześnie umożliwia swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych i może spełniać funkcję naturalnej przepławki dla ryb.

- **Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza**

Na ciekach naturalnych w ramach projektów **nie będą budowane nowe progi i stopnie jako samodzielne inwestycje**. Dopuszczalna jest jedynie przebudowa istniejących budowli tego typu na bystrza i kaskady bystrzy lub ich rozbiórka.

W przypadku, gdy konieczne jest zachowanie funkcji dotychczasowego piętrzenia (wysoki stopień wodny, jaz stały) można przebudować je na bystrze o zwiększonej szorstkości (pochylnię). Przykładem takiego rozwiązania jest stopień wodny na rzece San w Przemyślu (rys. 8)



Rys. 8. Projekt przebudowy jazu stałego na przepławkę dla ryb (Mokwa i Wiśniewolski 2008).

Budowa nowych progów i gurtów może wystąpić jedynie, gdy będą stanowić **elementy infrastruktury towarzyszącej** zapewniające poprawne funkcjonowanie budowanego lub przebudowanego obiektu głównego (np. podpiętrzenie wody progiem na dolocie zbiornika retencyjnego lub stabilizacja antyerozyjna dna gurtami powyżej dolotu do zbiornika, podparcie przyczółka kaszycy progiem i inne tego typu sytuacje – przy czym w każdym przypadku budowy progów należy wyposażyć go w przelew na małą wodę i wykonać zabezpieczenie antyerozyjne poniżej (patrz rozdział *Adaptacja...*), o ile z przyczyn technicznych nie jest możliwe zastąpienie progów bystrzem lub kaskadą kamienną typu plaster miodu).

Niedopuszczalne jest układanie poziomego belkowania u podnóża progów w celu przeciwdziałania jego podmyciu. Niedopuszczalnym jest także tego rodzaju przebudowa na kaskadę niższych stopni – konstrukcje tego typu stopni przerywają ciągłość biologiczną nie ze względu na ich wysokość, ale długość (pierwsze zdjęcie po lewej poniżej). Są też bardzo mało odporne na erozję wodną (kolejne zdjęcia).¹⁶



Stopnie wykonane z belek wzdłuż cieku przerywające ciągłość biologiczną. Źródło: Archiwum CKPS

¹⁶ Więcej o wadach tego typu rozwiązań w rozdziale: Adaptacja do zmian klimatu.



Tego typu konstrukcje są mało odporne na niszczące działanie wód wezbraniowych. Źródło: Archiwum CKPS

Powyższe zdjęcia pokazują, że nie należy budować kaskad stopni z bali drewnianych układanych w jednej płaszczyźnie w sposób podłużny do cieku. Rozwiązanie to wydawało się mieć dobre własności antyerozyjne, ale w rzeczywistości się nie sprawdza. Woda przenikająca pomiędzy balami wymywa materiał pod nimi i całe konstrukcje zaczynają wisieć w powietrzu. Ponadto, zwarte przyleganie bali na całej długości i powierzchni stopnia kaskady od jego krawędzi, aż do nasady kolejnego uniemożliwia tworzenie się w dnie basenów z wodą, gdzie ryby pokonujące kaskadę mogą odpocząć i wybić się przed kolejnym skokiem.

W przypadku niskich progów, należy zwrócić uwagę na procesy i zmiany w dnie zachodzące u ich podstawy. Aby umożliwić rozpraszanie energii płynącej wody, u podnóża progów muszą być zagłębienia w dnie, podobne do basenów wypadowych. Jednak nadmierne wyerodowanie poniżej progów może prowadzić do erozji wgłębnej na większym odcinku poniżej progów i do zwiększenia jego względnej wysokości. W takich sytuacjach możliwe jest podpieranie progów gurtami. Istniejące progi należy także wyposażać w przelewy na małą wodę. (Opis polecanych rozwiązań znajduje się w rozdziale Adaptacja...).

| Przebudowa stopni betonowych | |
|---|---|
| Opis zalecanych rozwiązań | |
| | <p>Bystrze z narzutu kamiennego. W przypadku wykonania nowych budowli można wykonać progową kaskadę kamienną.</p> <p>Przebudowa stopni betonowych (Żelazo i Popek 2002):</p> <ul style="list-style-type: none"> - bystrze z kamieni ułożonych na płycie dennej starego progów - kaskada stopni z luźno ułożonych głazów i kamieni |
| Uwagi | |
| Wysokość zabudowany stopni od 0,3-1,0m. | |
| Efekty w środowisku | |
| Umożliwienie wędrówek ryb i innych organizmów wzdłuż cieku (zamiast budowy przeprawek), renaturyzacja, redukcja nadmiernego spadku cieku. | |

2.2. Zabudowa przeciwoerozyjna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich

2.2.1. Zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu zrębów (płotki drewniane i kamienne ograniczające spływ wód i transport rumowiska)

Przegrody wypełniane gałęziówką

Opis zalecanych rozwiązań

W zagłębieniach terenu należy ułożyć gęsto gałęzie drzew szpilkowych lub liściastych (materiał pozyskany z czyszczeń, trzebieży i zrębów) tak, aby zajęły cały przekrój poprzeczny. Gałęzie stabilizuje się palikami. Można też zastosować dodatkowo narzut z głazów tworzących nieregularną powierzchnię. W szerokich i głębokich wąwozach co kilka metrów (im większe nachylenie, tym mniejsze odległości) buduje się zamocowane w brzegach i wzmocnione palikami płotki z bali, a przestrzeń między płotkami wypełnia się gałęziami. Niesiony przez wodę rumosze i odrywany ze ścian materiał odkłada się między gałęziami, co prowadzi do wypełnienia zagłębień.

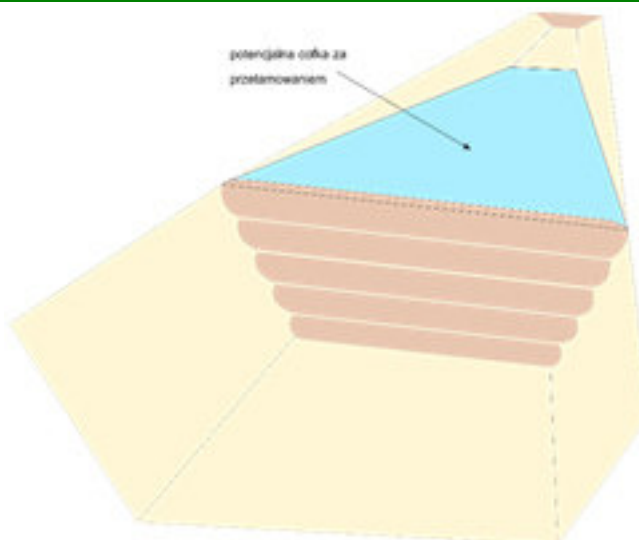


Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych

W korzystnym, mniej stromym terenie ten typ zabudowy można poddać dodatkowej modyfikacji poprzez obsypanie przegrody ziemią od strony dostokowej celem ograniczenia przenikania wody przez zaporę. Można w ten sposób osiągnąć mikroretencję szeregowych zbiorniczków, które sprzyjać będą zarastaniu żlebu roślinnością oraz przyczynią się do okresowego gromadzenia wody dla ekosystemu. Ponadto, w samą zaporę wprowadzić można nasadzenia roślinne.



Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych (N-ctwo Jugów, RDLP Wrocław)



Schemat obrazujący powstawanie tzw. „cofki” – przegroda wypełniona materiałem (gałęziówką, gromadzącym się rumoszem itp.) stanowi blokadę dla spływającej wody i prowadzi do jej zatrzymania i tworzenia mini baseników z wodą (rys. K.Guzek, P.Włodarczyk)



Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką ubezpieczone narzutem kamiennym na szlakach zrywkowych (widok z góry i z dołu) (fot. N-ctwo Łądek Zdrój, RDLP Wrocław)

Uwagi

Przegrody mają na celu: wyhamowanie energii wody i zatrzymanie niesionego przez nią rumoszu, powstrzymanie erozji i wypełnienie wyerodowanych zagłębień. Płatki z bali powinny sięgać maksymalnie do 2/3 wysokości wąwozów. Warto zabudowywać także szlaki zrywkowe, które będą jeszcze użytkowane w dalszej perspektywie czasowej. Belki układa się wówczas pomiędzy palikami bez ich przybijania tak, że dają się łatwo wyjąć.

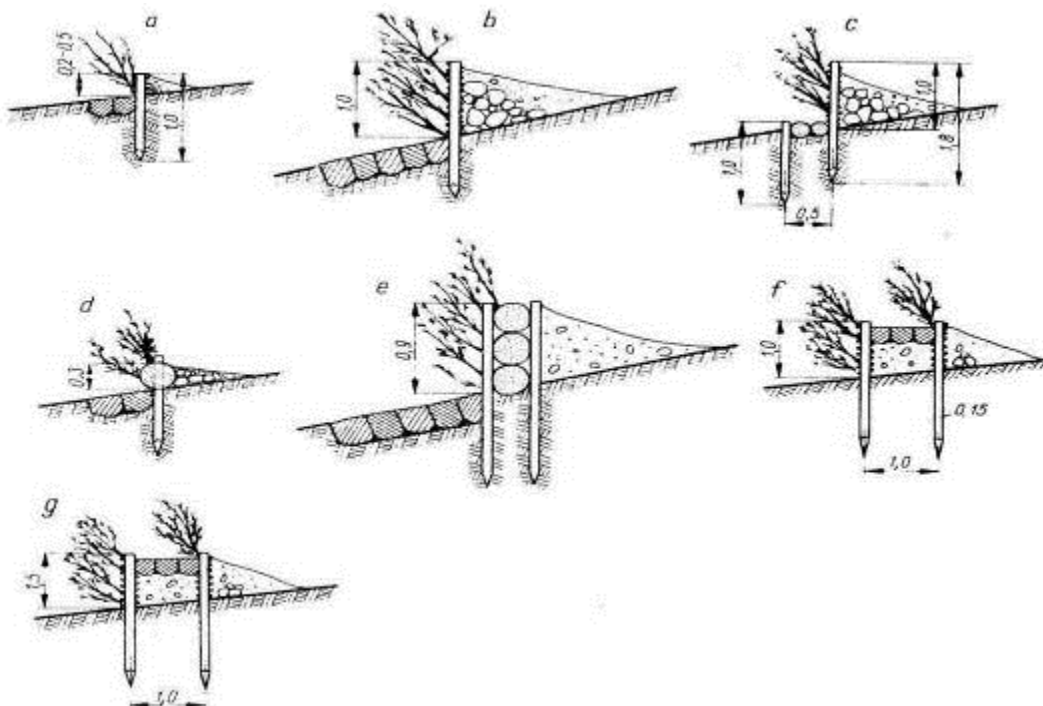
Efekty w środowisku

Ograniczenie nadmiernego splywu powierzchniowego, zatrzymanie wody na stokach (retencja stokowa). Ochrona przed zamulaniem cieków.

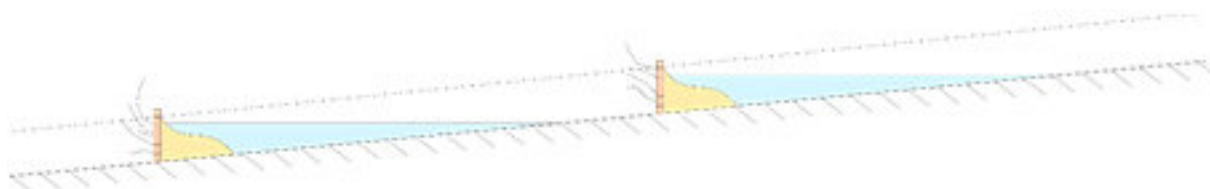
Płotki drewniano ziemne z nasadzeniami

Opis zalecanych rozwiązań

W poprzek debr wbija się rzędy zdolnych do odrośnięcia zrzędów wierzbowych. Debrę zalesia się stopniowo poczynając od najbardziej narażonych na erozję brzegów. Przy zabudowie debr do wysokości 1000m n.p.m. najczęściej stosuje się: grab, dąb szypułkowy, wiąz pospolity, jesion wyniosły, olszę szarą, klon zwyczajny, klon polny, czeremchę, leszczynę, tarninę. Powyżej 1000m n.p.m. sadi się: jawor, buk zwyczajny, wiąz górski, jodłę pospolitą, jarząb pospolity, modrzew europejski czy jałowiec pospolity.



Płotki drewniano ziemne z nasadzeniami : a,d,c,d - pojedyncze, e,f,g - podwójne (Prochal 1968)



Za przegrodami gromadzi się materiał skalny uszczelniający przegrody, dzięki czemu stanowią one blokadę dla spływającej wody. W ten sposób na zabudowywanym szlaku za przegrodami tworzą się tzw. „cofki” – mini baseniki, w których woda utrzymuje się przez pewien czas (rys. K.Guzek, P.Włodarczyk)

Uwagi

Spadek między przegrodami roślinnymi w debrze nie powinien być większy niż 2%. Wysokość przegród nie powinna przekraczać 1,0m.

Efekty w środowisku

Płotki powstrzymują nadmierny spływ powierzchniowy i powodowaną przez niego erozję denną i boczną. Umożliwiają proces zalesiania debr.

Płotek z belek drewnianych

Opis zalecanych rozwiązań

Belki drewniane ustawione co kilkanaście metrów, prostopadłe do kierunku szlaku, mające wysokość około 50cm. Końce belek utwierdzone na około 50cm w brzegach zagłębień i dodatkowo zabezpieczone głazami. W celu zapobieżenia podmywaniu płotka i wymywaniu rumoszu ze spływającą wodą, powinny być one wpuszczone w dno na głębokość ok. 35cm.



Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych

(Koncepcja 2008, po prawej N-ctwo Kamienna Góra, RDLP Wrocław)

Płotki z kamienia naturalnego

Opis zalecanych rozwiązań

Płotki z kamienia naturalnego o grubości od 40 do 60cm (w zależności od szerokości szlaku zrywkowego) wykonane w rozstawie zbliżonej do płotków z belek drewnianych.



Narzut z głazów na szlaku zrywkowym

2.2.2. Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg (wodospusty, opóźniacze odpływu, dyłowanki, nowe brody i przepusty)

Wodospusty

Opis zalecanych rozwiązań

Wodospusty stosuje się na drogach stokowych w terenie górskim i falistym na odcinkach dróg z niweletą w pochyleniu podłużnym i większym niż 2% z nawierzchnią gruntową i twardą nieulepszoną. Zaleca się stosowanie jednolitego nachylenia wodospustów w stosunku do osi drogi wynoszącego 30%.



Wodospust z okrągłaków – Nadleśnictwo Gorlice



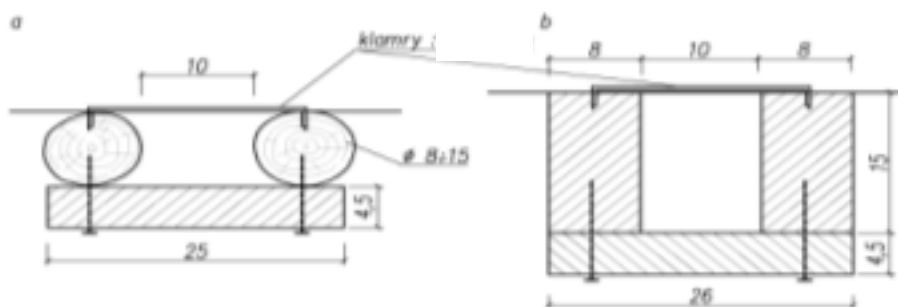
Wodospust odprowadzający wodę z drogi do lasu.

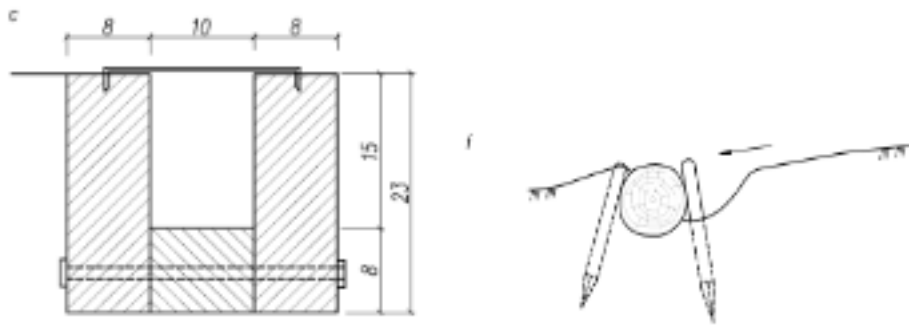


Wodospust z pojedynczego okrągłaka



Wodospust z kantówek





Przekroje typowych wodospustów (Drogi leśne 2006):

- a - drewniany z bali
- b - drewniany z krawędziaków typ I
- c - drewniany z krawędziaków typ II
- f - z kamienia lub drewna

Efekty w środowisku

Powstrzymanie splywu powierzchniowego na drogach i szlakach zrywkowych, odprowadzenie nadmiaru wody na teren zalesiony.

Wodospust z kłód drewnianych

Opis zalecanych rozwiązań

Wodospusty składa się z dwóch elementów: całej kłody i drugiej przeciętej wzdłuż. Obie wkopuje się płytko w grunt i spaja metalowymi kłami. W zależności od ukształtowania szlaku zrywkowego lub drogi, stosuje się je, co 50-100m.

Na drogach leśnych, gdzie zimą prowadzi się odśnieżanie, przy wodospustach zaleca się wbicie wysokich palików, sygnalizujących kierowcy, miejsce w którym należy unieść pług.



Wodospust na terenie N-ctwa Bystrzyca Kłodzka (Las Polski 8/2010)

Efekty w środowisku

Powstrzymanie splywu powierzchniowego na drogach i szlakach zrywkowych, odprowadzenie nadmiaru wody na teren zalesiony.

Doły chłonne

Opis zalecanych rozwiązań

Doły chłonne magazynują wodę, która zbierana jest z powierzchni szlaków zrywkowych i dróg przez wodospusty. Woda, która dotychczas spływała po powierzchni szlaków komunikacyjnych zatrzymywana jest w dołach skąd częściowo odparowuje i wsiąka w głąb gleby.



