



Centrum Koordynacji
Projektów Środowiskowych

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 – kontynuacja | MRN3

Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja | MRG3

Część I: Zakres rzeczowy

Warszawa, lipiec 2024

Wytyczne do realizacji zadań i obiektów małej retencji i przeciwdziałania erozji opracował zespół pracowników Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych na podstawie Podręcznika Wdrażania Projektu - Wytyczne do realizacji zadań i obiektów małej retencji i przeciwdziałania erozji wodnej (Część I Zakres rzeczowy) wprowadzonego Decyzją nr 552 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 25.11.2016 r. na potrzeby perspektywy finansowej PO liŚ 2014-2020.

Spis treści

Wstęp	5
PODSTAWOWE INFORMACJE I ZAKRES DZIAŁAŃ W PROJEKTACH	7
I. Cel Projektów	7
II. Typy realizowanych działań	7
Działania z zakresu małej retencji oraz przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach nizinnych	8
1. Działania z zakresu małej retencji MRN3	8
1.1. Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRN3	8
1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym MRN3	8
Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRN3	9
2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej MRN3	10
2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRN3	10
Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRN3	11
Działania z zakresu małej retencji oraz przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach górskich	12
1. Działania z zakresu małej retencji MRG3	12
1.1 Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRG3	12
1.2 Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym MRG3	12
Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRG3	13
2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej MRG3	14
2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRG3	14
2.2 Zabudowa przeciwoerozyjna dróg i szlaków zrywkowych MRG3	14
Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRG3	14
UWARUNKOWANIA I OGRANICZENIA DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTÓW	15
I. Uwarunkowania prawne i proceduralne	15
II. Uwarunkowania przyrodnicze - zagrożenia i zalecenia ochronne	19
III. Uwarunkowania hydrotechniczne - wpływ budowli oraz regulacji rzek na ekosystemy wodne	22
1. Zbiorniki retencyjne i stopnie wodne	22
2. Regulacja rzek i potoków	23
3. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków	25
4. Doświadczenia EkoFunduszu i Klubu Przyrodników	29
IV. Terminy i wykonawstwo robót	30
WYTYCZNE DO REALIZACJI OBIEKTÓW I DZIAŁAŃ W RAMACH PROJEKTÓW	34
I. Charakterystyka metod przyjętych w Projektach	34
1. Metody przyrodnicze i przyrodniczo-techniczne	35
2. Metody techniczne	38
3. Przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z gwałtownym spływem wód opadowych na obszarach o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu	40
II. Zalecenia dla nadleśnictw na etapie przygotowania do realizacji	43
III. Działania i obiekty przewidziane do realizacji	47
1. Działania z zakresu małej retencji	47
1.1. Budowa lub modernizacja zbiorników i polderów zalewowych	51
1.1.1. Rodzaje realizowanych w ramach Projektów zbiorników wodnych	51
a) Zbiorniki małej retencji o dużych wahaniach poziomu wody lub okresowo wysychające	55

b)	Zbiorniki małej retencji stale gromadzące wodę	57
c)	Zbiorniki suche o funkcji przeciwpowodziowej	61
d)	Poldery zalewowe	61
1.1.2.	Elementy konstrukcyjne zbiorników, typy rozwiązań preferowane w Projektach	62
a)	Groble (zapory ziemne) zbiorników	62
b)	Urządzenia upustowe zbiorników	63
c)	Doprowadzalniki wody	65
d)	Przeplawki dla ryb	66
1.2.	Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym	68
a)	Budowa zastawek, progów, stopni i innych przetamowań	75
b)	Zatykanie odpływów i drenaży	98
c)	Zasypywanie rowów melioracyjnych	101
d)	Budowa opóźniaczy odpływu na rowach	103
e)	Doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych	103
f)	Meandryzacja cieków, unaturalnienie rowów oraz odtwarzanie terenów zalewowych	104
2.	Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej	112
2.1.	Zabezpieczanie infrastruktury leśnej	112
2.1.1.	Zabezpieczenie skarp i brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury	113
a)	Umacnianie skarp, zboczy i osuwisk narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy	113
b)	Techniczno-przyrodnicze zabezpieczenia brzegów narażonych na nadmierną erozję wód wezbraniowych	118
2.1.2.	Rozbiórka i modernizacja budowli niedostosowanych do wód wezbraniowych	131
a)	Rozbiórka budowli	131
b)	Przebudowa istniejących zapór przeciwrumowiskowych	131
c)	Przebudowa i modernizacja obiektów komunikacyjnych	132
d)	Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza	138
2.2.	Zabudowa przeciwerozyjna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich	143
2.2.1.	Zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu zrębów	143
2.2.2.	Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg	146
IV.	Adaptacja obiektów do zmian klimatu	150
1.	Dostosowanie obiektów do bardzo niskich stanów wody i susz	150
1.1.	Rozwiązania możliwe do zastosowania w zbiornikach wodnych	150
1.2.	Rozwiązania możliwe do zastosowania w budowlach piętrzących i komunikacyjnych	158
1.3.	Rozwiązania możliwe do zastosowania w przypadku cieków naturalnych oraz rowów	161
1.4.	Przechwycenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych	163

2. Dobre praktyki i nietypowe rozwiązania związane z gwałtownymi opadami i wezbraniami	165
2.1. Adaptacja dawnych obiektów.....	165
2.2. Ograniczenie ryzyka zatkania przepustów rumoszem	165
2.3. Przepust z umocnionym przelewem na powierzchni drogi	166
2.4. Dodatkowe przelewy na wody wezbraniowe.....	167
2.5. Barierki na mostach i przepustach.....	168
2.6. Drewniane zapory przeciwrumowiskowe na ścieżkach spływu wód powierzchniowych	170
SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ	171
SPIS RYSUNKÓW	178
SPIS FOTOGRAFII	182
LITERATURA	189

Wstęp

Pozyskiwanie funduszy unijnych wiąże się z szeregiem wymogów, które Wnioskodawca musi spełnić. Jednym z kryteriów naboru przedmiotowych Projektów w ramach Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027, Priorytetu FENX.02 Wsparcie sektorów energetyka i środowisko z EFRR, Działania FENX.02.04 Adaptacja do zmian klimatu, zapobieganie klęskom i katastrofom, Typu projektu: Wspieranie małej retencji, jest konieczność ich realizacji poprzez kompleksowe zabiegi łączące przyjazne środowisku metody przyrodnicze i techniczne oraz inne najlepsze praktyki przedstawione m.in. w Podręczniku Wdrażania Projektu - Wytyczne do realizacji zadań i obiektów małej retencji i przeciwdziałania erozji wodnej (Część I Zakres rzeczowy). Powyższy wymóg, ale także szereg zmian uwarunkowań prawnych i pozaprawnych w obszarze zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska, w tym środowiska wodnego, były przyczynkiem do aktualizacji niniejszego *Podręcznika*.

Nasilenie ekstremalnych zjawisk pogodowych stawia zupełnie nowe wyzwania przed inwestorami, projektantami i wykonawcami infrastruktury związanej z retencjonowaniem wód i przeciwdziałaniem erozji wodnej. Niniejsze opracowanie jest przewodnikiem, który może służyć dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego, realizujących Projekty:

- Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja (MRN3),
- Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja (MRG3).

Powstało ono 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 adaptacji do zmian klimatu i ochrony środowiska. Zwięzłe podsumowanie zaleceń przedstawiono w załączniku nr 1 (dla Projektu MRN3) i załączniku nr 2 (dla Projektu MRG3) do *Podręcznika*.

Zgodnie ze Szczegółowym opisem priorytetów Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 w ramach obu Projektów powinny być kontynuowane działania z zakresu małej retencji i przeciwdziałania erozji, które w jak największym stopniu wykorzystują metody naturalne lub techniczne spełniające wymagania środowiskowe. W przypadku działań ingerujących w koryta cieków naturalnych, należy pamiętać, iż nie powinny one przerywać ciągłości korytarzy ekologicznych (wodnych i przyrzecznych). Jednocześnie muszą to być rozwiązania trwałe, bezawaryjne i tam, gdzie jest to możliwe bezobsługowe, ale także wkomponowane w otaczający krajobraz leśny.

Ponadto, realizacja przedsięwzięć z zakresu „inżynierii wodnej” musi być zgodna z wymaganiami wynikającymi z zapisów prawodawstwa unijnego, w szczególności Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW). Współfinansowane będą mogły być tylko zadania, które nie wpływają negatywnie na osiągnięcie dobrego stanu wód lub nie pogarszają stanu wód.

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

Przedstawione w niniejszych 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 oddziaływania itp.) oraz rozwiązania alternatywne, bazując na doświadczeniach polskich i zagranicznych, w tym na doświadczeniach zdobytych w ramach dwóch poprzednich edycji 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 i sposobu wykonania obiektów i zadań, nie zaś zakresu zadań określonego w rozdziale II pn. Typy realizowanych zadań.

Realizacja zadań w ramach Projektów niezgodna z *Podręcznikiem* wdrażania Projektów oraz założeniami Projektów może skutkować uznaniem zrealizowanych przedsięwzięć przez instytucje nadrzędne (NFOŚiGW, MKiŚ, MFiPR) za niespełniające celów Projektu i/lub wymogów EFRR, czego skutkiem będzie brak możliwości refundacji poniesionych wydatków.

Spectrum rozwiązań opisanych w niniejszych 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. Planowana jest aktualizacja *Podręcznika* po podpisaniu Umowy o Dofinansowanie zarówno pod kątem graficznym, jak i wkładu doświadczeń partnerów Projektu.

PODSTAWOWE INFORMACJE I ZAKRES DZIAŁAŃ W PROJEKTACH

I. Cel Projektów

Głównym celem Projektu jest wzmocnienie odporności na zagrożenia związane ze zmianami klimatu w nizinnych i górskich ekosystemach leśnych. Działania ukierunkowane są na zapobieganie powstawania lub minimalizację negatywnych skutków zjawisk naturalnych związanych z tymi zmianami tj.: niszczącego działania wód wezbraniowych, powodzi i podtopień oraz suszy i pożarów.