Doły chłonne wykonane w N-ctwie Jugów (fot.: J. Goliasz, R. Majewicz)

Efekty w środowisku

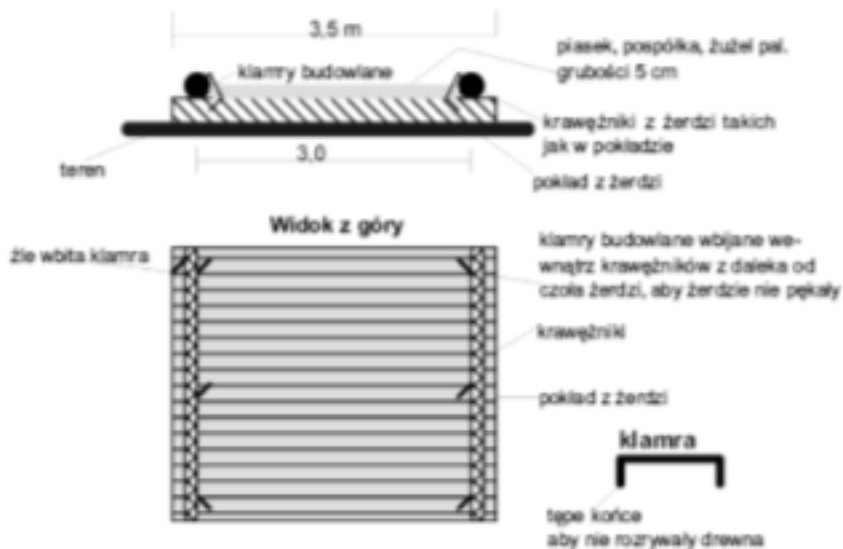
Doły chłonne zwiększają retencję glebową i zatrzymując wodę w lesie, dodatkowo pełnią funkcje mikroziorników (kałuż ekologicznych) zwiększających różnorodność biologiczną terenów leśnych.

Dylówka, dylowanka, dylina

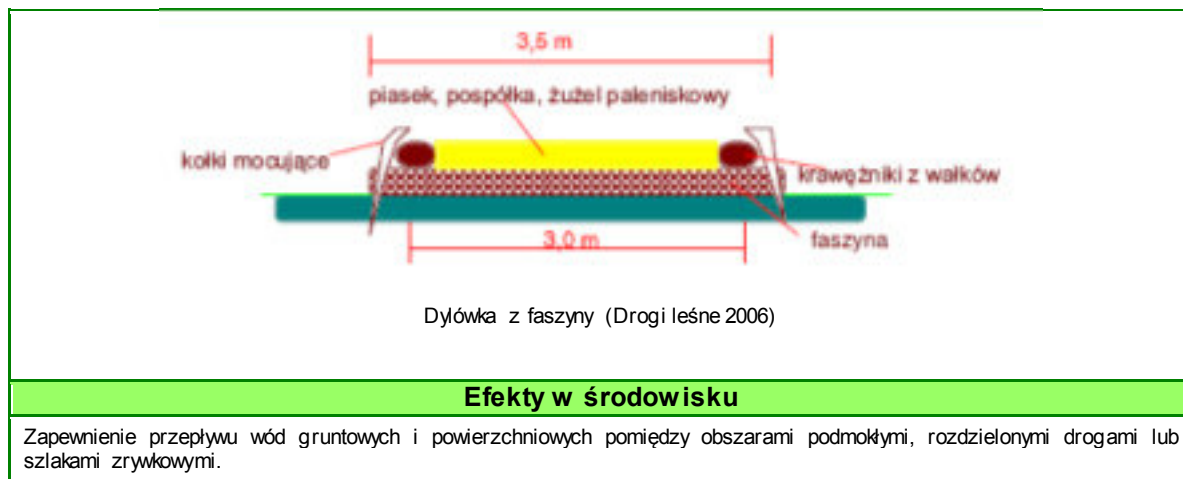
Opis zalecanych rozwiązań

Ułożone na krótkich odcinkach, obok siebie i poprzecznie do osi drogi żerdzie dębowe. Krawężniki drewniane umieszczone po obu bokach drogi powinny być spięte kłami budowlanymi. Wałki drewniane powinny zostać przysypane min. 5-10 centymetrową warstwą piasku, pospółki lub gruntu rodzimego. Dla wydłużenia trwałości drewna, dylówki powinny być stale wilgotne.

Takie rozwiązania stosowane są na gruntach sypkich - trudno przejezdnych, o wysokim poziomie wód gruntowych lub torfach. Jako nawierzchnie można również stosować faszynę brzożową lub olchową.



Dylówka z żerdzi dębowych (Drogi leśne 2006)



Efekty w środowisku

Zapewnienie przepływu wód gruntowych i powierzchniowych pomiędzy obszarami podmokłymi, rozdzielonymi drogami lub szlakami zrywkowymi.

IV. Adaptacja obiektów do zmian klimatu.

1. Dostosowanie obiektów hydrotechnicznych do bardzo niskich stanów wody i susz

W ostatnich latach występują zjawiska nienotowane wcześniej tj. od czasów rozpoczęcia prowadzenia pomiarów czynników pogodowych. Rok 2015 był kolejnym z rzędu rokiem o najwyższej średniej wielkości temperatur oraz najdłuższych okresach dni bez opadów. Największa polska rzeka Wisła osiągnęła nienotowane dotąd niskie stany wody, a niektóre mniejsze ciekły wysychały całkowicie. Tendencja zmian klimatycznych wskazuje, że tego typu zjawiska będą się w przyszłości nasilać. Obrazuje to m.in. trend sukcesywnego wzrostu średniej temperatury w Polsce oraz inne dane pogodowe. Przy czym, istotnym jest to, że roczna suma opadów w Polsce nie zmienia się zasadniczo, ale opady te są coraz bardziej nierównomiernie rozłożone w czasie, powodując długie okresy niedoboru opadów z jednej strony oraz okresy opadów bardzo intensywnych o gwałtownym przebiegu.

W związku z powyższym, powinno ulec zmianie także podejście do projektowania i utrzymywania obiektów hydrotechnicznych. Oczywiście spectrum rozwiązań jest ograniczone i zastosowane modyfikacje nie będą stanowić całkowitego antidotum na wszystkie okoliczności i czynniki pogodowe, jednakże, w części przypadków zwiększą szanse na przeżycie organizmów wodnych i z wodą związanych.

1.1. Rozwiązania możliwe do zastosowania w zbiornikach wodnych

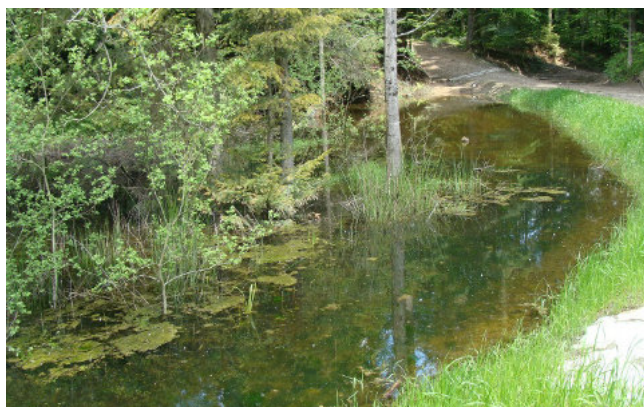
Głównym zagrożeniem przy tego typu obiektach jest nagrzewanie się wody w zbiorniku i co z tym idzie zwiększone parowanie z nasłonecznionego lustra wody. W niektórych przypadkach zbiorników przepływowych, zasilanych stosunkowo małymi ciekami, ubytek wody poprzez parowanie z dużego akwenu może prowadzić nawet do zaniku cieków poniżej obiektu. Z kolei w przypadku zbiorników bocznych długotrwały stan niżówkowy może prowadzić albo do odcięcia zasilania zbiornika w wodę, albo do zaniku cieków na odcinku omijającym obiekt. Stosunkowo najtrudniejsza jest sytuacja w przypadku zbiorników zasilanych tylko spływem powierzchniowym, a więc uzależnionych tylko i wyłącznie od bilansu opadów, parowania i przesiąkania wody w grunt. Jednak takich obiektów wyłapujących na różnych wysokościach i magazynujących dla ekosystemu wodę ze spływu powierzchniowego powinno być budowanych jak najwięcej. Tworzenie takich obiektów jest dokładnie realizacją najważniejszego przesłania dążeń adaptacyjnych – magazynowania wody w środowisku jak najdłużej i jak najwyżej. Poświęćmy im zatem chwilę uwagi odwołując się do ciekawych realizacji naszych nadleśnictw.

Zbiorniki zasilane spływem powierzchniowym możemy realizować właściwie w każdym terenie. Ich napełnianie się będzie pewniejsze i poziom wody bardziej stabilny, jeżeli zadamy przy wyborze lokalizacji o odpowiedni układ terenu przyległego i wielkość zlewni doprowadzającej do nich wodę.

Dotychczasowe doświadczenia np. Nadleśnictwa Stuposiany, pokazały, że mimo sceptycyzmu niektórych projektantów nowo wybudowane zbiorniki napełniły się bardzo szybko, a woda utrzymuje się w nich mimo największych długotrwałych fal upałów. Podobne realizacje przeprowadziły Nadleśnictwa Nawojowa, Piwniczna i inne. Szczególnie Nadleśnictwo Piwniczna wykazało dużą pomysłowością w adaptacji naturalnych zagłębień terenu w kierunku tanich, niewielkich, ale świetnie wkomponowanych w krajobraz zbiorników. Jest to piękny przykład działań adaptacyjnych potwierdzających, że możliwym jest akumulowanie wody w środowisku i to wysoko. Kilka przykładów zdjęciowych poniżej.



Miejsca na mikrozbiorniki wykopane na zboczach górskich zasilane spływem powierzchniowym przygotowane w Nadleśnictwie Piwniczna – Źródło: Archiwum CKPŚ.



*Wspaniałe przykłady wykorzystania naturalnego ukształtowania terenu, które po drobnych modyfikacjach stanowi idealne miejsce na zbiornik retencyjny – Nadleśnictwo Piwniczna.
Źródło: Archiwum CKPŚ*



Zbiorniki w Nadleśnictwie Nawojowa niedługo po wybudowaniu (niewielka jeszcze sukcesja na brzegach) wypełnione po pierwszych większych deszczach. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Mikroretencja w bezodpływowych zagłębieniach terenu – kaskada zbiorników w szerokim wąwozie. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Wspomniane wcześniej zagrożenia w równym stopniu dotyczą jednak wszystkich typów zbiorników. Co zatem można zastosować by im przeciwdziałać?

Po pierwsze – **zwiększyć zasilanie w wodę** – np. w czasie wyboru lokalizacji zbiornika, a nawet w przypadku obiektów istniejących podlegających przebudowie należy starać się wykorzystać wszystkie potencjalnie możliwości dostarczenia wody do zbiornika z terenu przyległego. Największe tego typu możliwości tworzą tereny górskie, zaś na terenach nizinnych (szczególnie w pobliżu pól uprawnych) sprawa staje się trudniejsza ze względu na przyspieszenie procesu eutrofizacji wraz ze wzrostem ilości biogenów. Wszystko jednak zależy od lokalnego układu terenu.

W przypadku zbiorników planowanych do wykonania na zboczach rekomendowane jest ich lokowanie tam, gdzie układ mikrozewni sprzyja wykorzystaniu do zasilania wodą zbiornika nie tylko z cieków głównego, ale i innych nawet bardzo niewielkich cieków stałych i okresowych. W przypadku obiektów już istniejących również jest często możliwość wykorzystania cieków wcześniej omijających obiekt lub wpadających do cieków zasilających go poniżej obiektu.

Bardzo ciekawe możliwości daje wykorzystanie potencjału wód spływających po drogach i szlakach zrywkowych w pobliżu danego zbiornika. Niekiedy właściwe, przemyślane ukierunkowanie zrzutu wody na zbocza wodospustami może pierwszorzędnie powodować zwiększony spływ powierzchniowy wód opadowych bezpośrednio do zbiornika lub/i cieków powyżej obiektu.



Zbiornik retencyjny na pływ powierzchniowy zaraz po wybudowaniu, dodatkowo zasilany wodą spływającą z leśnej drogi – Nadleśnictwo Piwniczna. Źródło: zasoby własne Nadleśnictwa Piwniczna



Ostatni ze zbiorników kaskadowych zasilanych z cieków a dodatkowo także wodą doprowadzoną z rowu przydrożnego – na pierwszym planie widoczne miejsce zasilania zbiornika wodą z rowu – Nadleśnictwo Baligród (fot. M. Kucharz)

W przypadku zbiorników położonych na terenie nizinnym należy wyważyć korzyści dla ekosystemu i wady wynikające z ewentualnego doprowadzania do zbiornika wody z pól (jeżeli jest to jedyna ewentualność zwiększenia jego zasilania). Więcej na ten temat w punkcie dotyczącym eutrofizacji.

Po drugie – **ograniczyć nasilenie procesów parowania**. Właściwie jedynym sposobem jest osłonięcie zbiornika drzewami od strony, gdzie słońce operuje najsilniej i najdłużej. Sadzenie drzew w bezpośredniej bliskości zbiornika ma też ujemne skutki w postaci zwiększonej podaży liści lub igieł wpadających do wody przyspieszających procesy eutrofizacji. Temu efektowi można też częściowo przeciwdziałać stosując urządzenia upustowe sprzyjające swobodnemu wypływowi biomasy unoszącej się na powierzchni wody. Zdecydowanie najlepiej sprawdza się tu będą przelewy powierzchniowe. Ponadto, istotny jest dobór gatunków drzew wokół zbiornika. O ile nie są to tereny mokradłowe to w zależności od stref występowania wskazanymi gatunkami mogą być wysokie drzewa iglaste nie gubiące igieł na zimę. Linia drzew nie musi być poprowadzona nad samą wodą – istotny jest tu potencjalny cień rzucony na akwen.

Po trzecie – **zastosować nieregularny przekrój dna zbiornika** – chodzi o to by dno zbiorników (szczególnie przebudowywanych starych stawów hodowlanych) nie było płaskie. Należy stosować celowo tworzone miejsca głębsze (lepiej kilka niż jedno), gdzie woda wolniej osiąga wyższą temperaturę, a w czasie ekstremalnych susz i radykalnego obniżenia zwierciadła wody w obiekcie utrzymuje się najdłużej, stanowiąc miejsce schronienia dla organizmów wodnych. Ponadto, w sytuacji zagrożenia całkowitego wyschnięcia wody w zbiorniku i konieczności ewakuacji żyjących tam organizmów (szczególnie gatunków chronionych) tego typu obniżenia dna sprzyjają koncentracji organizmów ułatwiając ich wyłowienie.

Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku adaptacji na cel retencji wody i rozwoju bioróżnorodności w ekosystemie leśnym dawnych wielkoobszarowych stawów hodowlanych o stosunkowo niewielkim piętrzeniu, płytkiej wodzie i płaskim profilu dna. W takich obiektach woda szybko się nagrzewa i równomiernie wysycha na dużych powierzchniach, co w czasie długotrwałych susz prowadzić może do sytuacji, w której wyginą wszystkie organizmy w danym zbiorniku. Ponadto, takie zbiorniki szybko zarastają i ekspansja roślinności nie jest niczym hamowana.



Ekspansja roślinności na płaskim dnie zbiornika (jeden z górnych stawów w kompleksie) – N-ctwo Szprotawa (fot. K. Guzek)



Niekorzystny profil dna pod względem adaptacyjnym – N-ctwo Szprotawa (fot. K. Guzek)



Całkowicie płaskie dno na wielkim obszarze dawnego stawu (ostatni zbiornik kompleksu relatywnie najmniej zarośnięty) – N-ctwo Szprotawa (fot. K. Guzek)



Płaski zbiornik okresowy przeznaczony do odtworzenia w N-ctwie Ruszów – przewidywane wprowadzenie tarasowego profilu dna (fot. K. Guzek)

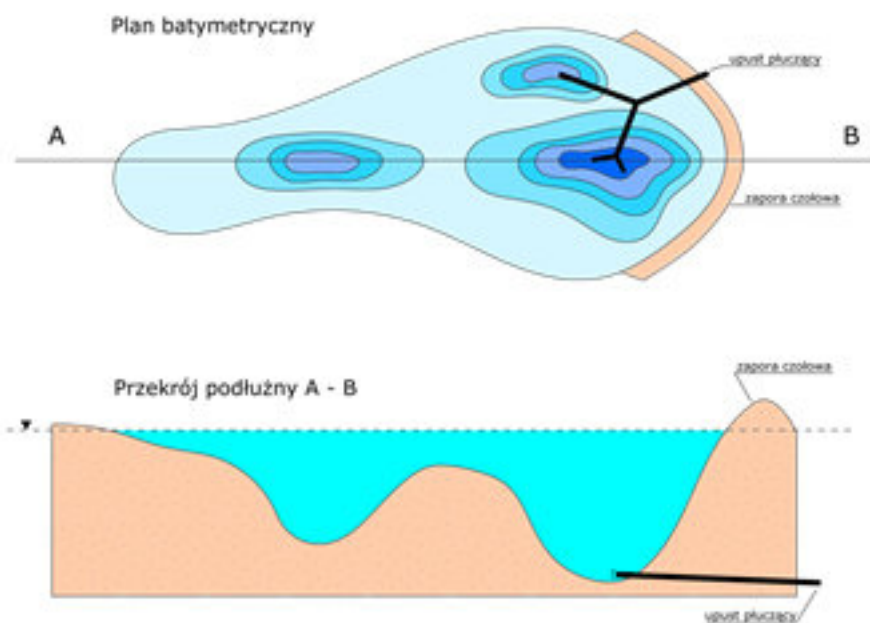
Wyrazem adaptacji takich obiektów do bardzo niskich stanów wody jest celowe ukształtowanie profilu dna w sposób schodkowy, tarasowy, prowadzący do koncertowania wody w czasie wysychania zbiornika na coraz mniejszym obszarze kosztem zmniejszania się powierzchni lustra wody. Obszary o większej głębokości zapewniają pewną ilość wody o relatywnie niższej temperaturze, a przede wszystkim dają szansę na utrzymanie się wody dłużej w akwenu co być może umożliwi przetrwanie organizmom wodnym do czasu kolejnych opadów. Polecanym rozwiązaniem jest robienie nawet obszarów przegłębionych, o niższej rzędnej od pierwotnego dna i dna cieków odprowadzających wodę z akwenu.