Cel zostanie osiągnięty poprzez kształtowanie zasobów wodnych za pomocą działań związanych z tzw. małą retencją, rozumianą przede wszystkim jako spowalnianie szybkiego spływu wód opadowych, zwiększanie ilości magazynowanej wody w ekosystemach leśnych, zapobieganie odwadnianiu i odtwarzanie uwodnienia mokradel oraz poprzez przeciwdziałanie nadmiernej erozji wodnej. Projekt przyczyni się do zachowania i odtwarzania cennych siedlisk przyrodniczych, w tym siedlisk chronionych oraz do zwiększenia różnorodności biologicznej na poziomie zarówno genetycznym, gatunkowym jak i krajobrazowym, w obrębie ekosystemów wodno-błotnych i od wód zależnych, zwłaszcza w zbiorowiskach leśnych.

Planowane w ramach Projektu przedsięwzięcia stanowią kontynuację działań dotyczących rozwoju małej retencji oraz przeciwdziałania erozji wodnej na terenach nizinnych i górskich Lasów Państwowych, współfinansowanych ze środków europejskich w ramach projektów POIiŚ 2007-2013 oraz POIiŚ 2014-2020.

II. Typy realizowanych działań

W ramach działań będą realizowane inwestycje łączące przyjazne środowisku metody biologiczne, biotechniczne i techniczne obejmujące m.in.:

- budowę, rozbudowę, przebudowę, odbudowę zbiorników małej retencji oraz zbiorników suchych;
- budowę, rozbudowę, przebudowę, odbudowę małych urządzeń piętrzących oraz gromadzących wodę w szczególności zastawek, progów, przetamowań koryt, przepustów z piętrzeniem, zastosowanych w celu spowolnienia odpływu wód powierzchniowych i/lub stworzenia tzw. retencji korytowej oraz rozlewisk;
- renaturyzację siedlisk podmokłych w szczególności poprzez podniesienie poziomu wód i ich stabilizację;
- przebudowę, rozbudowę lub rozbiórkę obiektów niedostosowanych do wód wezbraniowych lub zastąpienie ich innym rodzajem budowli komunikacyjnej, ale także budowę nowych obiektów w celu zabezpieczenia koryta oraz ochronę jakości wód (przede wszystkim mostów, przepustów, brodów);
- zabezpieczenie obiektów infrastruktury leśnej przed skutkami nadmiernej erozji wodnej związanej z nawałnymi opadami oraz wezbraniem;

- unaturalnianie koryt poprzez odtwarzanie naturalnej geometrii i trasy (remeandrowanie cieków naturalnych, meandrowanie rowu), tworzenie zróżnicowanych siedlisk w korycie np. układ bystrze-płoso oraz odtwarzania terenów zalewowych.

Projekt zakłada w dużej mierze wykorzystanie istniejącej infrastruktury wodnej na terenie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (PGL LP), która nie pełni już swojej funkcji np. z powodu złego stanu technicznego (który nie pozwala na dalsze użytkowanie obiektu, bądź pełni ją w sposób niewystarczający) lub która daje możliwość rozbudowy, unowocześnienia lub adaptacji do celów postawionych w Projekcie. Przewidziano również realizację nowych obiektów budowlanych, w miejscach, gdzie występują ku temu dogodne warunki zarówno wodne, gruntowe, terenowe, jak i przyrodnicze.

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

Poniżej przedstawiono uszczegółowienie działań w ramach Projektu „Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja” (MRN3).

1. Działania z zakresu małej retencji MRN3

1.1. Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRN3

- zbiorniki bezodpływowe (kopane), zasilane głównie ze spływów powierzchniowych i wód opadowych lub na terenach zalewowych;
- zbiorniki zaporowe lub boczne zasilane ciekami¹ naturalnymi okresowymi lub wodą z rowów/kanałów;
- zbiorniki zaporowe lub boczne na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę z uwzględnieniem potrzeb i możliwości zachowania ciągłości ekologicznej, w szczególności migracji ryb;
- zbiorniki suche, w tym na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę, z zachowaniem ciągłości ekologicznej, poldery zalewowe.

Ww. zbiorniki retencyjne mogą zostać wyposażone w niezbędną infrastrukturę umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych.

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym MRN3

- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa, zastawek progów i innych przetamowań na rowach, kanałach, ciekach naturalnych okresowych;

¹ Cieki/cieki naturalne w rozumieniu ustawy Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz. U. 2023 poz. 1478 ze zm.) – rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy naturalnymi lub uregulowanymi korytami

- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa jazów, zastawek, progów i innych przetamowań na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę pod bezwzględny warunkiem zapewnienia drożności cieku dla ryb, w szczególności poprzez zastosowanie przepławek naturopodobnych jak rampy/pochylnie kamienne;
- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa stopni, kaskad oraz innych obiektów na rowach w celu zmniejszenia zbyt dużego spadku podłużnego koryta;
- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa urządzeń do chwilowego zatrzymania i opóźnienia spływu wody na rowach, w szczególności opóźniacze odpływu;
- zapobieganie odwadnianiu i odtwarzanie uwodnienia mokradeł w wyniku działań technicznych, w szczególności poprzez doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych oraz poprzez przeciwdziałanie odpływowi wód zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych;
- adaptacja istniejących systemów melioracyjnych do pełnienia funkcji retencyjnych w szczególności poprzez zmiany spadków istniejących rowów, poszerzanie koryt rowów głównie w zasięgu oddziaływania budowli piętrzących, przebudowę rowów melioracyjnych na rowy bezodpływowe, likwidację rowów, montaż urządzeń regulujących poziom wody w studniach drenarskich;
- przeciwdziałanie fragmentaryzacji siedlisk mokradłowych rozdzielonych infrastrukturą drogową poprzez budowę przejazdów, przepustów, rurociągów, których celem jest umożliwienie przepływu wody między siedliskami podmokłymi;
- odcinkowa renaturyzacja, w tym meandryzacja cieków naturalnych;
- odtwarzanie terenów zalewowych, w szczególności doprowadzenie wód do starorzeczy, modernizacja budowli na polderach zalewowych.

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRN3

- przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych;
- wykonywanie dróg dojazdowych do obiektów oraz dojazdów pożarowych oraz innych elementów infrastruktury drogowej nie związanej z celami Projektu;
- budowa infrastruktury turystycznej, w tym pieszej, rowerowej oraz nasadzeń ozdobnych i małej architektury;
- przedsięwzięcia na obszarach źródłiskowych oraz na glebach hydrogenicznych, polegające na wykonywaniu prac ziemnych trwale przekształcających obszar tj. zbiorniki wodne, za wyjątkiem małoinwazyjnych prac, mających na celu poprawę stosunków wodnych i ochronę siedlisk cennych przyrodniczo;

- przedsięwzięcia wpływające niekorzystnie na przedmioty ochrony w formach ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ustawy o ochronie przyrody², w przypadku wykazania przez organy ochrony przyrody niekorzystnego wpływu na te przedmioty;
- zbiorniki kopane, zasilane głównie wodami gruntowymi;
- zbiorniki na obszarach cennych przyrodniczo, po wykazaniu przez organy ochrony przyrody negatywnego wpływu na te obszary;
- ogrodzenia zbiorników utrudniające dostęp lub niebezpieczne dla dzikich zwierząt, w tym z siatek metalowych, plastikowych, żerdzi, z wyjątkiem sytuacji, gdy są one podyktowane względami bezpieczeństwa;
- budowa, przebudowa, rozbudowa i odbudowa jazów, zastawek, a także progów i innych przetamowań na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę bez zastosowania rozwiązań mających na celu zachowanie drożności koryta dla ryb;
- stopnie i kaskady na ciekach naturalnych;
- budowa, przebudowa, rozbudowa i odbudowa zastawek, progów i stopni o konstrukcji betonowej na rowach i ciekach naturalnych, z wyjątkiem sytuacji, gdy są one podyktowane względami bezpieczeństwa.

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej MRN3

2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRN3

- budowie stabilizujące osuwiska oraz zabezpieczenia skarp narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy, mające na celu ochronę infrastruktury leśnej, wykonane metodami przyjaznymi środowisku tj. geotekstylią, nasadzenia, darniowanie, drenaże oraz z materiałów naturalnych w szczególności drewno, kamień, faszyna;
- techniczne i biotechniczne zabezpieczenia koryt rowów, kanałów i cieków naturalnych tj. narzuty kamienne, ożywione narzuty kamienne, kaszyce, brzegostony, palisady i inne umocnienia uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury przed działaniem nadmiernej erozji wywołanej przez wody wezbraniowe;
- przebudowa, rozbudowa i odbudowa mostów, kładek, przepustów i brodów, jak również ich zastąpienie innym rodzajem budowli komunikacyjnej (np. zastąpienie przepustu, mostem) na rowach, kanałach i ciekach naturalnych w celu dostosowania do wód wezbraniowych i zwiększenia bezpieczeństwa budowli, gdzie warunkiem koniecznym jest poprawa przepustowości oraz ograniczenie przeszkód w przepływie wody przy jednoczesnym zachowaniu ciągłości ekologicznej cieku naturalnego stale prowadzącego wodę, w tym drożności dla ryb;

² Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz. U. 2023 poz. 1336 ze zm.)

- wykonanie nowych budowli komunikacyjnych w miejscu samowolnych lub historycznie istniejących przejazdów powstałych w skutek rozjeżdżania koryta w trasie drogi, w celu dostosowania koryta do wód wezbraniowych oraz ograniczanie spływu zanieczyszczeń;
- rozbiórka wszelkiej zbędnej, zniszczonej lub niewłaściwie zlokalizowanej zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt cieków, rowów, kanałów tj. zapory, jazy, przepusty, mury oporowe oraz inne techniczne umocnienia brzegów;
- przywracanie drożności koryt cieków naturalnych, ciągłości ekologicznej i naturalnego transportu rumowiska, przez likwidację lub adaptację wszelkiej zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt wraz z działaniami mającymi na celu renaturyzację fragmentów cieków naturalnych.

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRN3

- przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych;
- wszelka zabudowa koryt oraz skarp i osuwisk nie sąsiadująca z infrastrukturą leśną;
- obustronna zabudowa brzegów cieków naturalnych, prowadząca do kanalizacji cieku poza koniecznym umocnieniem budowli hydrotechnicznych i komunikacyjnych;
- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa murów oporowych, z wyłączeniem kaszyc;
- stabilizacja dna i skarp poprzez brukowanie, zastosowanie płyt oraz konstrukcji betonowych;
- przy przepustach nie dopuszcza się stosowania betonowych prefabrykatów i monolitycznych konstrukcji wlotów i wylotów z wyjątkiem sytuacji, gdy są one podyktowane względami bezpieczeństwa;
- przepusty wielootworowe;
- budowa nowych lub modernizacja istniejących mostów, kładek, przepustów, brodów niespełniających założeń Projektu.