Tarasowy, schodkowy przekrój dna na starym stawie wprowadzony celem adaptacji obiektu do zmian klimatu.

Rys. K. Guzek, P. Włodarczyk

Oczywiście miejsca zagłębień w dnie będą relatywnie szybciej uległy zamuleniu. Tym procesom również można w pewnym stopniu przeciwdziałać w sposób techniczny, szczególnie w przypadku zbiorników wyposażonych w przelew powierzchniowy oraz upust dolny. Upust dolny można wykorzystać do częstszego i prostego oczyszczania zagłębienia z namulów. Upust dolny wykonany z prostej rury PCV z korkiem na końcu lub końcach, może być doprowadzony do takiego zagłębienia i wykorzystany do wspomaganego ręcznie¹⁷ wypłukiwania namulów. Warto zwrócić uwagę, że nie ma przeciwwskazań, aby taki upust dolny miał rozgałęzienia rozkładające końcówki zasysające namuły po większej powierzchni, ani też by zbiornik posiadał więcej niż jeden upust dolny jeżeli miejsc zagłębionych jest więcej w dnie obiektu. Tego typu rozwiązania są bardzo tanie i proste w obsłudze.



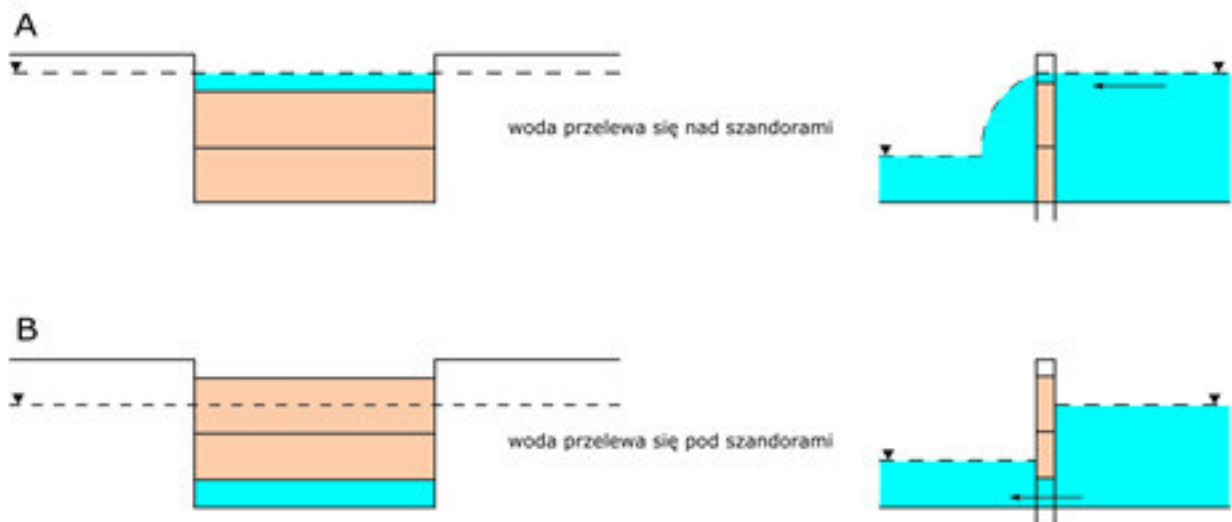
Rys. K. Guzek, P. Włodarczyk

¹⁷ Tego typu prace polegające na wzruszaniu i podnoszeniu warstwy namulów wspomagające ich zasysanie można wykonywać w zależności od głębokości akwenu w woderach za pomocą łopat lub z łódki za pomocą kijów, łopat itp.

Po czwarte – **zadbać o właściwe funkcjonowanie rozwiązań zastosowanych na podziale wody w wejściu do zbiorników bocznych.** Najczęściej stosowane rozwiązania w przypadku małych obiektów w górach i nizinach to proste bezobsługowe przytamowania z kamieni lub ścianki drewniane powodujące niewielkie podpiętrzenie umożliwiające wpływ części wody do zbiornika. Znacznie rzadziej w przypadku obiektów górskich stosowane są zastawki, którymi odpowiednie regulowanie stwarza ciekawe możliwości.

W przypadku niektórych podpiętrzeń stałych zachodzi ryzyko utraty możliwości wpływania wody do zbiornika spowodowane niskim stanem wody. Ponadto, w ciekach silnie erodujących nawet poza okresem niżówek obniżenie rzędnej dna na odcinku, gdzie jest podział wody może także spowodować wadliwe funkcjonowanie doprowadzalnika (tylko okresowe przy wyższych stanach). W tym drugim przypadku przeciwdziałanie polega na zastosowaniu gurtów stabilizujących poziom dna¹⁸. Natomiast w przypadku pierwszym należy obserwować działanie podziału wody i w razie stwierdzenia jego niedomagań odpowiednio go przebudować. Rozstrzygnięcie dylematu, gdzie lepiej kierować resztki wody w cieku w okresie niżówek – czy do zbiornika kosztem odcinka go omijającego, czy odwrotnie zależne jest od organizmów żyjących w cieku i zbiorniku oraz lokalnej sytuacji określającej, czy biologiczna ciągłość cieku musi być zachowana.¹⁹

W tym kontekście oraz w kontekście ograniczania eutrofizacji bardzo ciekawe możliwości daje zastosowanie na wejściu do zbiornika zastawki, która ma możliwość mocowania deski szandorowej niekoniecznie od dołu, a także na pewnej wysokości. Klasyczne ustawienie deski (lub innego elementu ruchomego) od dna powoduje przelewanie się nadmiaru wody górą w pożądanym kierunku, ale w tym rozwiązaniu rumosz wleczony i cięższe frakcje rumoszu zawieszanego w większości kierowane są do cieku głównego, a do zbiornika wlewa się górną frakcją wody. Jednakże, w niektórych okresach i w przypadku cieków, gdzie występuje znikomy transport rumoszu wlezonego po dnie takie rozwiązanie może być niekorzystne bo po powierzchni wody transportowana jest biomasa, tj. liście, patyki, trawy i inne części organiczne wpadające do zbiornika wraz z wodą powierzchniową. Przykładowo zatem, w okresach jesiennych pozycja szandoru może być ustawiana w sposób umożliwiający wpadanie dolnej warstwy wody pod szandorem, zaś sam szandor spycha wodę powierzchniową oraz niesioną na jej powierzchni zawartość do cieku głównego. Oczywiście takie rozwiązanie wymaga świadomego sterowania tym prostym urządzeniem w danych okresach czasu. Dwie omawiane pozycje szandoru na zastawce pokazuje rysunek poniżej.



Rys. K.Guzek, P.Włodarczyk

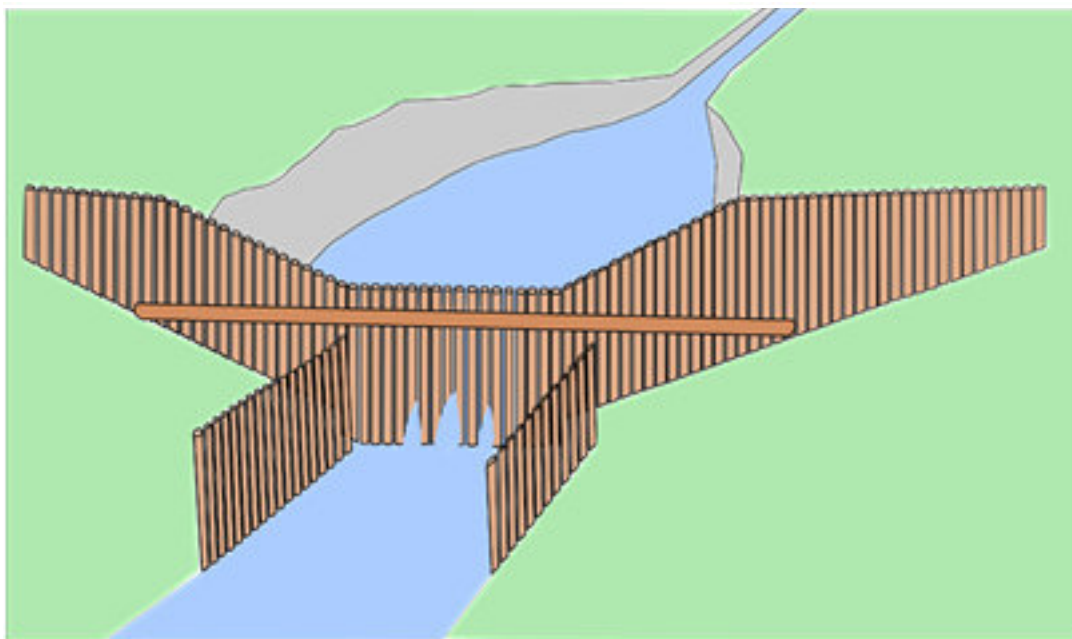
¹⁸ Nie należy w tym przypadku stosować kaskad złożonych z progów.

¹⁹ Dotyczy sytuacji, gdzie ciągłość cieku poniżej obiektu i tak jest przerwana przez barierę naturalną (wodospad) lub obiekty hydrotechniczne.

Uwaga – puszczanie wody dołem pod szandorami nie może być stosowane na rowach przy nawadnianiu mokradeł, gdyż takie rozwiązanie odprowadzi całą wodę z rowu przy ujemnym bilansie zasilania. Wówczas należy stosować jedynie układ górnego przelewu.

Bardzo przydatnym rozwiązaniem, które w wielu przypadkach powinno być stosowane na wejściu wody do zbiornika są zbiorniki wstępne – zagadnienie to omówione jest w kolejnym punkcie.

Warto także w niektórych sytuacjach zastosować na wejściu do zbiornika lub/i pomiędzy zbiornikiem wstępnym zaporę przeciw liściom i kamieniom wleczonym po dnie. Takie rozwiązanie składające się z niezbyt ściśle postawionej palisady z okrągłaków wbitych w dno na dolocie do zbiornika prezentują poniższe zdjęcia.



Zapory „nieszczelne” z okrągłaków – sam zbiornik wstępny, osadnik jest za wąski i nie powinien być na brzegach wyłożony prefabrykatami betonowymi. Rys. CKPŚ.

Tego rodzaju połączenie progę z zaporą przeciwrumoszową ma wspomagać sedymentację i ograniczenie dostawania się osadów do zbiornika głównego. Jednak na ciekach, którymi migrują ryby zaporę taką na dolocie do zbiornika bocznego będzie ograniczać możliwości dostania się do akwenu. W przypadku zbiorników na cieku rozwiązanie w takiej formie nie powinno być stosowane. W takim przypadku można jednak zastosować formę pośrednią z większymi przerwami pomiędzy palikami oraz wyraźnym obniżeniem 3-4 palików tworzącym przelew na małą wodę.

Po piąte – **przeciwdziałać procesom eutrofizacji i zamulania zbiorników**. Eutrofizacja czyli proces wzbogacania wód w zbiornikach i ciekach w pierwiastki biofilne skutkujący wzrostem żyzności wód. Następstwami tego procesu jest masowy rozwój organizmów fitoplanktonowych²⁰ (powodujących tzw. zakwity wód) i beztlenowych (saprobiontów), gromadzenie się znacznej ilości materii organicznej (mułów), blokada dostępu światła słonecznego do roślinności w głębi powodująca jej obumieranie, aż w końcu wypłylenie akwenu.

W skrajnych przypadkach może wystąpić niemal całkowity zanik organizmów wyższych poza cienką, kilkudziesięciocentymetrową warstwą wody stykającą się z atmosferą. Czasem nawet i w tej warstwie następuje ograniczenie tlenu w wodzie, jeżeli jest pokryta kożuchem glonów. Wyczerpanie zasobów tlenu w warstwie przydennej i w osadach dennych prowadzi do zaniku fauny głębinowej, w tym także gatunków reliktowych. Również tarło niektórych ryb nie dochodzi do skutku, co prowadzi do ustępowania cennych gatunków. Często zdarza się, że ryby giną zimą pod pokrywą lodową w wyniku braku tlenu. W takich warunkach może dochodzić dodatkowo do amonifikacji czy

²⁰ Niektóre sinice wydzielają także toksyny.

denitryfikacji oraz powstawania metanu. Ponadto, wydziela się siarkowodór, który podczas całkowitego braku tlenu może przechodzić do warstw powierzchniowych wody, ulatniać się i zatrwać atmosferę w okolicy.

Czynniki sprzyjające eutrofizacji to przede wszystkim dostawa ścieków i odpadów oraz niewłaściwie prowadzona gospodarka rolna:

- ✓ uprawa gruntów omych w bezpośrednim sąsiedztwie cieku/zbiornika,
- ✓ brak stref buforowych, ograniczających dopływ biogenów z pól,
- ✓ niewłaściwy kierunek uprawy roli na stokach,
- ✓ intensywna produkcja rolna (bez przedplonów i poplonów),
- ✓ produkcja zwierzęca w tym wypas bydła

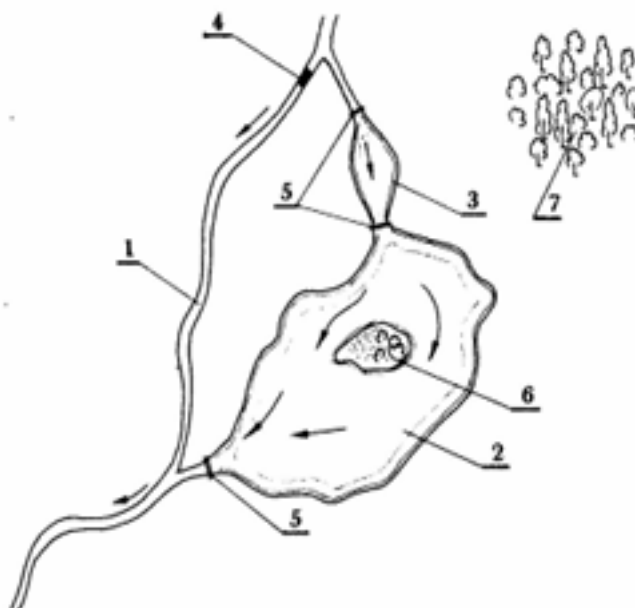
W pewnym stopniu do eutrofizacji przyczyniać się może także niewłaściwie prowadzona gospodarka leśna:

- ✓ niewłaściwy kierunek prowadzenia zrywki drewna ze stoków,
- ✓ wylesione i niezagospodarowane duże tereny po zrębach i kłeskach żywiołowych
- ✓ zanieczyszczanie cieków materiałem mineralnym i organicznym w czasie prac leśnych.

Ryzyko lub tempo procesów eutrofizacji można także pośrednio ograniczyć przez następujące zabiegi:

- 1) zmiany w zagospodarowaniu przestrzennym (zalesienia, przebudowę szlaków zrywkowych, zmianę gospodarki rębnej),
- 2) wybór lokalizacji zbiornika na odcinku cieku, możliwie tam, gdzie woda pozbawiona jest zanieczyszczeń mineralnych i organicznych,
- 3) zagospodarowanie obszaru zlewni z możliwie dużym udziałem lasu i użytków zielonych,
- 4) stosowanie zabiegów agrotechnicznych zwiększających pojemność wodną gleby,
- 5) stosowanie zabiegów fitomelioracyjnych np. pasów zadrzewień i zadamień,
- 6) zapobieganie ruchom masowym gruntu; likwidację osuwiska pełzań gruntu w zlewni powyżej obiektu,
- 7) wybór lokalizacji w terenie o małym znaczeniu przyrodniczym i leśnym, ubogich glebach w czasie zbiornika oraz warunki przygotowania czaszy do zalewu, dla zmniejszenia ilości substancji biogenych w dnie zbiornika,
- 8) ograniczenie nasilenia abrazji brzegowej, dostarczającej substancje użyźniające z brzegów,
- 9) sztuczne ukształtowanie brzegów, np. budowa plaż pozbawionych roślinności lub formowanie płytczn przeznaczonych do zarastania,
- 10) warunki wyposażenia terenów i obiektów rekreacyjnych nad zbiornikiem w urządzenia i obiekty ochrony sanitarnej (śmiećniki, sanitariaty),
- 11) uzyskanie akwenu o znacznej głębokości (powyżej 2m), dla ograniczenia rozwoju planktonu,
- 12) zacienianie zbiorników ograniczające nagrzewanie wody,
- 13) budowa zbiornika wstępnego zatrzymującego osady z przystosowaniem go do zarastania roślinnością naczyniową tworzącą rodzaj biofiltru eliminującego substancje pokarmowe (związki fosforu i azotu),
- 14) tworzenie sztucznych, pływających wysp obsadzonych roślinnością naczyniową tworzącą rodzaj biofiltru eliminującego substancje pokarmowe (związki fosforu i azotu) będące jednocześnie bezpiecznym schronieniem dla ptactwa wodnego.