Wszystkie działania mogą zostać uzupełnione o elementy renaturyzacyjne, w tym meandryzacje cieków naturalnych oraz unaturalnienia koryt kanałów i rowów.

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

Poniżej przedstawiono uszczegółowienie działań w ramach Projektu „Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja” (MRG3).

1. Działania z zakresu małej retencji MRG3

1.1 Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRG3

- zbiorniki bezodpływowe (kopane), zasilane głównie ze spływów powierzchniowych i wód opadowych lub na terenach zalewowych;
- zbiorniki zaporowe lub boczne zasilane ciekami³ naturalnymi okresowymi lub wodą z rowów/kanałów;
- zbiorniki zaporowe lub boczne na ciekach naturalnych tylko w sytuacji rozbudowy lub odbudowy z uwzględnieniem potrzeb i możliwości zachowania ciągłości ekologicznej, w szczególności migracji ryb;
- zbiorniki suche, w tym na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę, z zachowaniem ciągłości ekologicznej, poldery zalewowe.

Ww. zbiorniki retencyjne mogą zostać wyposażone w niezbędną infrastrukturę umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych.

1.2 Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym MRG3

- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa, zastawek, progów i innych przetamowań na rowach, kanałach, ciekach naturalnych okresowych;
- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa stopni, kaskad oraz innych obiektów na rowach w celu zmniejszenia zbyt dużego spadku podłużnego koryta i/lub zwiększenia retencji korytowej;
- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa urządzeń do chwilowego zatrzymania i opóźnienia spływu wody na rowach, w szczególności opóźniaczy odpływu;
- zapobieganie odwadnianiu i odtwarzanie uwodnienia mokradeł w wyniku działań technicznych, w szczególności poprzez doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych oraz poprzez przeciwdziałanie odpływowi wód zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych, w powiązaniu z nadaniem naturalnego charakteru korytom rowów;
- adaptacja istniejących systemów melioracyjnych do pełnienia funkcji retencyjnych w szczególności poprzez zmiany spadków istniejących rowów,

³ Cieki/cieki naturalne w rozumieniu ustawy Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz. U. 2023 poz. 1478 ze zm.) – rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy naturalnymi lub uregulowanymi korytami

poszerzanie koryt rowów głównie w zasięgu oddziaływania budowli piętrzących, przebudowę rowów melioracyjnych na rowy bezodpływowe, likwidację rowów, montaż urządzeń regulujących poziom wody w studniach drenarskich;

- przeciwdziałanie fragmentaryzacji siedlisk mokradłowych rozdzielonych infrastrukturą drogową poprzez budowę przejazdów, w tym dyłowanek, przepustów, rurociągów, których celem jest umożliwienie przepływu wody między siedliskami podmokłymi;
- renaturyzacja i meandryzacja cieków naturalnych
- odtwarzanie terenów zalewowych.

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRG3

- przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych;
- wykonanie dróg dojazdowych do obiektów oraz dojazdów pożarowych oraz innych elementów infrastruktury drogowej nie związanej z celami Projektu;
- budowa infrastruktury turystycznej, w tym pieszej, rowerowej oraz nasadzeń ozdobnych i małej architektury;
- przedsięwzięcia na glebach hydrogenicznych, polegające na wykonywaniu prac ziemnych trwale przekształcających obszar tj. zbiorniki wodne, za wyjątkiem małoinwazyjnych prac, mających na celu poprawę stosunków wodnych i ochronę cennych przyrodniczo siedlisk;
- przedsięwzięcia wpływające niekorzystnie na przedmioty ochrony w formach ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ustawy o ochronie przyrody⁴;
- zbiorniki kopane, zasilane głównie wodami gruntowymi;
- zbiorniki na obszarach cennych przyrodniczo, po wykazaniu przez organy ochrony przyrody negatywnego wpływu na te obszary;
- ogrodzenia zbiorników utrudniające dostęp lub niebezpieczne dla dzikich zwierząt, w tym z siatek metalowych, plastikowych, żerdzi;
- zbiorniki, które z dużym prawdopodobieństwem będą podatne na nadmierne zamulanie, zamykające zlewnię erodującego cieku;
- zbiorniki wodne na obszarach źródliskowych;
- budowa, przebudowa, rozbudowa i odbudowa jazów, zastawek, a także progów i innych przetamowań oraz stopni i kaskad na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę;
- budowa, przebudowa, rozbudowa i odbudowa zastawek, progów i stopni o konstrukcji betonowej na rowach, z wyjątkiem sytuacji, gdy są one podyktowane względami bezpieczeństwa.

⁴ Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz. U. 2023 poz. 1336 ze zm.)

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej MRG3

2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRG3

- budowie stabilizujące osuwiska oraz zabezpieczenia skarp narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy, mające na celu ochronę infrastruktury leśnej, wykonane metodami przyjaznymi środowisku tj. geotekstylią, nasadzenia, darniowanie, drenaże oraz z materiałów naturalnych w szczególności drewno, kamień, faszyna;
- techniczne i biotechniczne zabezpieczenia koryt rowów, kanałów i cieków naturalnych tj. narzuty kamienne, ożywione narzuty kamienne, kaszyce, brzegosłony, palisady i inne umocnienia uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury przed działaniem nadmiernej erozji wywołanej przez wody wezbraniowe;
- przebudowa, rozbudowa i odbudowa mostów, kładek, przepustów i brodów, jak również ich zastąpienie innym rodzajem budowli komunikacyjnej (np. zastąpienie przepustu, mostem) na rowach, kanałach i ciekach naturalnych w celu dostosowania do wód wezbraniowych i zwiększenia bezpieczeństwa budowli, gdzie warunkiem koniecznym jest poprawa przepustowości oraz ograniczenie przeszkód w przepływie wody przy jednoczesnym zachowaniu ciągłości ekologicznej cieku naturalnego stale prowadzącego wodę, w tym drożności dla ryb;
- rozbiórka wszelkiej zbędnej, zniszczonej lub niewłaściwie zlokalizowanej zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt cieków naturalnych, rowów, kanałów tj. zapór, jazów, przepustów, murów oporowych oraz innych technicznych umocnień brzegów;
- przywracanie drożności koryt cieków naturalnych, ciągłości ekologicznej i naturalnego transportu rumowiska, przez likwidację lub adaptację wszelkiej zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt wraz z działaniami mającymi na celu renaturyzację fragmentów cieków naturalnych.

2.2 Zabudowa przeciwozyjna dróg i szlaków zrywkowych MRG3

- 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 wodospuław, dyłowanek, brodów, przepustów itp.).

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRG3

- przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych;

- wszelka zabudowa koryt oraz skarp i osuwisk nie sąsiadująca z infrastrukturą leśną;
- obustronna zabudowa brzegów cieków naturalnych, prowadząca do kanalizacji cieku poza koniecznym umocnieniem budowli hydrotechnicznych i komunikacyjnych;
- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa murów oporowych, z wyłączeniem kaszyc;
- stabilizacja dna i skarp poprzez brukowanie, zastosowanie płyt oraz konstrukcji betonowych;
- przy przepustach nie dopuszcza się stosowania betonowych prefabrykatów i monolitycznych konstrukcji wlotów i wylotów z wyjątkiem sytuacji, gdy są one poddyktowane względami bezpieczeństwa;
- przepusty wielootworowe;
- budowa nowych mostów, kładek, przepustów, brodów niespełniających założeń projektu np. wyłącznie dla celów gospodarczych, turystycznych;
- budowa, odbudowa i przebudowa zapór kamiennych i betonowych;
- budowa i odbudowa progów, stopni i kaskad na ciekach naturalnych;
- zabezpieczenia dróg leśnych wykonane z użyciem stali i cementu bez wyraźnego technicznego uzasadnienia.

UWARUNKOWANIA I OGRANICZENIA DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTÓW

I. Uwarunkowania prawne i proceduralne

Projekty będą współfinansowane z Programu Operacyjnego Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 (FEnIKS), Priorytet II *Wsparcie sektorów energetyka i środowisko*, cel szczegółowy 2.4 *Wspieranie przystosowania się do zmian klimatu i zapobiegania ryzyku związanemu z klęskami żywiołowymi i katastrofami, a także odporności, z uwzględnieniem podejścia ekosystemowego*, 3- *Wspieranie małej retencji*, który wskazuje zasadność kontynuowania działań związanych z adaptacją lasów do zmian klimatu poprzez wzmacnianie odporności na zagrożenia wynikające z tych zmian, np. przez rozbudowę systemów małej retencji oraz przeciwdziałanie zbyt intensywnym wpływom wody, powodującym nadmierną erozję wodną, ale także przywracanie właściwych stosunków wodnych na siedliskach wodno-błotnych i wilgotnych.

Powyższe potwierdzają zapisy Szczegółowego opisu priorytetów Programu (tzw. SzOP), a także załącznik nr 8 do FEnIKS pn. Wykaz planowanych operacji o znaczeniu strategicznym wraz z harmonogramem, wskazujący konieczność realizacji grupy projektów Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe, dotyczących adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja i przeciwdziałanie erozji wodnej.

Głównym celem ww. priorytetu jest wzmocnienie odporności ekosystemów leśnych 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 i Ptasiej.

Dyrektywy te określają m.in. działania na rzecz ochrony śródładowych wód powierzchniowych i podziemnych, polegające na: zapobieganiu dalszemu pogarszaniu się ekosystemów wodnych oraz ochronie i poprawie stanu ekosystemów wodnych, terenów podmokłych i lądowych bezpośrednio uzależnionych od wody oraz zasady ochrony różnorodności biologicznej.

Zgodnie z RDW jednolite części wód – JCW dzieli się na jednolite części wód powierzchniowych – JCWP i podziemnych – JCWPd. Odnośnie klasyfikacji jakości wód JCWP dzieli się na naturalne, silnie zmienione i sztuczne części wód. Dla naturalnych części wód wyznacza się stan ekologiczny, natomiast dla silnie zmienionych i sztucznych części wód wyznacza się ich potencjał ekologiczny. Drugim komponentem jest stan chemiczny części wód. Głównym celem gospodarowania zasobami wodnymi jest nie pogarszanie dobrego stanu ekologicznego i chemicznego JCWP lub poprawianie potencjału ekologicznego i słabego stanu chemicznego tych wód, a w przypadku JCWPd - nie pogarszanie dobrego ich stanu, w tym ilościowego i nie pogarszanie stanu chemicznego. Dyrektywa wyraźnie określa kryteria oceny „**stanu ekologicznego**”, określającego jakość, strukturę i funkcjonowanie ekosystemu wodnego. Oprócz oczywistych wskaźników chemicznych i fizycznych (tzw. elementy wspierające) pozwalających ocenić stopień zanieczyszczenia wód, kładzie szczególny nacisk na skład gatunkowy i ilość organizmów wodnych i od wody zależnych tj. elementy biologiczne (tzw. elementy podstawowe). 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.

Dyrektywa Siedliskowa zawiera cztery załączniki, w których wymienia się siedliska, gatunki roślin i zwierząt (z wyłączeniem ptaków) o znaczeniu europejskim, których ochrona jest konieczna i wymaga wyznaczenia Specjalnych Obszarów Chronionych (SOO) oraz Obszarów Specjalnej Ochrony (OSO) w przypadku gatunków ptaków 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 na mocy prawa krajowego lub też może być dotychczas nie objęty żadną formą ochrony. Zakwalifikowanie powierzchni do SOO lub OSO nie oznacza objęcia jej ochroną ścisłą i zakazu jakiejkolwiek działalności gospodarczej. Głównym celem ochrony tych obszarów jest niezmnieszenie, pod względem powierzchni:

- naturalnego zasięgu występowania siedlisk przyrodniczych i trwałego zachowania ich specyficznej struktury i funkcji;
- naturalnego zasięgu występowania gatunków roślin i zwierząt oraz ich siedlisk.

Ponadto ww. Dyrektywa wskazuje w swoich załącznikach tzw. gatunki priorytetowe tj. szczególnie cenne dla Wspólnoty np. żubr, wilk, niedźwiedź brunatny.

Ogólny zakres ochrony obszarów sieci Natura 2000 obejmuje między innymi:

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

Oznacza to, że sposoby regulacji i utrzymania rzek, regulacji i kształtowania stosunków wodnych, modernizacji urządzeń wodnych, w tym 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 czy planów ochrony obszarów Natura 2000 w aspekcie możliwych ograniczeń przy wdrażaniu działań w ramach Projektów. Podobnie należy przeanalizować zapisy wynikające z innych planów ochrony, w tym ochrony rezerwatów przyrody czy parków krajobrazowych, identyfikując ograniczenia oraz obszary działań zbieżnych/synergicznych.

Przy ingerencji w naturalną strukturę cieków wodnych położonych w granicach leśnych obszarów chronionych szczególną uwagę należy zwracać na główny przedmiot ochrony (gatunek, siedlisko, krajobraz). Powierzchnie nadleśnictw objętych projektem w dużej mierze należą do obszarów chronionych tj. form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ustawy o ochronie przyrody. To niezwykle ważna przesłanka zarówno dla projektanta planowanych w ramach Projektów obiektów, wykonawców robót budowlanych, jak też późniejszych użytkowników, czyli nadleśnictw, w głównej mierze z uwagi na różnego rodzaju ograniczenia ustawowe, wynikające z ustanowienia form ochrony przyrody na danym terenie.

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 (m.in. drewno, faszyna, kamień, grunt). Pozwala to ograniczyć transport materiałów, zmniejszyć koszty inwestycji

i minimalizować ujemne skutki przyrodnicze podczas budowy. Urządzenia te powinny być w miarę możliwości trwałe, samoobsługowe i pełnić swoją funkcję przez minimum tzw. „okres trwałości Projektu”.⁵

Ewentualne wystąpienie przypadków negatywnie wpływających na środowisko naturalne z jednej strony niesie za sobą ryzyko wyłączenia przedsięwzięć z realizacji w Projektach, a z drugiej - możliwe konsekwencje wynikające z przepisów prawa, w tym m.in.: z *ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie, ustawy o ochronie przyrody np. nakazujących przywrócenie stanu poprzedniego*. Nie może dojść również do sytuacji w których nastąpi naruszenie zakazów, obowiązujących dla danych form ochrony przyrody.

Dla uniknięcia negatywnych efektów środowiskowych przy realizacji Projektów konieczne jest:

- skrupulatne weryfikowanie środowiskowych uwarunkowań przyszłej lokalizacji każdego planowanego obiektu małej retencji,
- skrupulatne przestrzeganie przepisów dotyczących obszarowych i indywidualnych form ochrony przyrody,
- skrupulatne przestrzeganie procedur związanych z ocenami oddziaływania inwestycji na środowisko, w tym niezbędne inwentaryzacje przyrodnicze, przeglądy danych literaturowych, naukowych, innych inwestycji w celu sporządzenia poprawnych kart informacyjnych przedsięwzięcia, raportów oddziaływania na środowisko, wniosków o wydanie decyzji, opinii, uzgodnień, zaświadczeń itd.,
- konsultowanie założeń poszczególnych inwestycji w zależności od potrzeb z naukowcami, specjalistami w zakresie hydrologii i hydromorfologii cieków, specjalistami w zakresie torfowisk i ich ekologii, ichtiologami, przyrodnikami, organizacjami ekologicznymi itd.,
- monitorowanie stanu technicznego i wpływu na środowisko wybranych zrealizowanych obiektów.

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”, uproduktowania 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 poprawne przygotowanie analiz operatów wodnoprawnych, na podstawie których uzyskiwane będą decyzje wodnoprawne. Powyższe będzie wykonywane przez doświadczonych, wyspecjalizowanych w branży hydrologicznej firmy projektowe.

⁵ Szczegółowe omówienie zagadnienia trwałości znajduje się w Podręczniku wdrażania Projektu cz. II. .

II. Uwarunkowania przyrodnicze - zagrożenia 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. Znaczna część tych wskazówek wykracza poza zakres obu Projektów. Niemniej jednak powinny być one realizowane przy finansowaniu z innych źródeł jako elementy uzupełniające i wspomagające już zrealizowane działania (w zależności od potrzeb i możliwości Nadleśnictw) lub w ramach właściwego utrzymania obiektów.

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, pozabawiania brzegów zabudowy roślinnej,
- ograniczanie spływu nawozów i środków ochrony roślin m.in. poprzez wprowadzenie wokół zbiorników stref buforowych z roślinności nadwodnej,
- 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 m.in. poprzez wprowadzenie wzdłuż cieków stref buforowych z roślinności nadwodnej.

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, nakaz likwidacji 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 lub zalanie, uruchomienie przepływu), sukcesja i inne.

Zalecenia ochronne:

- podstawowym zaleceniem dla wszystkich typów torfowisk jest utrzymanie reżimu wodnego i ewentualna renaturyzacja, ograniczenie budowy zbiorników wodnych kopanych,
- bezwzględny zakaz odwadniania i wydobywania torfu na torfowiskach,
- ochrona przeciwpożarowa torfowisk,
- 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:

- dewastacja lub degradacja 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;
- nieświadome 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 rosiczki, ale także np. wszystkie gatunki torfowców, pływaczy i włosieniczników, kilka gatunków niepozornych mchów występujących dość pospolicie na mechowiskach, kilka gatunków ważek, motyli i ryb;
- pogorszenie warunków wodnych ekosystemów wodno-błotnych przyległych do obiektu małej retencji. Ten paradoksalny efekt jest związany np. z sytuacjami, gdy projektuje się budowę progu 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 wysokiego wodą z rzeki, nie pomoże mu, lecz je zniszczy – ten typ ekosystemu związany jest bowiem wyłącznie z zasilaniem wodą opadową. Wprowadzenie na torfowisko wysokie 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 rzek i 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 ciekim. Ograniczenie częstotliwości występowania wysokich stanów wody może pogorszyć warunki funkcjonowania i stan ekosystemów łęgowych poniżej, a także unikatowych siedlisk związanych z miejscami świeżo erodowanymi; ograniczenie występowania niżówek może pogorszyć warunki funkcjonowania populacji gatunków związanych z efemerycznie odsłanianymi łachami i mieliznami;
- utrudnienia lub uniemożliwienie migracji organizmów wodnych, a tym samym przerwanie 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;
- zatrzymanie lub znaczne spowolnienie naturalnego ruchu rumowiska wleczonego;
- utrata wody przez parowanie. Budowa zbiornika wodnego na cieku 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 znaczne spowolnienie naturalnego ruchu rumowiska wleczonego;
- przeszkoda na trasie wędrówki ryb i organizmów wodnych;
- zahamowanie procesów samooczyszczania się wody;
- zmiana ekosystemu rzeczno-jeziornego.

W Projektach przewiduje się budowę głównie mikro i małych zbiorników [podział według Mioduszecki, 2014] o pojemności do 500 tys. m³, z reguły zlokalizowanych na rowach, rzadziej na ciekach naturalnych. Za górną granicę zbiorników małej retencji przyjmuje się pojemność 5 mln m³. Znaczna część działań dotyczy obiektów już istniejących. Kładzie się również bardzo duży nacisk na rozwiązania prośrodowiskowe przy projektowaniu inwestycji. Biorąc powyższe pod uwagę oraz fakt, że szczególnie w Projekcie nizinnym dominują przedsięwzięcia mokradłowe, wymienione wyżej zagrożenia przyrodnicze są w znacznym stopniu ograniczone lub nie mają miejsca.

2. Regulacja rzek i potoków

Zwężenie koryta rzeczno-jeziornego jest jedną z **głównych przyczyn znacznej erozji koryt rzek polskich**, dlatego należy unikać skracania biegu rzeki (prostowania meandrów) zwężenia koryta i koncentracji (skupiania) przepływu. Skutki środowiskowe nieprzemyślanej regulacji rzek to zubożenie tarłisk ryb, likwidacja siedlisk lęgowych ptaków siewkowych (łach piaszczystych i wysp) oraz przyspieszona erozja dna.