Warto, tu zwrócić uwagę, że **znaczenie stosowania zbiorników wstępnych jest niedoceniane** zarówno przez nadleśnictwa jak i przez projektantów częstokroć powielających utarte schematy rozwiązań sprzed lat. Tymczasem w obecnej sytuacji zmian klimatycznych kwestie szczegółowe i pewne cechy obiektów nabierają zupełnie innej wagi. To zamawiający usługę, czyli nadleśnictwo powinno być świadome zalet pewnych rozwiązań i wymagać ich zaprojektowania. Zalety zbiorników wstępnych są wielorakie. Obiekty te są płytkie, ich zadaniem jest przechwytywanie i odkładanie rumoszu zawieszono i wleczono w tym namulów, które łatwo (bez konieczności spuszczenia wody ze zbiornika głównego) jest usunąć. Roślinność naczyniowa celowo nasadzana w czasie zbiornika wstępnego przechwytytuje i wiąże pierwiastki biogenne oczyszczając tym samym wodę. Ponadto, namuły i roślinność zarastająca zbiornik wstępny mogą być przydatne jako nawóz w gospodarce leśnej do użyźniania nasadzeń na słabych glebach lub np. gleb zdegradowanych na skutek pożarów itp. Prace na zbiornikach wstępnych mają mniejszy zakres niż na całych obiektach, choć powinny być prowadzone częściej niż odmulanie zbiornika głównego, jednakże zabiegi te są relatywnie proste i tanie i pozwalają na bieżąco kontrolować i wpływać na stan obiektu głównego.



Zbiornik ze zbiornikiem wstępnym



Mały zbiornik wstępny przed większym zbiornikiem głównym – N-ctwo Przasnysz

Jak postępuje proces eutrofizacji i jaką rolę może odegrać w jego hamowaniu zbiornik wstępny dobrze ilustruje analiza procesów zachodzących na pierwszym zbiorniku ze zbiorników w kaskadowych układach przelewowych. W obu przykładach pokazanych poniżej wyraźnie widać znacznie szybsze procesy zarastania na pierwszym zbiorniku.



Dwa zbiorniki w kaskadzie – lustro wody drugiego zbiornika jest niezarośnięte. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Zbiorniki kaskadowe w Nadleśnictwie Prudnik. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Bardzo ciekawe, tanie i proste do zastosowania rozwiązanie łączące elementy ochrony czynnej zbiornika przed eutrofizacją oraz ptactwa wodnego może stanowić **tworzenie sztucznych, pływających wysp biofiltrów**. Sztuczna wyspa to po prostu drewniana kratownica, tratwa pokryta albo matą z włókien kokosowych, jutową, lub ułożonych naprzemiennie ściętych łodyg trzciny lub słomy. Rozwiązania mogą być różne, ważne by umożliwiły roślinom wegetację. Nasadza się na niej roślinność naczyniową, która stanowi biofiltr. Polecane gatunki roślin to: jeżogłówka gałęziasta, kosaciec żółty, manna mielec, manna zwyczajna, pałka szerokolistna, pałka wąskolistna, sit rozpięchły, tatarak zwyczajny, trzcina pospolita, turzycza brzegowa i inne.²¹

Wyspy te symulują warunki podobne jak w przypadku naturalnych mokradeł i oczyszczają wodę z występujących w niej biogenów. Pływająca roślinna wyspa jest bardzo skuteczna w usuwaniu nadmiaru fosforu i azotu z wody. Szacuje się, że wyspa o powierzchni ok. 250 m² przynosi efekty porównywalne z funkcjonowaniem naturalnych mokradeł na powierzchni 1 hektara²². Tego typu platformę o dowolnym kształcie i wielkości można stosować praktycznie na każdym zbiorniku wodnym. Należy ją zakotwiczyć w dnie.



Ptasia wyspa w Lednicy (konstrukcja) - źródło: <http://old.zpkww.pl>



Efekt jeszcze bez roślinności – źródło: <http://old.zpkww.pl>

²¹ Sadzonki tych roślin są w sprzedaży jako rośliny ozdobne do oczek wodnych lub wład do oczyszczalni hydrobotanicznych.

²² Za www.ekowyspa.eu



Z gotowych sztucznych prefabrykatów. Źródło:
www.hydrotech.com.pl

Platforma stanowi miejsce dla rozwoju roślinności i dla gniazdowania ptaków. System korzeniowy roślinności przenika do toni wodnej i pobiera z niej substancje odżywcze. Porowata struktura pływającej wyspy stanowi również idealne miejsce dla rozwoju drobnoustrojów wspomagających procesy filtracji i oczyszczania wody. Ponadto, daje cień, zmniejszając nagrzanie wody oraz tworzy miejsce, gdzie mogą schronić się drobne organizmy i ryby. Roślinność na wyspie i podłoże należy co jakiś czas wymieniać. Ten materiał doskonale nadaje się na kompost. Jeżeli przyrost masy roślinnej na wyspie będzie duży sama wyporność drewna może być zbyt mała do utrzymania jej ciężaru, dlatego zawczasu pod kratownicą można umieścić np. bańki z tworzywa lub koła ratunkowe, które są płaskie i łatwo je przymocować. Użyty materiał zwiększający wyporność nie powinien wchodzić w reakcje chemiczne z wodą ani się kruszyć, nie może to być np. zwykły styropian. Zaprezentowane przykłady są mało finezyjne i nie są rozwiązaniami idealnymi (wyspy trójkątne oparte są na rurach PCV i syntetycznych siatkach których nie polecamy), ale sama idea połączenia aspektów biofiltracji biogenów i tworzenia miejsc rozrodu dla ptactwa jest godna realizacji.

To rozwiązanie jest polecane szczególnie na dużych obiektach adaptowanych na potrzeby małej retencji ze starych stawów hodowlanych, które charakteryzują się niekorzystnym kształtem i profilem dna, gdzie utworzenie ziemnych wysp i cypli jest trudne. Ponadto, taka wyspa (o ile ma nadane owalne, bliskie naturze kształty) tworzy ciekawe efekty krajobrazowe i może być elementem ścieżki edukacyjno-przyrodniczej dla turystów.

Na koniec warto dodać, że uproszczona ocena tempa postępowania eutrofizacji zbiornika jest łatwa do przeprowadzenia również samodzielnie. Poza obserwacją pokrycia powierzchni zbiornika kożuchami glonów, rzęsy należy ocenić stopień przejrzystości wody. Porównywalność wyników zapewnia metoda zanurzania białego krążka o 30 cm średnicy²³ do utraty jego widoczności, zawieszono go na linie z oznaczoną głębokością zanurzenia.

1.2. Rozwiązania możliwe do zastosowania w przypadku brodów, przepustów, bystrzy, kaskad oraz progów.

Niestety obecnie nadal część obiektów poprzecznych względem cieku projektowana jest w sposób nie uwzględniający niskich stanów wody. Tymczasem dawne założenia już są negatywnie weryfikowane przez zmiany klimatu i na wielu ciekach dochodzi do osiągnięcia niskich stanów nigdy wcześniej nienotowanych. **Dlatego, przy wszystkich typach zabudowy poprzecznej w Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia powinny być zawarte zapisy zobowiązujące projektanta do uwzględnienia w projekcie rozwiązań zapewniających zwiększenie szans tranzytowych dla organizmów w odnych przy bardzo niskich stanach wody.**

Powyższe budowle w przypadku stanów ekstremalnie niskiego poziomu wody mogą stać się barierami nie do przebycia dla organizmów wodnych. Głównym zagrożeniem będącym cechą

²³ Krążka Secchiego.

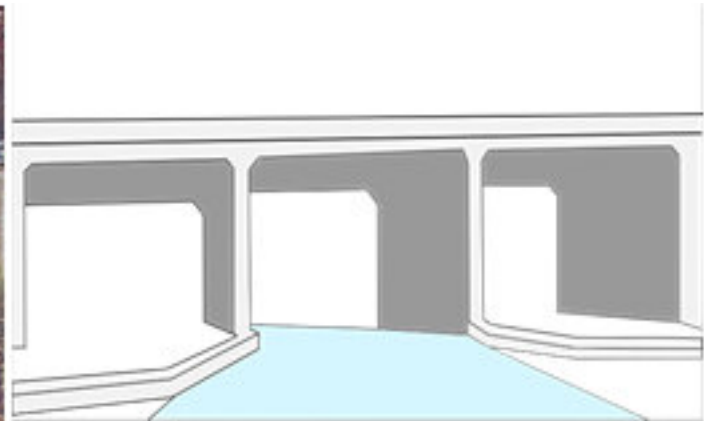
wspólną dla tych obiektów może być ich całkowicie płaski przekrój poprzeczny i nadmierna szerokość pozwalające na rozlewanie się wody w cienką warstwę w korycie.

Taki efekt świetnie widać na przykładzie **przepustów** na większych ciekach. Często w USA projektując przepusty w zlewniach o powierzchni większej niż 2,59 km² usiłowano powiększać szerokość dna w cieku, aby przygotować obiekt na większą przepustowość w czasie wezbrań. Podobne błędne działania realizowane były i w Polsce. Szczególnie jeśli nie można było zwiększyć wysokości przepustu bo ograniczała go rzędna drogi poszerzano obiekt do układu np. trzech czterech prześwitów skrzynkowych (przykład na zdjęciu poniżej.)



Błędnie zaprojektowana rzędna dna rozlewająca wodę w cieku szerzej niż naturalne koryto. Źródło: „Metody hydraulicznego projektowania przepustów z uwzględnieniem morfologii cieku i wymogów związanych ze swobodnym przepływem ryb.” A.J. Kosicki w „Hydraulika, hydrologia, hydrogeologia”

Posadowienie skrzynek na tej samej wysokości jest dużym błędem bo ich łączna szerokość jest dużo szersza niż koryto cieku. Efektem jest blokada przepływu ryb i części innych organizmów wodnych przez zbyt niską głębokość tranzytową i brak koncentracji choćby części wody w jednej przestrzeni. Antidotum zarówno przy istniejących przepustach tego typu jak i przy projektowaniu nowych przepustów jest dodanie ścianek ukierunkowujących spływ do jednej tylko komory przy niskich stanach wody. Przykłady takich rozwiązań pokazują zdjęcia i rysunki poniżej.

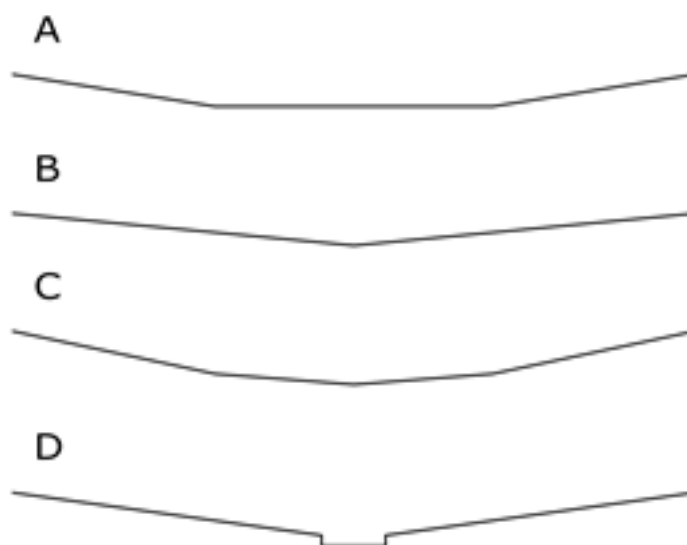


Przykłady ścianek ukierunkowujących niski przepływ do jednej komory przepustu (przepust dwukomorowy na zdjęciu i trzykomorowy na rysunku). Źródło: „Metody hydraulicznego projektowania przepustów z uwzględnieniem morfologii cieku i wymogów związanych ze swobodnym przepływem ryb.” A.J. Kosicki w „Hydraulika, hydrologia, hydrogeologia”, rys. na podstawie źródła P. Włodarczyk.

Podobny problem występuje także w odniesieniu do **brodów**. Ma to miejsce w sytuacjach, gdy bród jest jedynie jednostronnie nachyloną płaszczyzną rozpraszającą cienką warstwę wody po całej swojej powierzchni.

Przy bardzo niskich stanach woda przepływając przez bród będzie rozporoszona na całej szerokości obiektu tworząc warstwę na tyle płytką, żeby uniemożliwić migrację organizmów wodnych.. Należy wziąć pod uwagę, że część brodów położonych jest w miejscach nieoświetlonych, a wyeksponowane na promieniowanie słoneczne w okresach suszy kamienie nagrzewają się do wysokich temperatur przyspieszając parowanie wody.

Tymczasem, wystarczy lekkie, kilkuprocentowe zaledwie, obustronne nachylenie płaszczyzny poprzecznej obiektu ku środkowi cieku, koncentrujące wodę nawet przy bardzo niskich stanach do postaci strużki zwiększającej szanse tranzytowe (układ litery „V” o bardzo dużym kącie rozwarcia). W uproszczeniu można powiedzieć, że przekrój powinien przypominać układ „ptasich skrzydeł”. Prezentowany poniżej schemat w przekroju A pokazuje najczęściej spotykany układ trapezowy z płaskim, szerokim środkiem, natomiast przykłady B,C i D to różne formy układu „V” koncentrujące wodę po środku.



Rys. K.Guzek, P.Włodarczyk

Prezentowany poniżej przykład zdjęciowy to bystrze umożliwiające przejazd, a więc mające także funkcję brodu – jest to w tym kontekście przykład negatywny, gdyż obiekt nie jest dostosowany do bardzo niskich stanów wody. Wystarczyłoby natomiast lekkie załamanie linii ku środkowi koncentrujące wodę na środku, bez straty dla pozostałych jego funkcji. Ponadto, warto zwrócić uwagę, że bystrze to jest na tyle szerokie, iż pokonanie go skokiem/skokami i przepłynięcie między kamieniami staje się problematyczne. Nie ma bowiem basenów pośrednich, a przesmyki między kamieniami przy niskich stanach wody mogą być zbyt małe.



Bystrze regularne na potoku Porębianka

W przypadku brodów, których „zadaniem dodatkowym” nie jest podpiętrzenie rzędnej cieków powyżej, bardzo wskazane jest realizowanie ich w układzie „V” z omówionych powyżej względów analogicznie jak na zdjęciu poniżej.



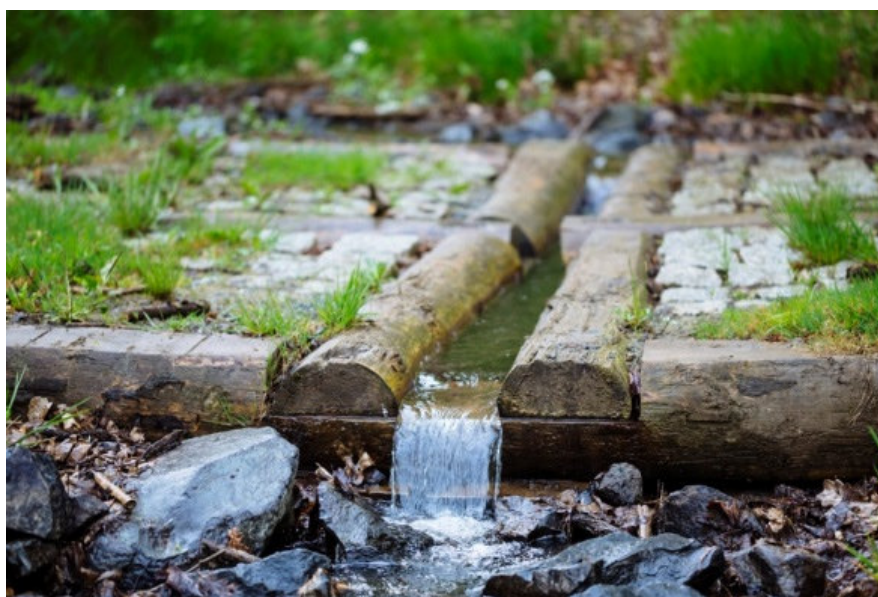
Bród w układzie „V” koncentrujący wodę pośrodku – Nadleśnictwo Wałbrzych (fot. Ryszard Majewicz)

Nieco trudniej jest realizować układ „V” w przypadku brodów ze ścianką szczelną, których jednym z zadań jest np. podpiętrzenie wody na obszarach mokradłowych (głównie tereny nizinne), ale i tu nie jest to niemożliwe. Całkowicie płaski jednostronnie nachylony przekrój poprzeczny (jak na zdjęciu poniżej) też nie jest korzystny z punktu widzenia migracji organizmów wodnych i nagrzewania się wody. Jeśli chcemy umożliwić wędrówkę organizmom wodnym w czasie niżówek nawet minimalny układ „V” będzie tu już dawał pewien efekt koncentracji wody, a właściwe usytuowanie rzędnej ścianki szczelnej umożliwia uzyskanie kompromisu pomiędzy funkcją piętrzącą i koncentrującą ciek.



*Bród piętrzący wodę na mokradle w Nadleśnictwie Strzałowo o płaskim przekroju poprzecznym
(fot. A. Ryś)*

W przypadku bardzo małych brodów na małych ciekach, często o zmiennej dynamice, również warto zadbać o przelewy na małą wodę, jak na zdjęciach poniżej.



Przelew na małą wodę w środkowej części brodu.

W przypadku strumieni o zmiennej dynamice, które mogą być podatne na zmiany koryta i ominięcie miejsca z przygotowanym przejazdem przez ciek można zastosować dodatkowe umocnienia koncentrujące wodę w określonym kierunku. W takich sytuacjach można także kilka metrów powyżej obiektu zastosować deflektory nurtu kierujące strumień na bród.