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

- przeciwerozrytną zabudowę brzegów koryt;
- wznoszenie zapór przeciwrumowiskowych;
- 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 większej niż 20 cm pozbawiony szczelin staje się przeszkodą nie do przezwyciężenia 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;

- ograniczenie możliwości wykorzystania brzegowych ujęć wody;
- obniżanie się zwierciadła wód gruntowych w dnach dolin cieków;
- obniżenie zasobności aluwialnych zbiorników wód podziemnych;
- przesuszanie gruntów uprawnych i spadek plonów upraw prowadzonych w dolinach rzek;
- 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.

Równie ważnym elementem zapewniającym bioróżnorodność w dolinie rzecznej jest umożliwienie dostępu zwierząt do rzeki. Duże nachylenia skarp z ich „obrukowaniem” praktycznie uniemożliwia korzystanie z wody lub przekraczanie rzeki przez większe zwierzęta (poważne niebezpieczeństwo dla zwierząt kopytnych stwarza także zabudowa brzegów nieosłoniętymi gabionami).

W wyniku konserwacji koryt rzecznych lub prac regulacyjnych degradacji ulega naturalne zabezpieczenie dna chroniące ciek przed nadmierną erozją.

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.

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 struktur korytowych jako jednego z podstawowych elementów habitatowych (Fotografia 1).



Fotografia 1. Odtwarzająca się łacha korytowa po wykonaniu bystrza o zwiększonej szorstkości [Pierzgalski i in. 2007/8].

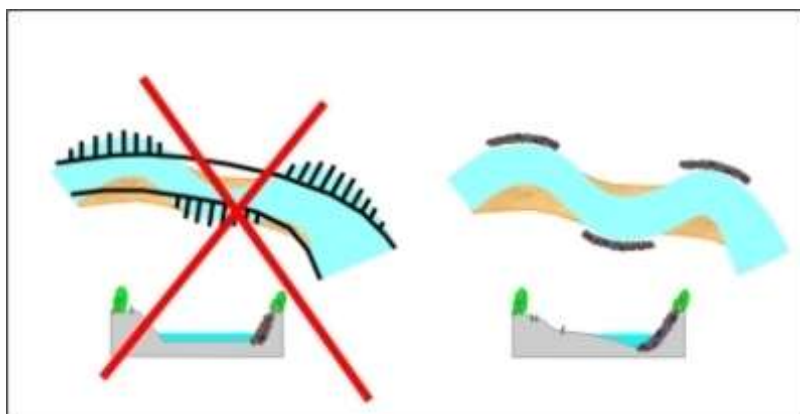
Reasumując, do najważniejszych negatywnych skutków oddziaływania technicznej regulacji rzek i potoków należą:

- 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;
- zubożenie bioróżnorodności terenów zalewowych (ograniczenie zalewów, likwidacja tarlisk);
- zastępowanie rodzimej flory gatunkami obcego pochodzenia (wycinanie lasów i zarośli łęgowych);
- zahamowanie procesów samooczyszczania (eliminacja mikroorganizmów);
- ograniczenie drożności dolin rzecznych (korytarzy ekologicznych), migracji gatunków, kontaktów populacji;
- likwidacja łęgówisk, miejsc bytowania i żerowania ptaków, ssaków, ryb, płazów i gadów;
- obniżenie walorów krajobrazowych.

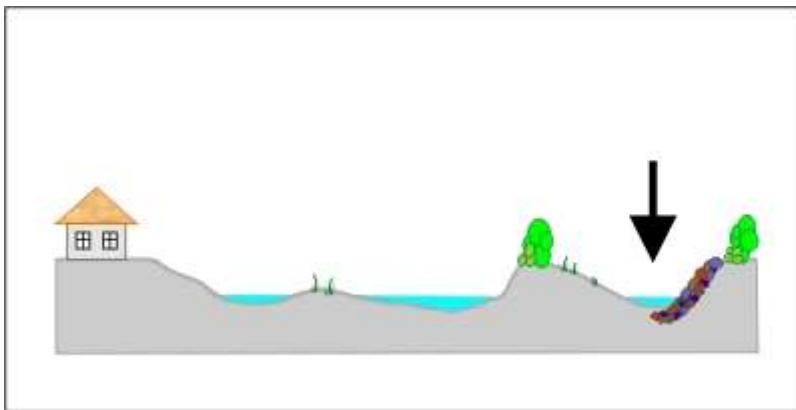
3. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków

Poszukując właściwych rozwiązań opartych o aktualną wiedzę i uwarunkowania przyrodnicze, należy stosować jako wyjściowe założenie - "nie pogarszać". W obecnie realizowanych i planowanych działaniach inżynierskich w korytach cieków naturalnych przyjęto następujące zasady:

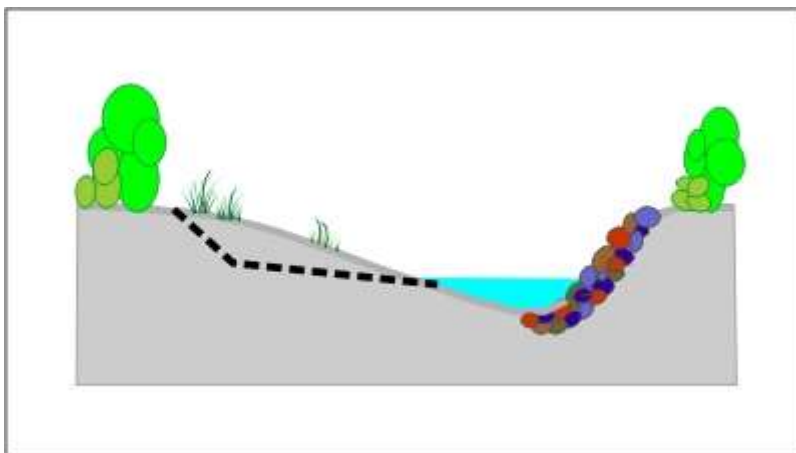
1. Dla ochrony naturalnego koryta odstępuje się od robót ziemnych profilujących go do przekroju trapezowego, konieczne i uzasadnione przekorytowania wykonuje się inicjując ploso poprzez nadanie przekroju trójkątnego (Rysunek 1 i 2, 3).



Rysunek 1. Schemat zalecanego przekroju koryta.

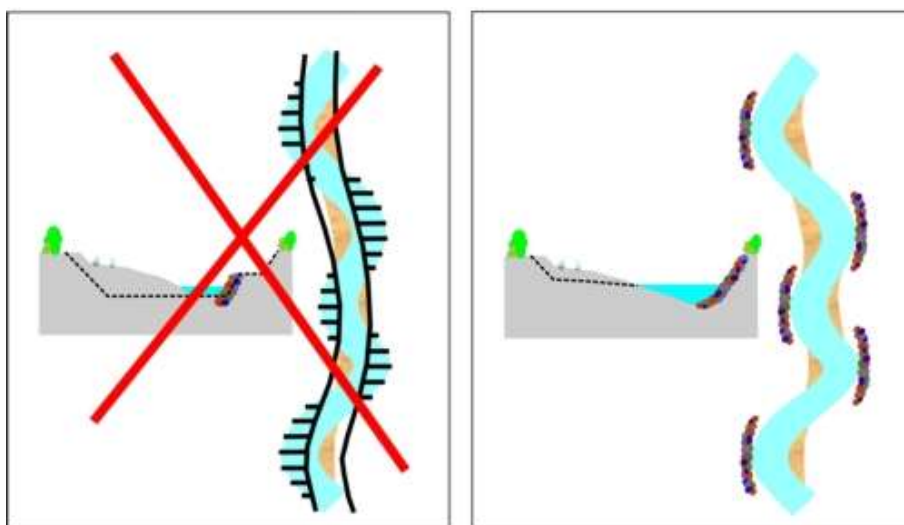


Rysunek 2. Schemat doliny gdzie konieczne jest zwiększenie przepustowości koryta.



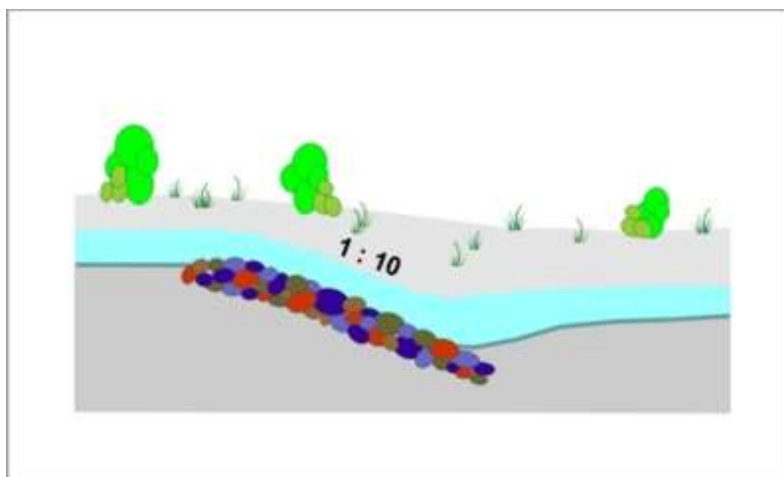
Rysunek 3. Zwiększenie przepustowości koryta – odtworzenie terasy.

2. Odstępuje się od prostowania koryt poprzez łagodzenie naturalnych meandrów koryta – tamy zastąpiono opaskami umacniającymi tylko brzegi wklęsłe i opartymi o aktualny brzeg, z wyjątkiem sytuacji, gdy takie rozwiązanie nie może być zastosowane, (Rysunek 4).



Rysunek 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 (Rysunek 5).



Rysunek 5. Schemat ukształtowania i lokalizacji bystrza

4. Celem zachowania kształtu morfologicznego koryta i dna cieku konstrukcję narzutów kamiennych buduje się od dna plosa, co eliminuje konieczność naruszania naturalnego umocnienia dna żwirowego w czasie formowania gródz z tych aluwów, budowle wykonywane są bez gródz, podobnie jak to się robi w korytach dużych rzek.
5. Podwyższa się trwałość i estetykę narzutów kamiennych poprzez układanie głazów i inicjowanie zadarnienia zasypem ziemią przestrzeni wolnych między głazami (tworząc strukturę dobrze upakowaną) lub obsiew nasionami traw (Fotografia 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.



Fotografia 2. Koryto cieku umocnione ożywionym narzutem kamiennym.

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 brzegu cieku (Fotografia 3).



Fotografia 3. Zabezpieczenie brzegu gabionami w celu ochrony zabudowy.

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.
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 (Fotografia 4).



Fotografia 4. Ochrona brzegów rzeki wyłącznie przez wykonanie głowic ostróg [Krukowski, 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 przeciwny⁶.

4. Doświadczenia EkoFunduszu i Klubu Przyrodników

Poniżej przedstawiono zalecenia, na które należy zwrócić szczególną uwagę przy realizacji obiektów małej retencji, wynikające z dotychczasowych doświadczeń:

- 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;
- 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 oraz rowach;
- 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 realizowania 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;

⁶ Mgr inż. Tadeusz Litewka (RZGW w Krakowie), źródło: www.krakow.rzgw.gov.pl

- 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 źródlisk, 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 1 km;
- 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.

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 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. 118a ustawy o ochronie przyrody. Taka decyzja (*lub postanowienie stwierdzające, że nie jest ona wymagana*), powinna być uzyskana przez nadleśnictwo przed uzyskaniem pozwolenia wodnoprawnego lub w przypadku jego braku pozwolenia na budowę lub min. 30 dni przed rozpoczęciem działań. Posiadanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach z przeprowadzoną procedurą oceny oddziaływania na środowisko (czyli z raportem OOŚ) zwalania z obowiązku dokonania zgłoszenia działań – art. 118b ust. 1 ustawy o ochronie przyrody.

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 zabezpieczać 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 (*przebiennienie 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 porośłych cenną roślinnością, z których zdjęto darń 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 składowe 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. Najkorzystniejszym terminem prowadzenia robót jest wczesna jesień - okres budowy może jednak być za krótki, więc można włączyć do niego również koniec lata.

Prace w pobliżu gniazd ptaków gatunków podlegających „ochronie strefowej” można wykonywać poza okresem rozrodu i opieki nad młodymi (jesień i zima) i tylko w „strefie ochrony częściowej”, po uzyskaniu stanowiska właściwego regionalnego dyrektora ochrony środowiska na podstawie art. 60 ust. 5 i 6 ustawy o ochronie przyrody.

Termin wykonywania prac ingerujących w koryto cieków powinien omijać okresy tarła zasiedlającej ciek ichtiofauny, szczególnie ważne jest to w przypadku gatunków, których tarło jest związane z dnem cieków.

Odmulanie, odtwarzanie lub powiększanie zbiorników powinno być prowadzone jesienią po uprzednim spuszczeniu wody (jeżeli to konieczne). Jeśli w/w prace zamierza się kontynuować wiosną, zbiorniki powinny pozostać puste przez okres zimowy, do czasu zakończenia pracy (podyktowane jest to ochroną płazów, gadów i innych organizmów wodnych).

Zalecane terminy realizacji robót przedstawiono w tabeli poniżej. Prace o większym zakresie muszą być rozpoczęte w okresie wiosennym przed okresem lęgowym ptaków (*mogą one wówczas przemieszczać się jeszcze przed lęgiem w inne niezagrożone miejsca*). Prac, które mogłyby powodować niepokojenie gniazdujących ptaków, w żadnym razie nie można wykonywać w ich sezonie lęgowym. W przypadku występowania gatunków chronionych, należy dokładnie przestrzegać przepisów o ochronie gatunkowej. Dążyć należy do sprawnego prowadzenia robót, gdyż wydłużenie czasu ich trwania zwiększa na ogół szkody wyrządzone w środowisku.

Tabela 1 Proprzyrodnicze terminy wykonawstwa robót [Illicki, 1987].

Rodzaj prac	Miesiąc zalecanych terminów prac											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Odmulanie dna												
Usuwanie roślinności dennej												
Wykaszanie roślinności przybrzeżnej												
Pielęgnacja skarp wykopów i nasypów												
Pielęgnacja zadrzewień przywodnych												
Roboty na obszarach wypoczynku												

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.⁷ Powinny to być budowle o prostej konstrukcji, nieskomplikowane i możliwe do wykonania przy użyciu prostych środków, wykorzystujące naturalne ukształtowanie terenu i rodzaj podłoża, działające samoczynnie, w różnych warunkach hydrologicznych, 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 powinny zapewniać ciągłość biologiczną i transport rumowiska w ciekach, spełniając tym samym poszanowanie zapisów w art. 229 i art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (*Dz. U. z 2023 poz. 1478 ze zm.*). **Umożliwienie swobodnego przemieszczania się organizmów wodnych na ciekach** jest traktowane w Projektach jako element priorytetowy i wynika z zapisów dokumentów nadrzędnych tj. Szczegółowy Opis Priorytetów Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko 2021-2027.

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 powinny być projektowane w taki sposób, aby mogły działać i funkcjonować bez dalszych kosztownych nakładów przynajmniej kilka – kilkanaście lat.

W załączniku nr 1 oraz 2 do *Podręcznika* przedstawiono preferowane rozwiązania konstrukcyjne obiektów przewidzianych do realizacji stosownie dla Projektu nizinnego oraz górskiego. Podano w nich jedynie ogólne założenia techniczne oraz podstawowe rozwiązania konstrukcyjne, które w zależności od konkretnych Projektów należy dostosować do rzeczywistych warunków przyrodniczych, hydrologicznych, terenowych 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 i przyrodniczo-techniczne (biotechniczne),
- techniczne.

⁷ W szczególnych przypadkach dopuszcza się stosowanie innych rozwiązań, jednakże muszą być one poparte właściwym uzasadnieniem (np. opinią projektanta) i uzgodnione z pracownikami CKPŚ.

1. Metody przyrodnicze i przyrodniczo-techniczne

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 wysokości dla tych gatunków to około 600-700 m n.p.m. Powyżej do 1000-1200 m 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 jarząb 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.

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 obsadzaniu 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 niszczonych 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,
- zmniejszenie energii wód wielkich,
- 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

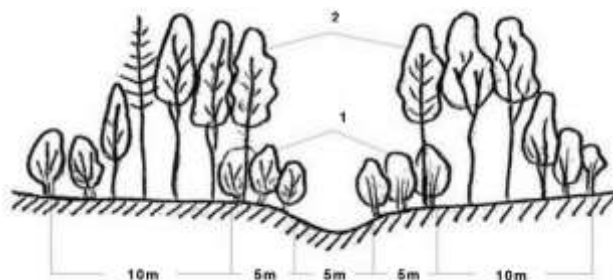
Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną. Należy dobierać gatunki o pożądanых właściwościach biotechnicznych. Rozstaw i forma nasadzeń muszą być dopasowane do konkretnego siedliska i zamierzonego celu.

Zabudowa biologiczna w obrębie szczytowej i środkowej części cieku

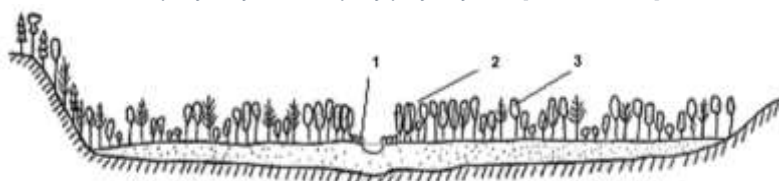
Cieki o silnie zagłębionym korycie zabezpiecza się przed erozją boczną zwartym pasem drzew i krzewów szerokości 20 – 30 m. Najwyższe piętro drzew sięgających 15 – 25 m wysokości (olsza szara, jawor, jesion wyniosły, wiąz górski, modrzew europejski, a na niżej leżących terenach dąb szypułkowy, lipa drobnolistna, olsza czarna) powinno zajmować teren bezpośrednio nad brzegiem potoku. Drugie niższe piętro drzew wysokości 5 – 15 m (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 5 m (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

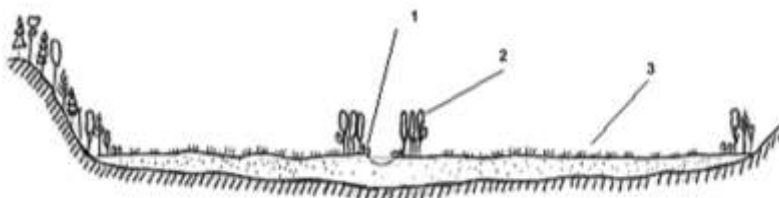
popielica, malina właściwa, dzika róża, kruszyna pospolita, trzmielina, czeremcha, dereń świdwa, szakłak, leszczyna oraz tarnina.



Rysunek 6. Przykład obudowy biologicznej potoku o korycie rozwartym w obrębie szyi:
1 - pasy korytowe; 2 - pasy przykorytowe [Prochal 1968].



Rysunek 7. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na katastroficznie wielką wodę
1 - pasy korytowe 2 - pasy przykorytowe 3 – zalesienia [Prochal, 1968].



Rysunek 8. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na średnią wielką wodę
1 - pasy korytowe 2 - pasy przykorytowe 3 - trwałe użytki zielone [Prochal 1968].

Przy korelacji na wielką wodę, na brzegu bezpośrednio nad zwierciadłem wody (WW), należy zaplanować pas korytowy o szerokości 5 m złożony z krzewiastych wierzb, a za nim szeroki na 5 m pas przykorytowy złożony z odpornych na okresowe zalewanie krzewów i drzew do 5 m wysokości. Dalszą część zabudowy biologicznej powinien stanowić drzewostan o zróżnicowanym układzie piętrowym.

Przy korelacji na średnią wielką wodę, na skarpie bezpośrednio nad zwierciadłem wody (SWW), należy zaplanować pas korytowy o szerokości 7 m złożony z krzewiastych wierzb, a za nim szeroki na 8 m 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, jarzab pospolity, kruszyna pospolita, kalina koralowa
Obszar na zboczach doliny	Leszczyna, tarnina, 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.



Fotografia 5 i Fotografia 6. Zabudowa biologiczna brzegów stan przed realizacją (zdjęcie z lewej) i 10 lat po realizacji (zdjęcie z prawej) [Begemann i Schiechtl 1999].

Więcej informacji, szczególnie przydatnych projektantom, na temat metod przyjaznych środowisku w zakresie inwestycji inżynierii wodnej, zamieszczono m.in. w opracowaniach „Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym” [Begemann i Schiechtl, 1999 r.], „Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich” [Bojarski i in., 2005 r.], „Poradnik ochrony mokradeł w górach” [Jermaczek, Wołejko i Misztal, 2009], „Podręcznik najlepszych praktyk ochrony mokradeł” [Makles, Pawlaczyk, Stańko, 2014 r.], „Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych” [Biedroń i in., 2018 r.], „Dobre praktyki utrzymania rzek” [Prus, Popek, Pawlaczyk, 2018 r.] oraz „Podręcznik dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych” [Biedroń i in., 2020 r.].