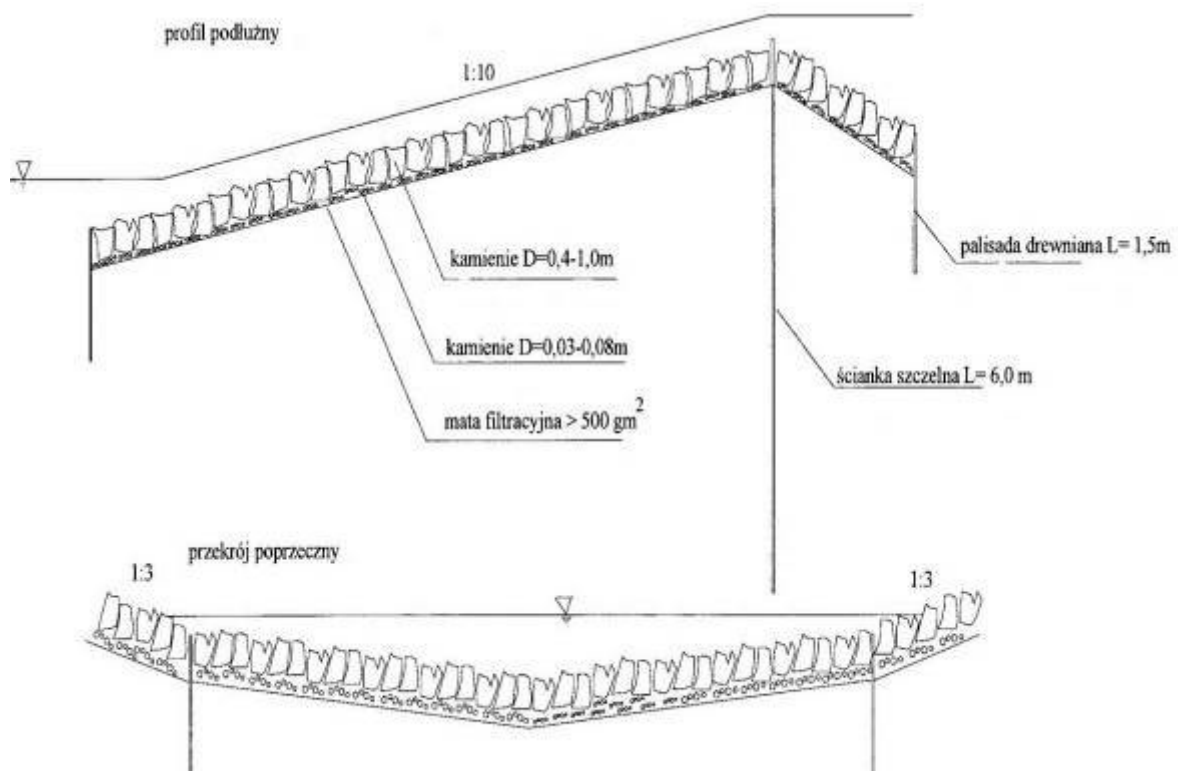
Próg powyżej brodu ukierunkowujący wodę na bród.



Drugie rozwiązanie tego typu.

Zarówno w przypadku **bystrzy jak i kaskad bystrzy** istotnym jest także przewidzenie i ukierunkowanie przepływu niskich stanów wody w formie skoncentrowanej w jednym miejscu.

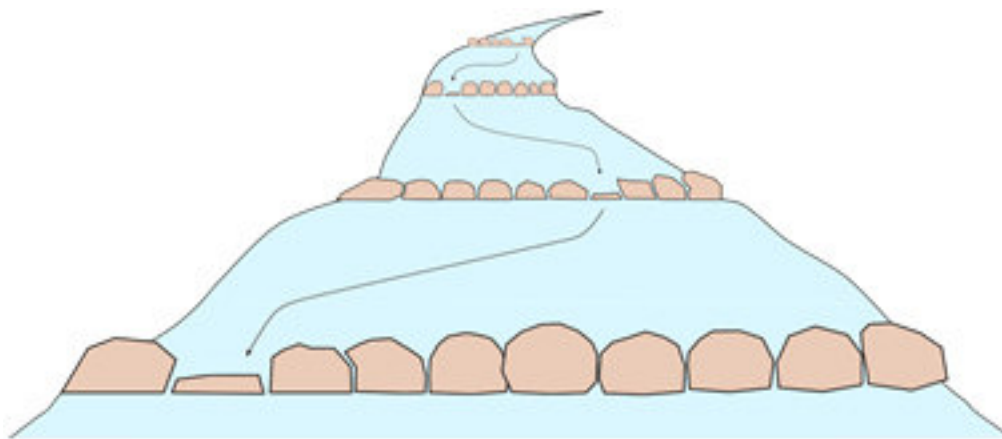
Przykład przekroju poprzecznego V-kształtnego obiektu typu bystrze poniżej.



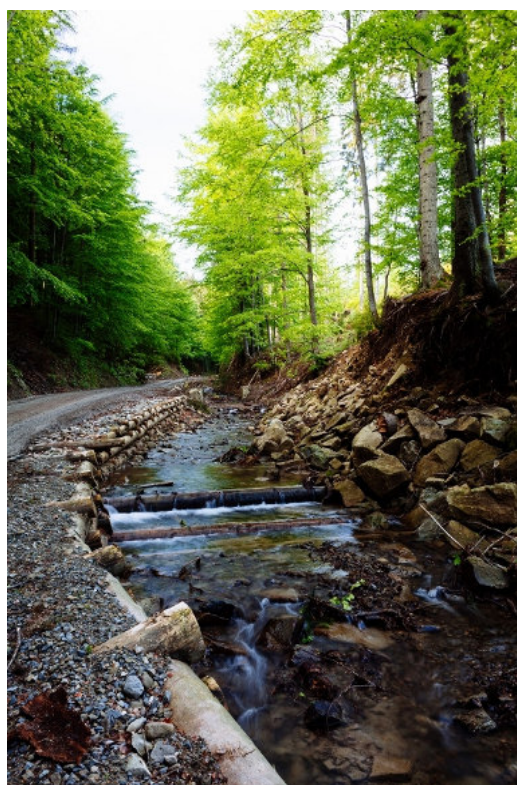
Rys. V-kształtny przekrój poprzeczny bystrza.

W przypadku bystrzy doskonałą metodą jest omówione powyżej tworzenie V kształtnego przekroju poprzecznego, natomiast w przypadku kaskad z kamieni nieregularnych (np. typu plaster miodu) należy zawsze utworzyć miejsca przelewów na małą wodę przez wyznaczenie jej trajektorii przepływu przez całą przegrodę.

W przypadku **progów** pod kątem niżówek koniecznym jest wyposażenie ich w przelewy na małą wodę (najlepiej naprzemiennie by wywoływać meandrowanie cieku, lub nie układanie ich poziomo lecz skośnie naprzemiennie – daje to podobny efekt). Natomiast, bardzo warto polecić z wielu względów podpieranie progów gurtami jak na zdjęciach poniżej.



Rys. K.Guzek, P. Włodarczyk



Poniżej progu widoczne są dwa „baseny”, prog pośredni i gurt. Niestety próg nie ma przelewu na małą wodę. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Kaskada bardzo niskich progów łatwa do pokonania dla organizmów wodnych, z basenami poniżej progu podpartymi gurtem doskonale zabezpieczonym narzutem kamiennym i belkami podłużnymi. Zwraca uwagę dobre zakotwienie belek w brzegach. Niestety brak przelewów na małą wodę. Źródło: Archiwum CKPŚ.

To rozwiązanie ma znaczenie również pod kątem niskich stanów. Poniżej progu tworzy się stale zasilany basenik z wodą (niecka wypadowa), który rybom pokonującym próg pozwala na wybiecie się, a innym organizmom na przetrwanie w czasie niskiej wody. Ponadto, jest to doskonałe rozwiązanie antyerozyjne, bo woda i obniżenie dna ograniczone gurtem w niecce wypadowej wytracają energię spadającej wody i powstrzymują erozję denną poniżej progu, która często występuje poniżej nawet bardzo niskich progów bardzo szybko. Przykład poniżej.



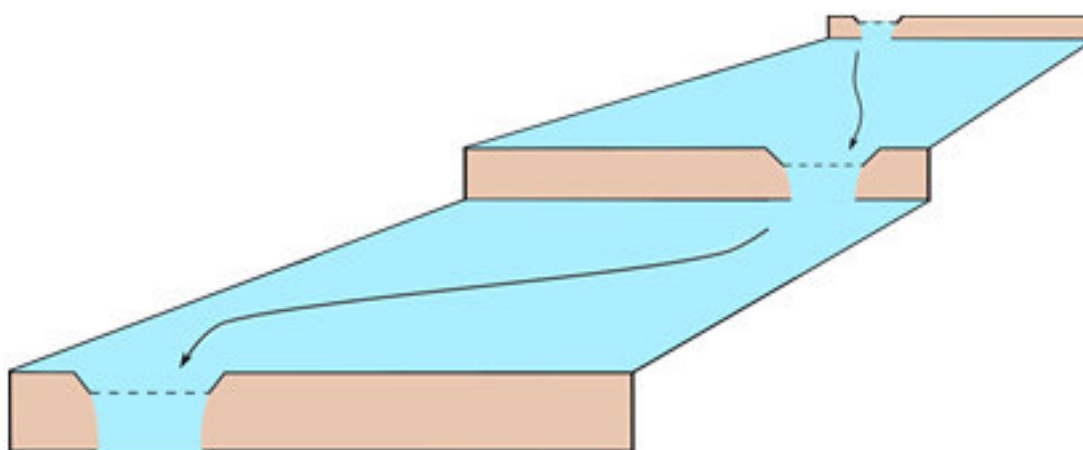
Podmyty próg w rok po wybudowaniu. Brak zamknięcia niecki wypadowej stabilizującego dno. Źródło. Archiwum fotograficzne CKPŚ.

Widoczna na zdjęciu powyżej erozja denną poniżej progu obniżyła poziom dna odsłaniając podstawę progu i podwyższając w sposób niezamierzony jego wysokość, tworząc jednocześnie zagłębienie w dnie korzystne dla pstrąga. Jednak efekt ten może obniżyć szanse migracyjne w górę cieku innych organizmów wodnych (głowacz, bentos itd.)

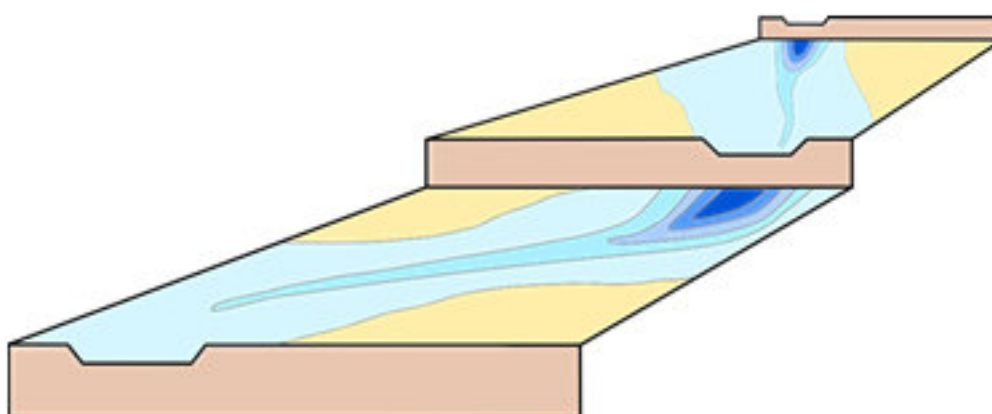
Dlatego, podpieranie nawet niskich progów gurtami w celu stworzenia niecki wypadowej poniżej i ustabilizowania dna powinno być stałą praktyką i jedynym dopuszczanym zastosowaniem progów z bali drewnianych na ciekach naturalnych. Podparcie progu gurtem z wytworzeniem basenu/niecki pod progiem można także zastosować przy progach wcześniej wybudowanych.

Natomiast zawsze na tego typu progach powinno się stosować **przelewy na małą wodę** z kilku powodów:

- obniżają rzędna pierzenia ułatwiając ich pokonanie organizmom wodnym,
- zapobiegają całkowitemu zarumoszowaniu górnej powierzchni powyżej progu prowadzącego do niepożądanego efektu stworzenia płaskiego stopnia,
- żłobią punktowo obniżenie poniżej progu umożliwiające wybicie się rybom pokonującym przeszkodę,
- stosowane naprzemiennie nawet bardzo niewielkie wcięcia w progach wspomagać będą efekt mendrowania.
- koncentrują wodę w cieku w wąski strumyk w czasie niżówek.



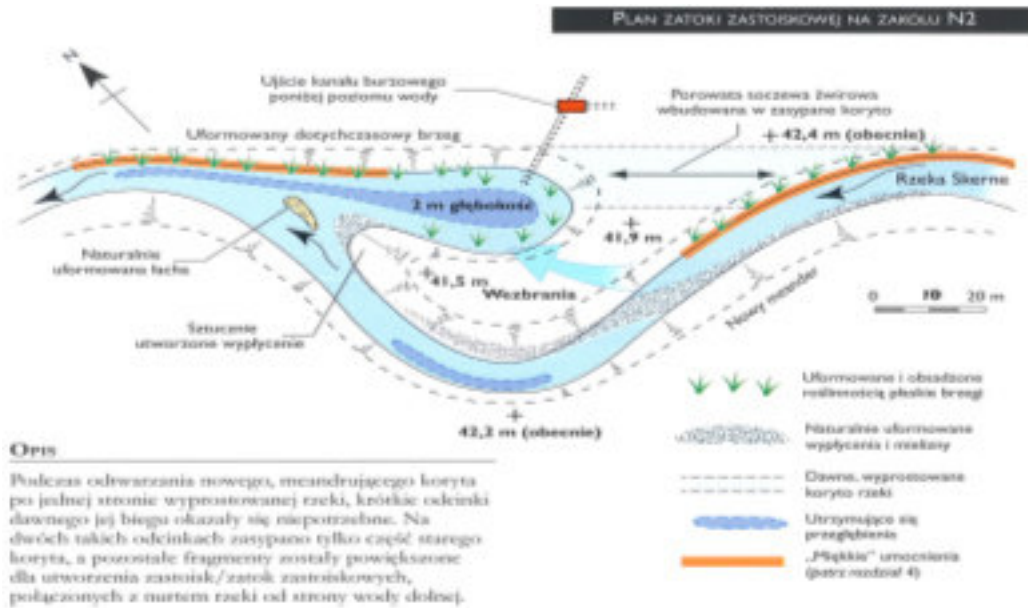
*Naprzemienne rozłożenie przelewów na małą wodę na progach w kaskadzie.
(rys K. Guzek, P. Włodarczyk)*



*Zmiany w dnie wspomagane istnieniem przelewów na małą wodę na progach w kaskadzie.
(rys K. Guzek, P. Włodarczyk)*

1.3. Rozwiązania możliwe do zastosowania w przypadku cieków naturalnych oraz rowów prowadzących wodę

W obu przypadkach, zależnie od ukształtowania terenu możliwym będzie stworzenie zatok zastoiskowych. W przypadku cieków silnie meandrujących niekiedy możliwym będzie wykorzystanie do jej utworzenia starego odciętego meandru lub innego pobliskiego obniżenia terenu tuż przy cieku lub rowie. Funkcją zatoki zastoiskowej jest głównie umożliwienie rozrodu i żerowania organizmom w spokojnej wodzie, ale w przypadku niżówki susz, o ile głębokość zatoki jest znacznie większa niż koryta cieku, może się ona okazać miejscem dotrwania niektórych organizmów wodnych do czasu kolejnych opadów. Czas utrzymywania się wody w zatoce w każdym przypadku będzie inny i dużo zależy od jej zacienienia i rodzaju podłoża. Niekiedy podłoże będzie mocno przepuszczalne i odcięcie zasilania przez wyschnięcie cieku w niedługim czasie doprowadzi do wyschnięcia zatoki. Ale w przypadku gruntów mniej przepuszczalnych i naturalnego uszczelnienia dna zatoki przez namuły woda stagnować może przez dłuższe okresy czasu.



Ten typ rozwiązania został zastosowany przez Nadleśnictwo Międzyzlesie. Po prawej stronie zdjęcia poniżej na silnie erodującym i meandrującym cieku została stworzona zatoka zastoiskowa.



Zatoka zastoiskowa i zastawki na cieku – Nadleśnictwo Międzyzlesie. Źródło: Archiwum CKPS.

Bez wątpliwości tworzenie zatok nie jest możliwym w każdym przypadku i nie zawsze będzie skuteczne w sensie zapewnienia przeżywalności populacji, ale metoda ta jest tania, prosta i spełnia postulat magazynowania wody w środowisku przynosząc korzyści i dla roślin i zwierząt.

Podobnym rozwiązaniem są mikrozbiorowiska boczne. Mają one mniejsze powiązanie morfologiczne z ciekim niż zatoka, ale w czasie niżówek spełnią podobną funkcję. Wybór rozwiązania zależy w dużej mierze od ukształtowania terenu i podłoża.



Kilka małych zbiorniczków bocznych w jednej lokalizacji - Nadleśnictwo Łądek Zdrój. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Mały, ale głęboki zbiorniczek boczny w Nadleśnictwie Łądek Zdrój. Źródło: Archiwum CKPŚ.

1.4. Przechwycenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych.

Woda odprowadzana jest wodospustami z ciągu drogi lub szlaku zazwyczaj na stok łącząc dwie intencje: ochronę nawierzchni przed erozją oraz spowolnienie spływu i jak najdłuższe zmagazynowanie wody w środowisku. Realizacja pierwszej intencji jest stosunkowo prosta – zapewnia ją sam montaż wodospustu, ale efektywne zatrzymanie wody w ściółce leśnej nie jest takie oczywiste.

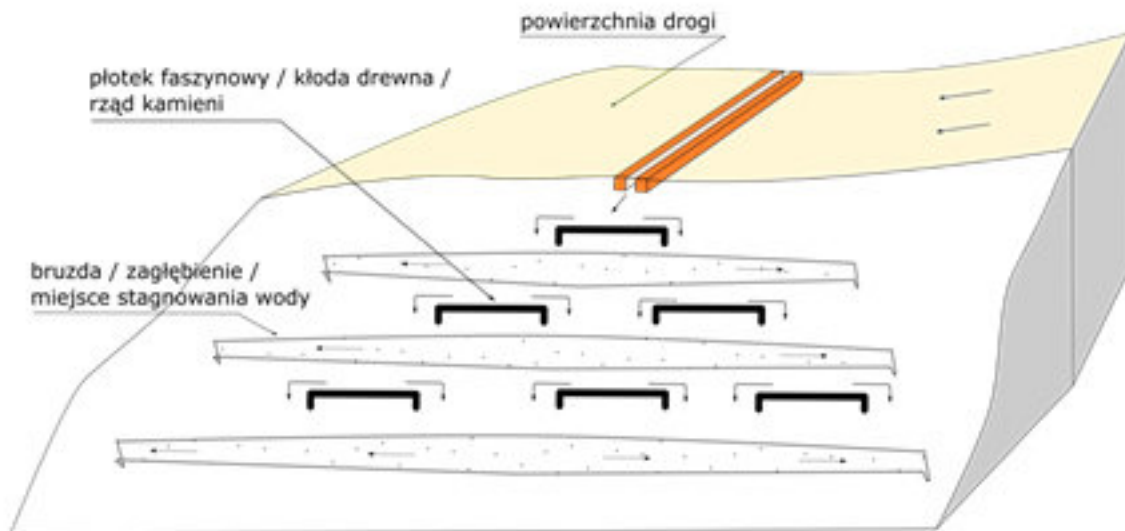
Na bardzo stromych stokach jak na zdjęciach poniżej woda wypadająca z wodospustu zwartym strumieniem może drażnić na zboczu rynnę erozyjną i dość szybko to zbocze pokonywać w dół w niewielkim stopniu wsiąkając w ściółkę po drodze. Aby temu przeciwdziałać można stosować na takich zboczach rozpraszacze, jak te pokazane na zdjęciach poniżej.