2. Metody techniczne

Jak już na wstępie wspomniano czynnikami istotnymi przy projektowaniu obiektów jest ich dostosowanie do warunków przyrodniczo-krajobrazowych, umożliwienie swobodnego przemieszczania się organizmów wodnych w ciekach, użycie materiałów naturalnych oraz trwałość i bezobsługowość konstrukcji.

Należy unikać konstrukcji i elementów betonowych (w szczególności elementów prefabrykowanych lub dużych monolitycznych konstrukcji), chyba że wymagają tego względy bezpieczeństwa. W uzasadnionych przypadkach można stosować tworzywa sztuczne oraz elementy metalowe. Konstrukcje te, jeśli to możliwe, powinny jednak zostać „zakryte” materiałami naturalnymi, tak by nie stanowiły dysharmonijnego elementu w krajobrazie leśnym np. gabiony, ścianki szczelne, geomembrany. W odniesieniu do budowli ziemnych zaleca się stosowanie uszczelnień bentonitowych. Niekiedy konieczne bywa też stosowanie stalowych siatek powleczonych tworzywem do zabezpieczania budowli ziemnych – grobli, wałów itp. – przed zwierzętami

kopiącymi nory (bóbr, piżmak, karczownik). Zaleca się umacnianie ich darnią i narzutem kamiennym.

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

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

Typowe działania w tym zakresie to:

- darniowanie, płotkowanie, wykorzystanie faszyny
- brzegosłony,
- narzuty kamienne,
- kaszyce,
- konstrukcje siatkowo-kamienne.

Zabudowę należy prowadzić od góry zlewni ku dołowi i koncentrować ją na bardziej stromych dopływach do cieku 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, darnią, ewentualnie włókninami z materiałów naturalnych.

Dotychczasowe metody regulacji technicznej w sposób znaczący zmieniały reżim i charakter cieków górskich przez wprowadzenie do koryta cieku konstrukcji w postaci: stopni, bystrotoków i zapór przeciwrumowiskowych. Duże problemy stwarzają nieutrzymywane w należyłym stanie technicznym budowle hydrotechniczne (np. nieusuwanie rumoszu, brak bieżącej konserwacji i przebudowy budowli niezgodnie z nowymi standardami). Współczesne rozwiązania są znacznie bardziej przyjazne dla środowiska w porównaniu do tych stosowanych jeszcze kilkadziesiąt lat temu.

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 cieku (zabudowa hydrotechniczna) lub jego bezpośredniego sąsiedztwa (np. drogi).

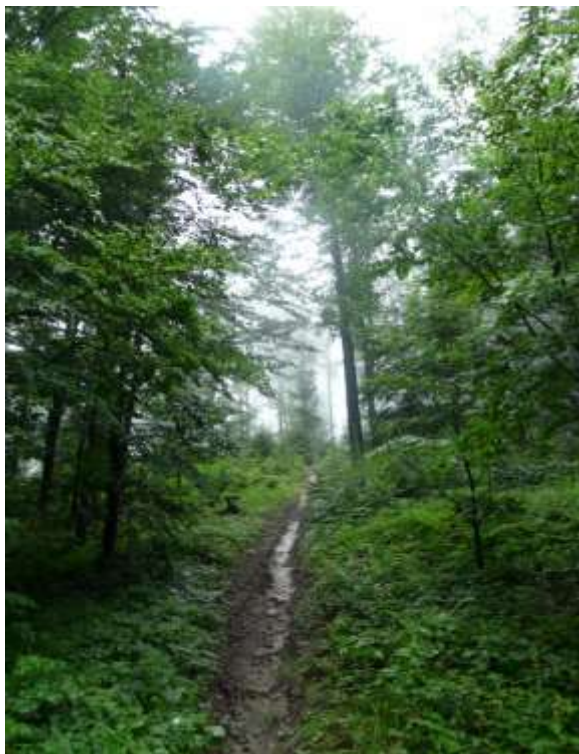
W Projekcie, mamy do czynienia także z działaniami technicznymi polegającymi na kontrolowaniu nadmiernego spływu powierzchniowego (poprzez stabilizację osuwisk i powstrzymywanie erozyjnego działania wód opadowych), zaś w odniesieniu do cieków: odcinkowe zabezpieczenie brzegów oraz spowolnienie odpływu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

Szczegółowy opis ograniczeń przy projektowaniu budowli przedstawiono w załącznikach 1 i 2 do niniejszego *Podręcznika*.

3. Przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z gwałtownym spływem wód opadowych na obszarach o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu

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 1 m³ ziemi około 200 l 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.

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 „koryta” okresowo prowadzące wodę, którymi woda szybko odpływa ze zlewni. Dlatego zaleca się transport 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 zrębów, zabezpieczanie przed osuwiskami, tworzenie wodospustów na drogach leśnych i szlakach turystycznych.



Fotografia 7. Ścieżka spływów powierzchniowych na dawnym szlaku zrywkowym (archiwum CKPŚ)



Fotografia 8. Zabudowa przeciwozyjna w trasie spływów powierzchniowych (archiwum CKPŚ)

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 treny 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 niewielkie przetamowanie ziemne, rów opaskowy, pas roślinności lub

zbiornik wstępny (szerzej ta tematyka omówiona jest w innych częściach opracowania).

Innym wymiarem przystosowania do zagrożeń wywoływanych gwałtownym spływem jest budowanie takiej infrastruktury, która dzięki właściwym rozwiązaniom konstrukcyjnym jest w stanie wytrzymać siłę naporu wody lub dzięki odpowiednim przekrojom czy ubezpieczeniom przeprowadzić wody wezbraniowe. Przykładem może być tu budowa brodów, mostów jednoprzęsłowych lub przepustów o dużym świetle i korzystnym przekroju w miejscach szczególnie narażonych (np. starych przepustów wielootworowych), odpornej i zarazem przyrodniczo-przyjaznej zabudowy podłużnej tj. kaszyce i ożywione narzuty kamienne.

Nie tylko w Polsce coraz powszechniej powraca się do stosowania kaszyc, czyli konstrukcji drewnianych wypełnionych ziemią i kamieniami, umożliwiających filtrację wody gruntowej. 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 nie pogarszanie stanu wód.

W tym kontekście utrzymanie w szczególności w dobrym stanie potoków górskich wymaga szczególnej dbałości. Cieki 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 korytotwórczych, ocena intensywności transportu rumowiska wleczonego oraz ocena procesów erozji i sedimentacji 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 nieprzerywanie transportu rumowiska w ciekach.

We wszystkich przypadkach cieków naturalnych zarówno na terenach górskich jak i nizinnych, naczelnymi zasadami przy realizacji budowli hydrotechnicznych powinny być:

- zachowanie stanu równowagi dynamicznej cieku, w której odprowadza on w dół swego biegu taką samą ilość rumowiska, jaka jest dostarczana do przekroju doliny, zaś dno cieku w dłuższym okresie utrzymuje się na jednakowej wysokości,
- zapewnienie równowagi pomiędzy funkcją odprowadzania wód wezbraniowych w dół biegu cieku oraz funkcją ich retencjonowania na obszarach zalewowych,
- zachowanie statusu ekologicznego cieku 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 zalecenia 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 zależności być może nie znamy. Zatem do działań należy podchodzić z dużym namysłem i po gruntownej analizie. Podstawowym błędem jest podchodzenie do danych zjawisk z 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).

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.

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, modernizacja lub odtworzenie sztucznych zbiorników powierzchniowych (rodzaj, ilość, parametry techniczne);
- zabudowa przeciwezyjna cieków przeciwdziałająca erozji wodnej;
- 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 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 ryzyko 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 walorami przyrodniczymi mamy do czynienia;
- w jaki sposób projektowana inwestycja będzie na nie wpływać.

Należy podkreślić, że zwiększenie retencji wody jest kwestią 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, ważek, 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. 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, 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 i skróci procedury administracyjne.

Ze względu na specyfikę ekosystemów leśnych, w których lokalizowane są obiekty małej retencji, należy zachować ostrożność przy stosowaniu takich standardowych rozwiązań hydrotechnicznych, jak faszynowanie, obsiew lub zadarnianie. Nie powinny one powodować wprowadzania do lasu obcych ekologicznie gatunków roślin (np. traw łąkowych), ani tym bardziej nie należy stosować żadnych nasadzeń 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

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 lub zmniejszy skalę 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), 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 hydrologicznych, szczególnie przy różnych stanach wód. Operowanie urządzeniami ruchomymi powinno odbywać się zgodnie z instrukcjami gospodarowania wodą przez osoby wyznaczone do tego celu.

Szczegółowe zalecenie dotyczące działań i obiektów przewidzianych do realizacji oraz zabronionych przedstawia załącznik nr 1 dla Projektu pn. „Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja” (MRN3) oraz załącznik nr 2 dla Projektu pn. „Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja” (MRG3).

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, gruncie 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;⁸

⁸ Wierzchnia warstwa gleby leśnej na 1 m³ może przyjąć i zmagazynować na dłuży czas około 200 litrów wody – 1/5 objętości.

- 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, oddziałują równocześnie na odpływ gruntowy z obszarów sąsiadujących;
- naturalne zbiorniki wodne magazynujące wody opadowe, opóźniają one spływ powierzchniowy i gruntowy, często stanowią także obiekty przyrodnicze, turystyczne, 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 magazynują wodę w środowisku. W zależności od warunków terenowych, gruntowych i stosunków wodnych w zlewni budowane są:

- zbiorniki stale gromadzące wodę:
 - zbiorniki kopane – zasilane wodami podziemnymi, spływem powierzchniowym, opadami lub infiltracyjnie;
 - 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 retencyjną, dzięki której do poziomu MaxPP/NadPP mogą przyjąć wodę powodziową;
 - 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.⁹

- 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.

⁹ W projektach nie są budowane zbiorniki wyłącznie o funkcji przeciwpożarowej ze względu na ich niedostosowanie do pełnienia funkcji przyrodniczych. Natomiast budowane wcześniej zbiorniki p.poż mogą być przebudowywane w celu ich dostosowania do funkcji przyrodniczych.