Płotki faszynowe antyerozyjne rozpraszające wodę na stok. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Tego rodzaju płotki faszynowe muszą być odpowiednio podparte, by nie uległy wyłamaniu. Mogą to też być poziome belki, kamienie lub garby ziemne. Działanie rozpraszaczy można zwielokrotnić stosując na zboczu kilka rzędów takich płotków. Idąc od góry przy wylocie wodospustu jest jeden, za nim w pewnej odległości dwa, a niżej trzy, przez co coraz mniejsze strumyczki wody rozprowadzane są po coraz szerszym terenie. Można też, na tym zboczu wykonać dla tej wody zagłębienia, dołki, bruzdy wzdłuż stoku, gdzie będzie się wlewać i stagnować.



Rys: Rozłożenie rozpraszaczy na stromym stoku rozpraszających wodę na coraz większą szerokość i mniejsze stróżki wody – dodatkowo można zastosować bruzdy. (Rys. K.Guzek, P. Włodarczyk)

Ciekawym sposobem zatrzymywania wody w środowisku jaknajwyżej i jaknajdłużej są doły chłonne, których głównym zadaniem jest przyjęcie nadmiaru wody spływającej drogą w miejscach, gdzie trudno jest ją odprowadzić na stok. Tymczasem, to rozwiązanie ma tak wiele zalet środowiskowych, że można z powodzeniem stosować je również w niektórych miejscach, gdzie odprowadzenie wody na stok jest możliwe. Wówczas doły chłonne mogą mieć charakter kałuż ekologicznych, napełnianych sporadycznie, ale tworzących dogodne miejsca bytowania dla organizmów i zasilając ekosystem stagnującą wodą także w okresach such.



Dół chłonny w Nadleśnictwie Jugów. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Doły chłonne i kałuże przejmujące wodę odprowadzaną rowkami z drogi. Warto zwrócić uwagę, że sytuacja terenowa położenia drogi względem cieku bardzo sprzyja odprowadzeniu wody z drogi wodospustami i dolotami także do zbiorników widocznych poniżej. Źródło: Archiwum CKPŚ.

2. Dostosowanie obiektów hydrotechnicznych do bardzo wysokich stanów wody i gwałtownych wezbrań

Wiele opisanych wcześniej rozwiązań np. zbiorniki suche, rezerwa powodziowa i przelewy awaryjne na zbiornikach mokrych, umocnienia brzegów, wodospusty na drogach i inne stanowią przejaw dostosowywania infrastruktury do gwałtownych spływów wód. Intencją tego rozdziału jest wypuklenie rozwiązań nietypowych, przemyślanych i dedykowanych konkretnym sytuacjom, których ideę można rozwijać i transponować do sytuacji własnych.

Ciekawym tego typu przykładem jest zbiornik zrealizowany w Nadleśnictwie Śnieżka, gdzie w sąsiedztwie zbiornika znajduje się kałuża ekologiczna, która napęlnia się tylko po przekroczeniu stanu piętrzenia normalnego NPP aż do momentu przelania się przez przelew awaryjny. Oddziaływanie kałuży ekologicznej w sensie przeciwpowodziowym jest wprawdzie znikome, ale ten dodatkowy obiekt ma istotne walory środowiskowe. Rozwiązanie to jest godne uwagi, gdyż przy innych proporcjach zbiornika do zbiornika rezerwowego mogłoby dawać istotny efekt przeciwpowodziowy z mikro zlewni.

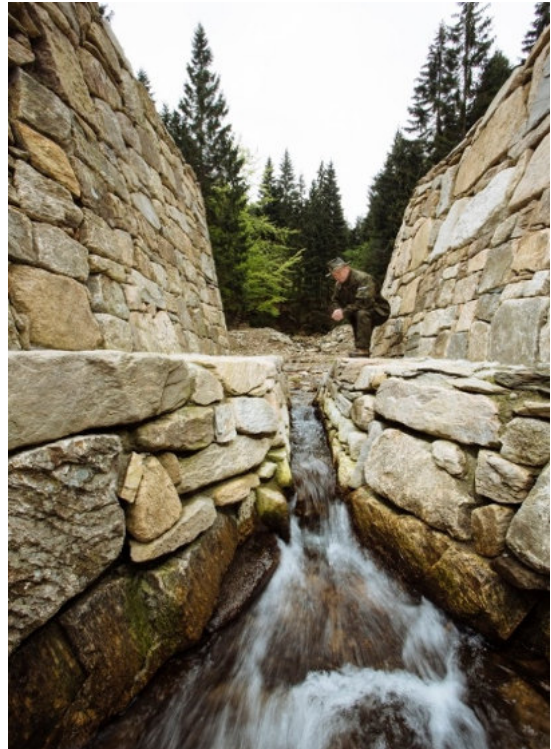


Zatoka napęlniana tylko przy większych stanach wody w zbiorniku. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Innym przykładem są zrealizowane opisane wcześniej zbiorniki suche na cieku z przelewami szczelinowymi (nie przerywającymi ciągłości ekologicznej i transportu rumoszu) powstałe na zaadaptowanych historycznych obiektach do spławu drewna. Wiele takich pozostałości zbiorników istnieje jeszcze w terenie górskim. Zastosowane rozwiązania są bezobsługowe, zbiorniki opróżniają się samoczynnie i mają wpływ na spłaszczenie fali powodziowej w zlewni poniżej w czasie gwałtownych wezbrań.



Widok na zapórę czołową dawnego zbiornika na cieku do spławu drewna przerobionego na zbiornik przeciwpowodziowy – Nadleśnictwo Międzylesie. Źródło: Archiwum CKPŚ. (rys. na górze)



V-kształtny przelew wody ze zbiornika przeciwpowodziowego umożliwiający przejście rumowiska i samoczynne napełnianie i opróżnianie obiektu - Nadleśnictwo Międzylesie. Źródło: Archiwum CKPŚ. (rys. z prawej strony)

W przypadku przegród poprzecznych cieków, poza oczywistymi dość rozwiązaniami powszechnie już stosowanymi (opisanymi we wcześniejszej części opracowania) typu: zwiększenie światła przepustów, stosowanie przekroi parabolicznych, rezygnacja z przepustów okularowych, zwiększenie światła pod mostami, stosowanie brodów zamiast przepustów itd., które to są wyrazem adaptacji przegród poprzecznych do ekstremalnych opadów, warto też zwrócić uwagę na rozwiązania zwiększające szanse na przetrwanie stanów katastrofalnych przez same obiekty.

Ograniczenie ryzyka zatkania przepustów rumoszem mineralnym i drewnianym. Wcześniej do ochrony przepustów podatnych na zatykanie stosowano zapory przeciwrumowiskowe. To rozwiązanie można zobaczyć dość często w górach – tego typu przykład pokazuje zdjęcie oczyszczonej zapory chroniącej archaiczną konstrukcję przepustu okularowego w Nadleśnictwie Świeradów, którego dzisiaj już na mocy obowiązujących przepisów nie można by było wybudować.



Opróżniona z zalegającego rumoszu wysoko położona na zboczu góry zapora w Nadleśnictwie Świeradów. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Wprawdzie oczyszczona zapora działa podobnie jak zbiornik suchy, ale obiekt taki dość szybko wypełnia się rumoszem i traci tę funkcję, zatem tego typu oczyszczenie niecekistniejących zapór bez przebudowy samych obiektów nie wchodzi w zakres Projektów. Zapory tego typu są obiektami bardzo kontrowersyjnymi, co omówione zostało we wcześniejszej części opracowania.

Zmieniły się nie tylko przepisy dotyczące budowy przepustów i zapór przeciwrumowiskowych, ale także podejście projektantów oraz dostępność nowoczesnych prefabrykatów budowlanych, dzięki czemu nie ma już konieczności budowy zapór przeciwrumowiskowych w wielu analogicznych miejscach. Poniższe zdjęcia z przebudowy przepustu na obiekt paraboliczny o dużym świetle (wykonanej w ramach projektu retencji górskiej 2007-2013 przez Nadleśnictwo Baligród) pokazują, że zastosowanie przepustów parabolicznych ogranicza ryzyko zatkania światła przepustu i nie przerywa ciągłości transportu rumowiska, czyniąc tym samym ten obiekt bezpiecznym i bezobsługowym.



Przebudowa przepustu na nowoczesną konstrukcję odporną na zatkanie rumoszem. Źródło: Materiały własne Nadleśnictwa Baligród.

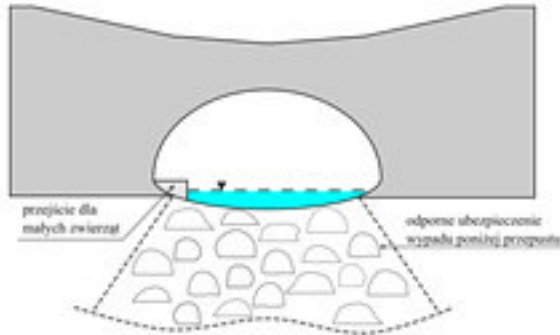
Raz jeszcze zatem warto podkreślić jak ważny jest aspekt transportu rumowiska przez obiekty w czasie gwałtownych wezbrań. Przepust o „za dużym świetle” nie niesie negatywnych konsekwencji, o ile w ogóle tego typu przypadek można zdefiniować. Zaś konsekwencje budowy przepustów o zbyt małym świetle są bardzo dotkliwe.



Przykłady adaptacji przepustów do zmian klimatu.

Przepust z funkcją brodu na powierzchni. Rozwiązanie wywodzi się z czasów, gdy stosowane prefabrykaty betonowe nie miały wystarczających średnic, a powiększając wielokrotnie swą objętość wodę schodzącą w czasie nawałnic starano się tak ukierunkować, by nie zniszczyła przepustu i drogi w jego otoczeniu. Na powierzchni przepustu o zbyt małym dla stanów ekstremalnych świetle, uformowany był bród V-kształtny kierujący wodę przelewającą się górą na

solidnie przygotowany wypad poniżej przepustu. Działał on podobnie do przelewu powierzchniowego awaryjnego, zaś teren powyżej przepustu zmieniał się niejako w zbiornik okresowy. To bardzo ciekawe rozwiązanie zależne jest od ukształtowania terenu, nie jest do zastosowania w każdej sytuacji. Również teraz, mimo dostępności prefabrykatów o właściwe dowolnej średnicy może być w niektórych sytuacjach stosowane.



Schemat przepustu z przelewem górnym/brodem.



Straty powodziowe w 1997 r. – rozmyty przepust o zbyt małym świetle. W tym wypadku użyto zbyt małego przekroju do wykonania przepustu, jednak odpowiednie umocnienie budowli i umożliwienie przelania się wody górą przez przelew górny/bród nie dopuściłoby do takich zniszczeń. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Dodatkowe przepusty ulgi na wyższej rzędnej. Oczywiście w przypadku przepustów łukowych najlepszym możliwym rozwiązaniem jest montaż przepustów parabolicznych o bardzo dużym świetle. Niemniej jednak w tym przypadku sytuacja terenowa i wezbrania katastrofalnie zwiększające nawet kilkudziesięciokrotnie przepływ w cieku mogą wymagać jeszcze większego przekroju na wody wezbraniowe niż jest w stanie zapewnić pojedynczy prefabrykat. Wówczas do rozważenia jest rozwiązanie prezentowane na poniższych zdjęciach - dodatkowe boczne przepusty posadowione są wyżej i pracują odciążając przepust główny tylko przy wyższych stanach wody.



Przykłady wielootworowych przepustów z rezerwową przepustowością na wody powodziowe. Źródło: „Metody hydraulicznego projektowania przepustów z uwzględnieniem morfologii cieku i wymogów związanych ze swobodnym przepływem ryb.” A.J. Kosicki w „Hydraulika, hydrologia, hydrogeologia”

Barierki na mostach i przepustach. Znaczenie adaptacyjne barierki na obiektach mostowych lub przepustach nie jest oczywiste, a jednak jest to sprawa istotna. Analiza strat powodziowych z lat 1997 i 2010 i innych lat pokazuje, że w wielu przypadkach do zerwania przeprawy mostowej lub wymycia znacznych wywn w korpusie drogi obok obiektu dochodzi wówczas, gdy obiekt ten posiada zbyt mocno wykonaną barierkę. Jest to swoisty paradoks, gdyż zbyt solidne wykonanie obiektu przyczynia się do jego destrukcji. Dzieje się tak w sytuacjach, gdy potężne rwące masy wody nie mieszczą się już

w świetle pod obiektem, a dodatkowo woda niesie dużą ilość rumoszu drzewnego w postaci gałęzi, konarów a nawet całych drzew. Rumosz ten zatyka światło mostu lub przepustu, a gdy woda zaczyna przelewać się górną, rumosz zatrzymuje się na barierce. Duża ilość tak zatrzymanego rumoszu tworzy tamę podnoszącą dodatkowo poziom wody. Siła naporu jest ogromna i jeżeli barierka się nie złamie to może dojść do wyrwania całego obiektu z przyczółków. Najbardziej zagrożone są obiekty drewniane, gdzie dodatkowo jeszcze sam most zachowuje się jak przymocowana do ziemi tratwa unoszona siłą wyporu.

Poniższe zdjęcia pokazują rozmyte mosty betonowe i rozmiary rumoszu drzewnego osadzającego się na barierkach. Daje to wyobrażenie o sile niszczącej wody. W obu prezentowanych przypadkach mosty wyrwane zostały z przyczółków, ale barierki przetrwały.



Rumosz niesiony wodą w czasie katastrofalnego wezbrania osadzony na moście. Źródło: Archiwum CKPŚ. *Zerwany most w Nadleśnictwie Łądek Zdrój. Źródło: Archiwum CKPŚ.*

Bardzo pouczający jest poniższy przykład dość słabego wydawałoby się mostu drewnianego na szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Zdroje, który przetrwał nienaruszony powódź w 1997 roku pomimo gwałtownego wezbrania i przelewania się mas wody aż o 1m powyżej jego powierzchni. Warto tu zwrócić uwagę na trzy elementy:

- most jest wykonany ze stosunkowo cienkich elementów drewnianych przez co jego powierzchnia boczna nie stawia zbyt dużego oporu przepływającej wodzie,
- most jest dobrze zakotwiczony w terenie dzięki naturalnym umocnieniom jego przyczółków korzeniami i pniami dorodnych drzew;
- most w ogóle nie posiada barierki.



Mostek ocalały w stanie nienaruszonym po przejściu fali powodziowej o metr nad nim w 1997 roku – Nadleśnictwo Zdroje. Fot. B. Noga. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Należy pamiętać, że budowa mostu nie powinna być związana z jakimkolwiek efektem retencyjnym. Most ma tylko umożliwić przekroczenie cieku i we wszystkich swoich szczegółowych rozwiązaniach umożliwiać efektywny przepływ wód właściwie niezależnie od ich wielkości.

Oczywiście, nie w każdym przypadku rezygnacja z budowy barierki jest dopuszczalna i na części obiektów mostowych i przepustów barierki muszą być. Jednak kwestia jakie. Otóż jeśli barierka jest niezbędnym elementem budowli to można ją zaprojektować w taki sposób, by z jednej strony zapewniała bezpieczeństwo przechodniom, a z drugiej była możliwie „ażurowa” i wolne przestrzenie dawały jak największą ilość miejsca na przepływ rumoszu w czasie wezbrań. Należy także odpowiednio dobrać przekroje i wytrzymałości budulca barierki. W ostateczności lepiej, by barierka złamała się zmniejszając całościowy napór wody na obiekt w czasie sytuacji ekstremalnych, niż by miało dojść do znacznie poważniejszych strat.



*Most drewniany w Tatrzańskim Parku Narodowym.
(fot. PRO-LAS s.c. Kraków)*



*Most drewniany w TPN
(fot. PRO-LAS s.c. Kraków)*

Na powyższych zdjęciach widać różnice w „gęstości” zabudowy barierki. Na moście po prawej stronie jest duża liczba poziomych desek, które nie są niezbędne konstrukcyjnie, a w czasie ekstremalnego wezbrania mogą stanowić tamę zagrażającą bezpieczeństwu obiektu. Most po lewej stronie ma stosunkowo dużo wolnej przestrzeni i do opisanych zagrożeń dojdzie na tym obiekcie wolniej lub wcale. Skośne, boczne podpory barierki jednak z nią konstrukcję bardzo wytrzymałą (możliwe, że zbyt wytrzymałą).



Rachityczna barierka na szczycie przepustu. Źródło: Archiwum CKPŚ.



Gęsto szczelbowana barierka na moście. Źródło: Archiwum CKPŚ.

Podobnie na moście po prawej stronie konstrukcja barierki jest zbyt „gęsta” i duża ilość pionowych szczelbli może zatrzymać nawet małe gałęzie. Z drugiej strony, brak bocznych podpór i sposób jej zamocowania (boki do muru dwiema śrubami) raczej sugeruje stosunkowo szybkie jej zerwanie przez napór wody. Z kolei zdjęcie po lewej stronie ukazuje minimalistyczne podejście do konstrukcji barierki. Przekroje i „gęstość” zabudowy są niewielkie. Warto też, zwrócić uwagę, że ten przepust mógłby być z powodzeniem wyposażony także w przelew awaryjny w postaci brodu na górze, zgodnie ze schematem przedstawionym powyżej. Widoczna tu sytuacja terenowa dokładnie odpowiada możliwości gromadzenia nadmiaru wody powyżej przepustu jeśli jego światło (i tak bardzo duże) okaże się za małe. Taka ewentualność zależy od wielkości zlewni powyżej.

W projektach rekomendowane jest podejście zlewniowe i również w tym kontekście warto zwrócić uwagę na możliwe synergiczne, pozytywne oddziaływanie innych zabiegów, które można wykonać w zlewni m.in. w celu zwiększenia bezpieczeństwa powodziowego obiektów mostowych poniżej. Otóż w wielu sytuacjach na ciekach okresowych i małych ciekach stałych (którymi nie migrują ryby) wskazane jest budowanie na zalesionym terenie prostych drewnianych tam przeciwrumoszowych omówionych w kolejnym punkcie.

Reasumując, w terenie górskim i podgórskim oraz na niektórych terenach nizinnych, gdzie istnieje zagrożenie wezbrań przekraczających po wielokroć objętość cieków należy tam, gdzie jest to wymagane projektować barierki w sposób minimalistyczny, ale zgodny z wymaganiami zapewnienia bezpieczeństwa ruchu pieszego i kołowego oraz rozważyć wprowadzenie działań wspomagających bezpieczeństwo powodziowe obiektów, myśląc kategoriami działań w zlewni, a nie o pojedynczym obiekcie.

Zapory przeciwrumowiskowe drewniane na ciekach okresowych. W przypadku silnie zagłębionych wąwozów specyficzną formą zabudowy przeciwerozyjnej posiadającą pewne aspekty przeciwpowodziowe są zapory belkowe drewniane. Ich zadaniem jest wyłapanie rumoszu drewnianego i mineralnego i stopniowe jego deponowanie powyżej zapory aż do naturalnego zablizniania się dna wąwozu. Dzięki temu następuje spłytenie wąwozu i zmniejszenie spadku podłużnego dna. Są to konstrukcje jednorazowe, różnej wielkości, które mają się rozpaść doprowadzając do związania rumoszu i mineralnego i organicznego w trwałe podłoże dna cieku okresowego. W ramach Projektów budowa takich lekkich obiektów możliwa jest jako infrastruktura towarzysząca przebudowie obiektów hydrotechnicznych, którym jest w stanie zagrozić płynący w czasie gwałtownych wezbrań rumosz drzewny i mineralny (np. zatkanie światła przepustów, osadzanie się gałęzi na mostach) – zapory ograniczają transport tego rodzaju materiału na danym dopływie. Ponadto, w pewnym stopniu rozpraszają energię wody, nie jest to jednak efekt znaczący. Te budowle to przede wszystkim budowle przeciwerozyjne. Przykłady takich inwestycji pokazują poniższe zdjęcia.



Niewielkie zapory przeciwrumowiskowe seryjnie rozłożone w wyerodowanym wąwozie na cieku okresowym. Źródło: Archiwum CKPŚ

Głównym zadaniem tego rodzaju zapór jest wyłapywanie rumoszu drzewnego (głównie gałęzie, pniaki itp.). W pewnym stopniu z czasem tama wyłapywać będzie także rumosz mineralny i spowalniać spływ wody. Obiekty te mają szansę przechwycić biomasę i inny materiał organiczny oraz materiał mineralny, które po latach przekształcone zostaną w zwartą strukturę gleby. Zapory mają za zadanie rozpaść się samoczynnie i nie trzeba ich oczyszczać. Jest to rozwiązanie antyerozyjne, które łączy wiele funkcji. Tego typu tamy można też budować w celu ochrony zbiorników wodnych zasilanych ciekami okresowymi i innych obiektów zlokalizowanych na ciekach okresowych. Rozwiązanie to można stosować w wyerodowanych wąwozach, jarach a nawet na nieczynnych szlakach zrywkowych, które przekształciły się w cieki okresowe.

Tego rodzaju zapory zależnie od wielkości obiektu, układu brzegów wąwozu i podłoża, mają różne konstrukcje przyczółków. W miejscach, gdzie ściany wąwozu nie dają właściwego oparcia dobrym rozwiązaniem są zapory kaszycowe. Zapory takie buduje się z bali drewnianych, łączonych w poziome klatki. Klatki z bali wypełnia się następnie kamieniem łamanym, który może być narzucony luzem. Klatki mają pionowe ściany główne: przednią (odpowietrzną) i tylną (odwodną) oraz ściany poprzeczne, służące do powiązania ścian głównych, w odstępach równych lub nieco większych od odległości pomiędzy ścianami głównymi.

W wielu przypadkach budowane są klatki posiadające tylko przednią ścianę główną bez ściany tylnej. Wtedy bale ścian poprzednich nie są układane pionowo, lecz pochylają się ku tyłowi.



Fot. 12. Zapora belkowa kaszycowa z drewna (Leśnictwo Przysietnica)

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

Pojęcia ogólne

| | |
|--|--|
| Bystrze (szypot, przemiał) | Odcinekcieku charakteryzujący się dużym spadkiem dna i zwierciadła wody oraz szybkim przepływem i niewielką głębokością wody, w naturalnych ciekach występujący w miejscu przerzutu nurtu z jednej strony koryta na drugą. Miejsce deponowania rumowiska i formowania się łach. Także budowla poprzeczna (patrz definicje budowli) stabilizująca dno koryta wykonywane z narzutu kamiennego o łagodnym spadku. |
| Ciek | Wszystkie wody będące w ruchu pod wpływem sił ciężkości, płynące w korytach naturalnych lub sztucznych, przewodzących wodę okresowo lub stale. Własność poszczególnych cieków określa <i>Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie śródlądowych wód powierzchniowych lub części stanowiących własność publiczną (Dz.U.2003.16.149)</i> |
| Ciek naturalny | Ciek, którego koryto i reżim hydrologiczny ukształtowane są bez ingerencji człowieka. Wg. Prawa Wodnego (Art. 9.1.) przez cieknaturalny rozumie się rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy, naturalnymi lub uregulowanymi korytami. |
| Ciągłość biologiczna cieków | Koncepcja zakładająca, że rzeka jest jednym ekosystemem, w którym od źródeł do ujścia cechy fizyczne, biologiczne, chemiczne itp. zmieniają się w sposób ciągły, tak że nie można wyróżnić wyraźnych granic pomiędzy poszczególnymi strefami cieków. |
| Kanał | Koryto sztuczne, służące do okresowego lub stałego prowadzenia wody, o szerokości w dnie ponad 1,5m. |
| Oczko wodne | Naturalne zagłębienie terenowe o powierzchni poniżej 1ha, wypełnione stale lub okresowo wodą. |
| Pasy korytowe (przykorytowe, buforowe) | Pasy roślinności po obu stronach cieków, w sposób naturalny chroniący wody powierzchniowe przed spływającymi zanieczyszczeniami. |
| Potok górski | Ciek naturalny o następujących łącznych cechach (Prawo Wodne, Art. 9.1.): - powierzchnia zlewni poniżej 180km ² , - stosunek przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienie 1% do przepływu średniego z wielolecia jest większy niż 120, - spadek zwierciadła wody jest większy niż 0,3%. |
| Przegłębienie (płoso) | Odcinekcieku charakteryzujący się głęboką wodą. W krętych i meandrujących ciekach występuje na zakolu. |
| Staw | Stosunkowo płytki zbiornik wodny (w którego strefie przybrzeżnej a niekiedy na całej powierzchni może występować roślinność zakorzeniona), zazwyczaj mniejszy od jeziora, obwałowany. Możemy wyróżnić: - stawy naturalne (rozlewiska wody gromadzącej się w zagłębieniach terenu), - stawy sztuczne (zbiorniki wodne tworzone przez spiętrzenie wód do celów gospodarczych lub dekoracyjnych), - stawy rybne/hodowlane (służą do hodowli lub tymczasowego przetrzymywania ryb). |
| Szlak operacyjny /zrywkowy | Szlak wycięty w drzewostanie, umożliwiający prowadzenie wielu prac i zadań z zakresu różnych działów gospodarki leśnej (np. pozyskanie drewna). |
| Terasa zalewowa/taras zalewowy | Forma terenu powstała w dolinie rzecznej wskutek erozyjnej działalności płynących wód. Może być ona okresowo zalewana podczas większych wezbrań lub powodzi. |

| | |
|--|--|
| Wody podziemne | Wszystkie wody znajdujące się pod powierzchnią ziemi w strefie nasycenia, w tym wody gruntowe pozostające w bezpośredniej styczności z gruntem lub podglebiem. |
| Zbiornik kopany | Zbiornik powstały na skutek wykonania wykopu, zasilany wodami podziemnymi lub powierzchniowymi. |
| Zbiornik liniowy | Utworzony na skutek spiętrzenia wody w cieku (rzeka, kanał, rów) w wyniku budowy urządzenia piętrzącego. Zwierciadło wody spiętrzonej układa się poniżej naturalnej powierzchni terenu. |
| Zbiornik retencyjny | Sztuczny zbiornik wodny wybudowany w celu gromadzenia wody (retencjonowania) do różnych celów. |
| Zbiornik suchy | Zbiornik przeciwpowodziowy o swobodnym przepływie rzeki przez czasę zbiornika i urządzenia upustowe. Gdy przepływ staje się większy niż zdolność przepustowa budowli piętrzącej, część wody zatrzymuje się w czaszy zbiornika i stopniowo jest opróżniana po przejściu wezbrania. W okresach czasu pomiędzy wezbraniem czasza zbiornika może być wykorzystywana rolniczo. Niektóre zbiorniki suche posiadają zamknięcia, które są regulowane zgodnie z posiadaną instrukcją gospodarowania wodą. |
| Zbiornik zaporowy | Zbiornik retencyjny powstały na skutek budowy zapory i urządzeń hydrotechnicznych przegradzających poprzecznie dolinę cieku, powodujących znaczne podpiętrzenie wody i wskutek tego - zalanie części doliny rzecznej powyżej zapory. |
| Zbiorniki kaskadowe (koralikowe, paciorkowe) | Zespół zbiorników retencyjnych lub stawów znajdujących się na różnej wysokości nad poziomem morza i połączonych w ten sposób, że woda odpływa ze zbiornika wyżej położonego do usytuowanego niżej. Tego typu zbiorniki zazwyczaj powstają przez spiętrzenie wody jednej rzeki bądź potoku za pomocą kilku budowli piętrzących położonych w niewielkiej odległości od siebie. Mogą być usytuowane na potoku lub rzece (typ zaporowy) lub obok potoku (typ boczny). |
| Zlewnia | Obszar lądu, z którego cały spływ powierzchniowy wód jest odprowadzany przez system strumieni, potoków, rzek i kanałów do wybranego punktu biegu cieku. |

Przepływy

| | |
|---------------------------------------|--|
| Maksymalny poziom piętrzenia (Max PP) | Położenie zwierciadła spiętrzonej wody przy uwzględnieniu pojemności powodziowej (V_p). Dla budowli piętrzącej, która nie posiada pojemności powodziowej, maksymalny poziom piętrzenia (Max PP) może być równy normalnemu poziomowi piętrzenia (NPP). |
| Normalny poziom piętrzenia (NPP) | Najwyższy eksploatacyjny poziom zwierciadła wody ustalony dla normalnych warunków użytkowania. |
| Pojemność powodziowa | Niewypełniona wodą pojemność zbiornika przeznaczona do wykorzystania w przypadku powodzi, zawarta między normalnym poziomem piętrzenia (NPP) a maksymalnym poziomem piętrzenia (Max PP). |
| Pojemność użytkowa | Pojemność przeznaczona do wykorzystania dla różnych celów zawarta między minimalnym a normalnym poziomem piętrzenia (NPP). |
| Przepływ biologiczny | Najmniejszy możliwy przepływ, o wartościach zmiennych w czasie i dostosowanych do danego odcinka cieku, który zapewnia przeżywalność organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz ich właściwe funkcjonowanie w obrębie ekosystemu rzecznej. Jego wartość musi być dobrana zarówno pod względem właściwej dynamiki przepływów, jak i stanów wody. Określenie to powinno zastąpić dotychczas stosowane określenie „przepływ nienaruszalny”. |

| | |
|------------------------------------|---|
| Przepływ miarodajny | Przepływ wypełniający w całości koryto w przekroju kontrolnym. Stanowi podstawę projektowania i sprawdzania obliczeń. |
| Przepływ pełnokorytowy | Przepływ całkowicie wypełniający koryto rzeki. Dla stabilnych w pionie rzek naturalnych przepływ pełnokorytowy jest przepływem o prawdopodobieństwie wystąpienia zbliżonym do 67% (woda półtoraroczna). |
| Wysokość piętrzenia budowli wodnej | Różnica rzędnej maksymalnego poziomu piętrzenia (Max PP) i rzędnej zwierciadła wody dolnej, odpowiadającej przepływowi średniemu niskiemu. |

Podstawowe definicje obiektów i urządzeń

| | |
|--|---|
| Bród | Naturalne wypłylenie cieką lub sztucznie umocnione dno pozwalające na przejazd przez koryto cieką. W szczególnych przypadkach może także piętrzyć wodę na niewielką wysokość. |
| Budowla piętrząca - upustowa | Budowla umożliwiająca stałe lub okresowe piętrzenie wody ponad naturalny poziom w rzece lub akwenuie . |
| Bystrzok | Umocniony odcinek cieką (kanału, rzeki) charakteryzujący się dużym spadkiem podłużnym, prowadzący wodę ze znaczną prędkością. Ze względu na możliwość przzerwania ciągłości cieką nie jest zalecany do stosowania w ramach projektów, może być zastąpiony <i>Bystrzem</i> . |
| Bystrze (bystrze o zwiększonej szorstkości, pochylnia) | Budowla poprzeczna stabilizująca dno koryta wykonywana z narzutu kamiennego o łagodnym spadku (1:10-1:30), tak skonstruowana, żeby zachowana została ciągłość biologiczna cieką (tj. możliwość migracji organizmów wodnych w dół i w górę cieką). Bystrze powinno być tak zlokalizowane, aby mogło spełniać również funkcję szypotu (płycizny o stosunkowo szybkim prądzie; bystrza naturalnego), a nie tylko redukcji spadku i stabilizacji dna. Budując bystrza/modernizując progi i stopnie unika się w ten sposób budowy kosztownych i mało skutecznych przepławek. |
| Bystrze przeciwstawne | Budowla poprzeczna – jak wyżej – zaopatrzona w progi pośrednie o nachyleniach usytuowanych przeciwstawnie względem siebie, co wymusza meandrujący przepływ wody przez bystrze. |
| Dylowanka | Drewniana nawierzchnia układana na drogach i ścieżkach służąca zabezpieczeniu drogi lub gleby przed erozją. Najczęściej ma postać ułożonych obok siebie poprzecznie do osi drogi drewnianych żerdzi spiętych kłami budowlanymi z drewnianymi krawężnikami. |
| Elementy habitatowe | Elementy służące zróżnicowaniu siedlisk organizmów wodnych (np. głazy w nurcie cieką, schrony dla ryb itp.). |
| Grobla | Nasyp ziemny służący do stałego lub okresowego spiętrzenia wody o wysokości zazwyczaj nieprzekraczającej 3,0 m. W inwestycjach przewidzianych w ramach projektów groble stanowią integralny element zbiorników wodnych. |
| Gurt | Budowla poprzeczna, stabilizująca dno cieką i nie piętrząca wody, służąca powstrzymaniu erozji wgłębnej dna. |
| Kaszycy/ konstrukcja kaszycowa | Budowla oporowa stosowana do umocnienia skarp i zboczy, najczęściej brzegów potoków i osuwisk, o konstrukcji drewniano - kamiennej, w której belki drewniane pełnią funkcję konstrukcyjną, a wypełnienie stanowi materiał kamienny i grunt. Właściwości: samouszczelnienie, jednoczesna stabilność i elastyczność konstrukcji, odporność na podmywanie i osiadanie, możliwość „ożywienia” tj. nasadzenia roślinności w konstrukcji kaszycy. |

| | |
|---------------------------------|---|
| Mnich | Budowla służąca do piętrzenia i regulowania przepływu wody w zbiorniku wodnym. Mnich składa się ze stojaka wyposażonego w zamknięcia szandorowe (zakładane ręcznie deski) oraz leżaka, tj. przewodu poziomego przeprowadzającego wodę pod groblą (zaporą). Mnich może być wykonany z drewna, licowanego kamieniem betonem, tworzyw sztucznych, metalu itp. |
| Opaska brzegowa | Budowla wykonana wzdłuż brzegu rzeki, stanowiąca jego obudowę, mająca na celu ukształtowanie bądź utrzymanie nurtu w danym położeniu – stosowana głównie na łukach wklęsłych. Wyróżniamy opaski brzegowe: faszynowe, materacowe, walcowe, kamienne oraz ich kombinacje. |
| Opaska faszynowa | Wiązka z pędów wyciętej wikliny lub gałęzi innych drzew liściastych, bądź szpilkowych o znormalizowanych wymiarach powiązana drutem w formie kieszek i umocowana zwykle w postaci zakończenia w części dennej, brzegowej koryta. Jej zadaniem jest zabezpieczenie brzegu i/lub części dna przed niszczącym oddziaływaniem energii płynącej wody. |
| Opóźniacz odpływu | Urządzenie składające się z wlotu z otworem ograniczającym wraz z przelewem oraz z leżaka, przez które przepływają wszystkie wody dopływające do opóźniacza. Funkcję leżaka pełni najczęściej istniejący przepust pod drogą leśną. Budowla służy do opóźniania odpływu wód wielkich. |
| Ostroga regulacyjna (deflektor) | Kamienna, drewniana lub faszynowa budowla na brzegu rzeki mająca na celu, w zależności od sytuacji: odepchnięcie nurtu rzeki dla ochrony brzegu przed podmywaniem lub wywołanie meandrowania i zróżnicowania warunków przepływu na prostych, niekiedy uregulowanych odcinkach cieków. |
| Płotki/przegrody drewniane | Stosowane na szlakach operacyjnych (zrywkowych) belki drewniane (rzadziej płotki faszynowe) ustawione co kilkanaście metrów, prostopadle do kierunku szlaku, mające na celu powstrzymanie nadmiernego spływu powierzchniowego i powodowaną przez niego erozję. Powodują osadzanie się kamienni i zmywanej gleby, w połączeniu z zabudową biologiczną przyczyniają się do sukcesji roślinności w rynnach erozyjnych (debrach). |
| Próg, stopień | Budowla stałe podpiętrzająca wodę na niewielkim cieku naturalnym lub sztucznym. |
| Przelew | Część budowli piętrzącej umożliwiająca przelanie (przepływ) wody po powierzchni np. progu stałego. Przelewy na „wielką wodę” (upusty stokowe) to z kolei ziemne lub umocnione kanały służące do odprowadzania wód wezbraniowych lub powodziowych, o natężeniu przepływu większym od przepustowości pozostałych urządzeń upustowych zbiornika wodnego. |
| Przeplawka | Budowla stosowana przy tamach i zaporach wodnych, mająca za zadanie umożliwić rybom i innym organizmom wodnym wędrówkę ciekami wodnymi. |
| Przepust | Budowla stanowiąca element korpusu drogowego lub innego nasypu ziemnego, przeprowadzająca pod w/w wody cieków naturalnych lub sztucznych. Przekrój przepustu może być zamknięty (zalecane np. eliptyczne, niekołowe), lub otwarty (np. łukowe, ramowe tj. dno przepustu pozostaje naturalne, a konstrukcja nośna oparta jest na fundamencie wiotkim lub sztywnym). |
| Przytamowania (grodza ziemna) | Częściowe zasypanie rowu na niepełną jego wysokość w celu spiętrzenia i zatrzymania wody (np. rowów na terenach mokradłowych), oraz zainicjowania procesu zamulania i sukcesji roślinnej. |
| Rów | Koryto sztuczne, służące do okresowego lub stałego prowadzenia wody, o szerokości w dnie poniżej 1,5 m. |
| Urządzenia upustowe | Urządzenia służące do regulowania odpływu wody ze zbiornika retencyjnego. Wyróżniamy dwa podstawowe rodzaje urządzeń upustowych: przelewy powierzchniowe oraz spusty, do których należą między innymi: mnichy, jazy, konstrukcje rurowe lub inne specjalne budowle hydrotechniczne. |

| | |
|--|---|
| Urządzenia wodne | Urządzenia służące kształtowaniu zasobów wodnych oraz korzystaniu z nich a w szczególności: - budowle: piętrzące, upustowe, przeciwpowodziowe i regulacyjne, a także - poldery przeciwpowodziowe, kanały i rowy, - zbiorniki, obiekty zbiorników i stopni wodnych, - stawy rybne oraz stawy przeznaczone do oczyszczania ścieków, rekreacji lub innych celów, - obiekty służące do ujmowania wód powierzchniowych oraz podziemnych, - obiekty energetyki wodnej. |
| Wodospusty | Urządzenia zamontowane w koronie drogi leśnej (w postaci np. drewnianych, rzadziej kamiennych rynienek) służące do przejścia wód płynących po powierzchni drogi i odprowadzenia ich poza jej koronę. |
| Zabudowa biologiczna (nasadzenia) | Wprowadzenie roślinności drzewiastej, krzewiastej i/lub zielnej o odpowiednim dla roli, jaką ma spełniać, składzie gatunkowym i rozstawie, mające na celu: ochronę brzegów przed niszczącym działaniem wody, rozproszenie siły nurtu; utrwalanie zboczy i osuwisk; zabezpieczanie przed erozją i nadmiernym wpływem powierzchniowym oraz przyspieszenie sukcesji roślinności np. na zamkniętych szlakach zrywkowych. Nasadzenia są często, łączone z metodami technicznymi np. „ożywieniem” kaszyc, gabionów i zabezpieczaniem osuwisk. |
| Zabudowa techniczno-biologiczna (biotechniczna) | Występuje w przypadku, gdy zabudowa biologiczna stanowi uzupełnienie budowli hydrotechnicznych lub innych konstrukcji np. kaszyc, gabionów, płotków drewnianych lub gruntów zbrojonych. |
| Zapora ziemna | Nasyp ziemny służący do przegrodzenia koryta cieką i piętrzenia wody ponad naturalny stan przepływu w rzece. Zaopatrzone w budowlę upustową i przelew bezpieczeństwa. W przewidzianych w ramach projektów inwestycjach zapory ziemne stanowią integralny element zbiorników wodnych i są tożsame z groblami czołowymi. |
| Zapora przeciwrumowiskowa (stopień z okienkami osączającymi) | Budowla typu zaporowego, podpiętrżająca wodę, której nadrzędnym celem jest zatrzymywanie rumowiska wlezonego. Lokalizowana głównie w górach, na ciekach stałych lub okresowych. Otwory w korpusie zapory (okienka osączające) zapewniają stałe prowadzenie wody. W czasie budowli podczas wezbrań następuje piętrzenie wód oraz gromadzi się i osadza rumowisko wlezione, złom kamienny i drzewny. Budowla ta w wielu wypadkach powoduje przerwanie naturalnej ciągłości biologicznej cieką i transportu rumowiska. |
| Zastawka | Budowla piętrząca stosowana na sztucznych rowach nawadniających i odwadniających, o szerokości światła najczęściej mniejszej od 1,5 m, pozwalająca na regulowanie lub utrzymywanie określonego poziomu wody. |

Inne pojęcia

| | |
|---------|--|
| Faszyna | Powiązane ze sobą cienkie gałęzie wiklinowe lub innych drzew czy krzewów. Obecnie używane głównie przy regulacji rzek i w innych pracach wodnych, w celu umacniania brzegów. |
|---------|--|

| | |
|--|---|
| Gabion (kosz siatkowo- kamienisty) | Prostopadłościenny kosz wykonany z siatki stalowej o średnicy oczek mniejszej od średnicy kamienienia, którym jest wypełniony. Gabiony/kosze siatkowo-kamienne stanowią elementy konstrukcyjne budowli regulacyjnych, zabezpieczają zbocza skarp przed utratą stateczności, pełnią zadania umocnienia brzegów rzek, kanałów i zbiorników wodnych. Stosowane do umocnień brzegów/skarp powinny być zakrywane ziemią, darnią lub/i matami jutowymi z nasadzeniami. Nieosłonięte siatki gabionów stanowią duże zagrożenie dla dziko żyjących zwierząt. Kosze siatkowo-kamienne mogą być stosowane ponadto, jako rdzenie budowli np. przyczółków mostków. Budowle gabionowe elastycznie reagują na odkształcenia związane z osiadaniem, są odporne na korozję, wodo-przepuszczalne, łatwe w montażu. Ich wady to ujednoczenie warunków przepływu, zmiany ekotonu brzegowego (pozbawianie organizmów nadbrzeżnych kryjówek, zubożenie flory i fauny rzecznej), przerywanie ciągłości biologicznej - poprzecznej cieków, negatywny wpływ na estetykę naturalnego krajobrazu, stanowią element sztuczny w środowisku (duża ilość metalowych drutów). |
| Geowłóknina | Maty filtracyjne z grupy syntetyków przeciwoerozyjnych, stosowana w miejsce podsypki ze żwirów i pospółek pod ubezpieczenia lub miejsca wyściółki faszynowych, pod ubezpieczenia z narzutu kamiennego oraz do umacniania wałów przeciwpowodziowych. Ze względu na ochronę środowiska lepiej wykorzystać materiały naturalne typu maty kokosowe, jutowe itp. |
| Hydroobsiew | Siew traw wykonywany z zastosowaniem mieszanki ziarna, nawozów, lepiszczy i wody, którą za pomocą pompy wytryskuje się na skarpe. Stosowany, gdy na skarpie panują słabe warunki do rozwoju roślin (brak warstwy próchnicznej). Hydroobsiew ma na celu ochronę zewnętrznej warstwy gruntu przed spływem i erozją powierzchniową. Poprawia warunki temperaturowe i wilgotnościowe na skarpie. |
| Kiszka faszynowa | Elementy elastyczne o średnicy 10-30cm wykonane z faszyny wiklinowej lub leśnej ułożone wzdłuż osi kieszki powiązane drutem w określonych odstępach. |
| Mulczowanie | Warstwa długiej słomy lub innych naturalnych materiałów włóknistych, rozścielona przed lub po siewie nasion i nawozu. Układa się ją luźno z wieloma szczelinami, na koniec "zaklejając" nietrwałym spoiwem nieszkodliwym dla roślin (np.: rozcieńczoną wodą zimną organiczną emulsją bitumiczną). Mulcz dobrze się sprawdza na jałowych i nasłonecznionych skarpiach. Mulczowanie ma na celu ochronę zewnętrznej warstwy gruntu przed spływem i erozją powierzchniową. Poprawia warunki temperaturowe i wilgotnościowe na skarpie. |
| Narzut kamienny | Umocnienie skarp lub dna cieków większymi kamieniami. |
| Obrukowanie dna (opancerzenie) | Część rumowiska, która nie podlega wymyciu w czasie przepływu, stanowi około 60% powierzchni dna. Miąższość uzbrojenia to grubość dna równa średnicy najgrubszej frakcji rumowiska. Opancerzenie dna tworzy się przez stopniowe wymywanie z dna drobnych części uziarnienia aż do osiągnięcia stanu równowagi. |
| Odsypiska | Miejsce osadzania się osadu niesionego przez rzekę (żwir, piasek, muł). |
| Renaturalizacja | Proces przywracania środowisku stanu możliwie bliskiego stanowi pierwotnemu, sprzed wprowadzenia w nim zmian przez człowieka. Termin ten ma szersze znaczenie niż renaturyzacja, bowiem nie ogranicza się do działań technicznych - może oznaczać proces spontaniczny możliwy dzięki np. ochronie biemej. |

| | |
|---|---|
| Renaturyzacja | Zespół działań technicznych, przekształceń, zabiegów wykonawczych i pielęgnacyjnych oraz samoczynnych procesów przyrodniczych mających na celu przywrócenie obszarowi jego stanu naturalnego lub stworzenie korzystnych dla fauny i flory warunków życia. W ramach Projektu dotyczy działań renaturyzacyjnych na obszarach podmokłych oraz na rzekach i potokach (np. w celu przywrócenia ciągłości biologicznej). |
| Roboty utrzymaniowe | Działania mające na celu zapewnienie dynamicznego stanu koryta i brzegów (także właściwa eksploatacja urządzeń wodnych), oraz zachowanie i rozwój korzystnego oddziaływania wód na zasoby przyrody i krajobraz nadrzeczny. |
| Rumosz drzewny (gruby rumosz drzewny - GRD) | Nagromadzone w korycie cieku: krzewy, drzewa lub ich fragmenty powalone do cieku (w sposób naturalny lub sztuczny) o długości większej niż 1,0m i średnicy większej niż 0,1m lub o całkowitej masie większej od 4kg, powodujące miejscowe spiętrzenie wody. GRD wywiera korzystny wpływ na wiele biotycznych czynników rzeki oraz na zwiększenie retencji korytowej. |
| Rumowisko wleczone | Materiał występujący w rzekach i potokach górskich, charakteryzujący się znaczną niejednorodnością uziarnienia oraz asymetrią kształtu ziaren. Transport tych ziaren odbywa się przy dominującym wpływie sił ciężkości. Tylko duże prędkości strumienia rzecznoego mogą spowodować ruch cząstek w warstwie przydennej cieku. Utrzymanie rumowiska w zawieszeniu nie jest możliwe w zakresie prędkości występujących w rzekach. Dominuje więc ruch potoczysty, posuwisty lub saltacyjny ziaren, przy czym okres spoczynku trwa z reguły znacznie dłużej niż okres ruchu. Masowy transport rumowiska obserwuje się głównie podczas powodzi i wysokich stanów wód. |
| Żywokoły | Proste, ścięte pędy drzew liściastych (np. wierzb), długości 1-3m i grubości 3-5cm. Po posadzeniu szybko wypuszczają korzenie i pędy. Używane do szybkiego zadrzewiania skarp i stabilizacji osuwisk. |

LITERATURA

- Begemann W., Schiechl H.M., 1999: *Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym*. Warszawa, wyd. Arkady
- Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J., 2005: *Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich*. Ministerstwo Środowiska, Departament Zasobów Wodnych, Warszawa
- Czech A., 2000: *Bóbr*. Monografie przyrodnicze. Wyd. Lubuskiego Klubu Przyrodników, Świebodzin
- Czech A., 2000: *Bóbr - gryzący problem?* Towarzystwo na rzecz Ziemi, Oświęcim.
- Czech A., 2005: *Analiza dotychczasowych rodzajów i rozmiaru szkód wyrządzanych przez bobry oraz stosowanie metod rozwiązywania sytuacji konfliktowych*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków
- Dębski K., 1971: *Regulacja rzek*. Warszawa, wyd. SGGW
- Drogi leśne. Poradnik techniczny 2006*, Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu
- Duszyński R., 2007: *Ekologiczne techniki ochrony brzegów i rewitalizacji rzek*, Inżynieria Morska i Geotechnika nr 6/2007
- DVWK, 2002: Fish passes – Design, dimensions and monitoring, FAO UN, Rome
- Ilnicki P., 1987: *Warunki techniczne prowadzenia robót z zakresu melioracji i gospodarki wodnej na terenach o szczególnych wartościach przyrodniczych*. PIOŚ, Warszawa
- Jelonek M., Wierzbicki M., 2008: *Prezentacja technicznych możliwości przywrócenia wędrówek ryb w rzekach na podstawie wybranych przykładów inwestycji zrealizowanych we Francji i Niemczech oraz USA*. na zlecenie Min. Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, Kraków-Poznań
- Jelonek M., Engel J., Sobieszczyk P., Wiśniewska M., Żelaziński J., Żurek R., 2008: *Wstępna ocena projektu inwestycyjnego "Przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich związanej ze spływem wód opadowych. Utrzymanie potoków górskich i związanej z nimi infrastruktury w dobrym stanie" zgłoszonego do Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko*. Kraków - Słońsk - Warszawa, maszynopis
- Jędryka E., 2006: *Proekologiczne budowle wodne. Rozwiązania konstrukcyjne, dostosowanie do parametrów hydraulicznych cieków i uwarunkowań przyrodniczo – krajobrazowych*. Poradnik Falenty, wyd. IMUZ
- Kampania na rzecz przyjaznych metod ochrony przeciwpowodziowej*. Towarzystwo na rzecz Ziemi, Oświęcim, 2004
- Kiciński T., Żbikowski A., Żelazo J., 1988: *Rozwiązanie techniczne i konstrukcje stosowane dla ochrony środowiska w regulacji rzek – zasady i przykłady*. Cz. 2. Melioracje Rolnicze 4
- Koncepcja programowo-przestrzenna 2007/8: Przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich związanej ze spływem wód opadowych. Utrzymanie potoków górskich i związanej z nimi infrastruktury w dobrym stanie*. Praca zbiorowa Pierzgałski E., Niemtur S., Bartnik W., Radecki-Pawlik A., BULiGL, Warszawa, maszynopis
- Mioduszecki W., 2003: *Mała retencja. Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego*. Poradnik Falenty, wyd. IMUZ
- Mokwa M., Wiśniewolski W., 2008: *Ochrona ichtiofauny w rzekach z zabudową hydrotechniczną*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław
- Pałuch J., Pałczyński M., Paruch A., Pulikowski K., 2005: *Zwiększanie retencji i poprawa jakości wód za pomocą opóźniaczy odpływu*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu
- Prochal P., 1968: *Budownictwo wodne, tom I, Regulacja rzek i potoków*. Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa
- Przybyła B., 2002: *Renaturyzacja rzek*. Wędkarz polski

Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków. Praca zbiorowa 2006. Polska Zielona Sieć, podręcznik w wersji angielskiej dostępny pod adresem: www.therrc.co.uk/rrc_manual_pdf.php

Radecki-Pawlik A., Korpak J., Krzemień K., 2008: *Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany koryt cieków karpackich*. ZN Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, KTI Wsi PAN w Krakowie Monogr. 4

Radecki-Pawlik A., 2009: *Bystrza jako bliskie naturze rozwiązanie utrzymania koryt rzeki i potoków górskich*. Nauka Przyroda Technologie tom 3, zeszyt 3; www.npt.up-poznan.net

Ślizowski R., 1990: *Bystrza w świetle badań czechosłowackich*. Zesz. Nauk. AR Krak., nr 240 Melioracje 14

Wołoszyn J., Czamara W., Eliasiewicz R., Krężel J., 1994: *Regulacja rzek i potoków*. wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu

Wysokowski A., Howis J., 2008: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, Kraków

Żbikowski A., Żelazo J., 1993: *Ochrona środowiska w budownictwie wodnym*. Materiały informacyjne. Warszawa, wyd. Falstaff

Żelazo J., Popek Z., 2002: *Podstawy renaturyzacji rzek*. Warszawa, wyd. SGGW

Adresy internetowe

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

www.bagna.pl

www.restoringrivers.org

www.therrc.co.uk/rrc_manual_pdf.php

www.kp.org.pl

www.kp.org.pl/pdf/poradniki/zastawki_rysunki.htm

www.old.kp.vel.pl/index_poradniki.html

www.bobry.org

www.bobry.pl

www.ecrr.org

<http://www.encyklopedialesna.pl/hasla/index/10393>

<http://www.kiw.ur.krakow.pl/~jacek/artnauk/publications/12.htm>

<http://ec.europa.eu/environment/life/themes/rivers/index.htm>

Handbook Forest and Water -

http://www.waldwissen.net/themen/umwelt_landschaft/wasserschutz/fva_wasserhandbuch_EN