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.

Ze względu na ukształtowanie terenu zbiorniki suche budowane są głównie na terenach górskich, zaś poldery raczej na pogórzach i nizinach. Występują także rozwiązania mieszane. Ponadto, do działań z zakresu małej retencji w Projektach zaliczamy te wszystkie zabiegi, które zmierzają do niepogarszania warunków gromadzenia wody w naturalnych formach małej retencji oraz renaturyzację tych obszarów.

Tabela 3. 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 niezmienione warunki 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 zatapiały 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; – 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 wytworzyć się cenne tereny łęgowe dla ptaków wodno-błotnych; – podczyszczanie wód, sedymentacja 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 przeprawek dla ryb; – wysokie koszty utrzymania i eksploatacji.
Poldery zalewowe	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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 niżówek zapewniają przepływ biologiczny),
- zwiększenie zasobów wód podziemnych,
- zwiększenie różnorodności biologicznej,
- zmianę szaty roślinnej i szybszy jej wzrost w zasięgu oddziaływania zbiornika,
- zmianę mikroklimatu najbliższego otoczenia,
- zaspokojenie potrzeb wodnych (*rolnictwa, leśnictwa, ludności*),
- zwiększenie walorów krajobrazowych oraz sprzyjanie rekreacji.

Pod względem konstrukcyjnym należy uwzględnić, w zależności od zadań, które zbiorniki mogą dodatkowo posiadać: możliwość dostępu do wody dla zwierzyny leśnej, podjazdy do poboru wody do celów ochrony przeciwpożarowej,¹⁰ itp. Jeśli zbiornik 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 zadarnione. Można pozostawić fragment skarpy jako odsłonięty, niezadarniony 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

¹⁰W obu Projektach istnieje możliwość realizacji infrastruktury p.poż, przy czym kwalifikowalne są tylko przedsięwzięcia określone w „Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu” (wprowadzonej zarządzeniem Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych nr 81 z dnia 23.12.2019 r.) pkt. 4.8.6. bez podpunktu a) oraz pkt. 4.8.7. Budowa utwardzonych placów manewrowych umożliwiających zawracanie lub manewrowanie na drogach obwodowych jest kwalifikowalna do powierzchni 450 m² (utwardzenie powierzchni powyżej ww. limitu będzie finansowane ze środków własnych nadleśnictwa). Place manewrowe powinny być utwardzone kruszywem. Nie będą kwalifikowalne utwardzenie szczelne placów np. kostką Bauma, płytami betonowymi w tym również ażurowymi lub powierzchnie płaskie wylewane z betonu, asfaltu. Ponadto, kwalifikowalne są budowle nadbrzeżne i inne umocnienia konieczne do napełniania aut straży pożarnej, w tym studnie czerpne i schody.

zalewane lub odsłaniane w miarę zmian poziomu wody. Dla płazów kluczowe mogą być duże obszary płytkiej, szybko nagrzewającej się wody.

Przy budowie i kształtowaniu zbiornika (zapór, grobli) zalecane jest korzystanie z gruntu miejscowego np. z czaszy. Jeśli jest to konieczne dopuszcza się wszystkie rodzaje uszczelnień zapór i podłoża gruntowego, odwodnienie zapór zarówno w formie rowów jak i drenaży. Dozwolone jest także doszczelnienie czasz zbiorników.

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

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 przenoszoną przez ptaki, tą drogą przenoszone bywają także stadia larwalne płazów.¹¹ Zatem należy zdać się na naturalne procesy sukcesji obiektów przez faunę, ale w niektórych przypadkach wskazane jest wprowadzenie w akwen odpowiednich gatunków flory.

Priorytetowo należy traktować zatrzymywanie wody w środowisku i spowalnianie 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 podgórskich zbiorniki powinny mieć poza normalnym poziomem piętrzenia (NPP) także rezerwę powodziową (stałą lub chwilową). Wprowadzenie tych rozwiązań wpływa na spłaszczanie fali powodziowej na skutek wolniejszego odpływu wody z obszarów zalewowych, chroniąc nie tylko infrastrukturę i obszary zamieszkałe przez ludzi, ale także grunty rolne i tereny cenne przyrodniczo.

Polecany rozwiązaniem jest także budowanie zbiorników zasilanych spływem powierzchniowym lub/i ciekami okresowymi, czy sporadycznie wysychającymi, nawet wówczas, gdyby dochodzi do okresowego wysychania koryta poniżej budowli. Tego typu obiekty są ważnym elementem magazynowania wody w środowisku oraz przechwytywania jej i zatrzymywania w górnej części zlewni, z korzyścią dla lokalnych ekosystemów.

¹¹ 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.

Za niedopuszczalne uważa się tworzenie zbiorników na gruntach organicznych. Niszczą one istniejące zbiorowiska roślinności i fauny bagiennej, nie zwiększając zdolności retencyjnych terenu. Powstaje w ten sposób zbiornik napełniony wodą z torfowiska, działający drenująco. Dodatkowo następuje znaczne zwiększenie strat wody w wyniku parowania (z lustra wody, czy w wyniku ewapotranspiracji).

Podkreślenia wymaga, że powyższy zapis ma zastosowanie głównie w odniesieniu do siedliska przyrodniczego np. torfowiska, łągów, i nie powinien być rozumiane pod kątem geologicznym czy geotechnicznym. Zatem jeżeli w profilu glebowym występuje niewielkie przewarstwienie gruntów organicznych, szczególnie zalegających głęboko, a dodatkowo pokrycie terenu nie wskazuje na występowanie siedlisk „wodno-błotnych”, przedsięwzięcie może być realizowane.

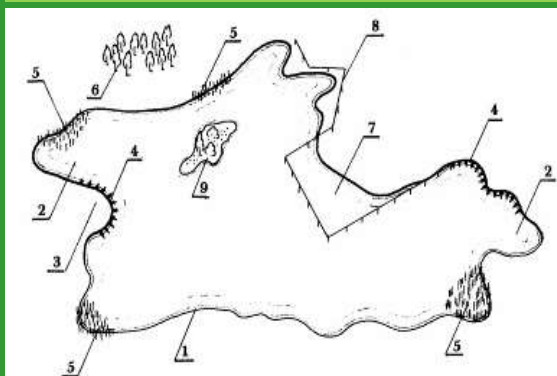
Zawsze należy pamiętać o tym, że tworzenie zbiorników wodnych obarczone jest ryzykiem związanym z:

- a) zalaniem terenów cennych pod względem przyrodniczym (konieczne jest przeprowadzenie rzetelnej inwentaryzacji przyrodniczej);
- b) przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku przez budowlę piętrzącą (przeciwdziałać temu zjawisku można poprzez wykonanie przepławek naturopodobnych, kanałów obiegowych w zbiornikach zaporowych lub budowę **zbiorników bocznych** bez piętrzenia w korycie);
- c) przerwaniem ciągłości transportu rumowiska i jego sedymentację wraz z zanieczyszczeniami powyżej zapory;
- d) wystąpieniem eutrofizacji.

Przy projektowaniu zbiorników realizowanych w ramach Projektów zaleca się wprowadzenie elementów środowiskowych, tj. zróżnicowaną głębokość (przegłębienia i płycizny), dużą różnorodność strukturalną (przewrócone drzewa, kamienie, podmycia pod brzegami, wyspy), odcinki brzegów płaskich i stromych, odcinki nasłonecznione i zacienione, zróżnicowaną linię brzegową. Należy zadbać o ich wkomponowanie w otaczający krajobraz. Wskazane jest wykonywanie zapór ziemnych oraz wykorzystanie naturalnych materiałów do umocnień brzegów. Istotne jest także polepszenie warunków rozrodu i bytowania płazów i gadów, poprzez wykonanie małych zbiorników lub części (strefy) większych zbiorników o głębokości 0,5-1,5 m, dużej powierzchni płycizn, skarp o nachyleniu 1:8-1:10 oraz wysp o łagodnych brzegach i zróżnicowanym materiale (mogą zostać wyłożone z jednej strony kamieniami, a z drugiej obsadzone żywokłami). Poniżej przedstawiono schematy takich obiektów.

Zbiornik z elementami środowiskowymi

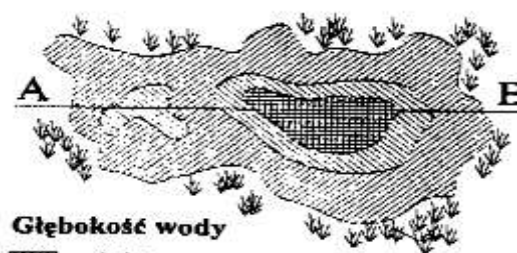
Opis zalecanych rozwiązań



- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| 1 - brzeg o łagodnym nachyleniu | 5 - trzcina |
| 2 - zatoka | 6 - grupa drzew |
| 3 - cyple | 7 - wodopój |
| 4 - urwisty brzeg | 8 - ogrodzenia |
| | 9 - wyspa |

Rysunek 9. Różnorodne ukształtowanie brzegów zbiornika [Żbikowski i Żelazo 1993].

Widok z góry



Głębokość wody

- | | |
|----------|-----------|
| [Symbol] | 0-34 cm |
| [Symbol] | 35-100 cm |
| [Symbol] | > 100 cm |

Przekrój podłużny A-B



Rysunek 10. Zbiornik małej retencji dla ochrony płazów i gadów [Nadleśnictwo Stuposiany].

Przykłady realizacji



Fotografia 9. Zbiornik z nieregularną linią brzegową, łagodnymi i ostrymi skarpami, przegłębieniami, wypami z zacienieniem i nasłonecznieniem brzegów w Nadleśnictwie Tychowo, 2015 (archiwum CKPŚ).



Fotografia 10. Zbiornik w trakcie realizacji w Nadleśnictwie Stuposiany, widoczne urozmaicenie dna. Brzegi zbiornika wyłożone są matą z włókien naturalnych, wspomagającą proces równomiernej sukcesji roślinnej (archiwum CKPŚ).

a) Zbiorniki małej retencji o dużych wahaniami poziomu wody lub okresowo wysychające

- Zbiorniki zasilane wodą gruntową/opadową, spływem powierzchniowym lub ciekami/rowami prowadzącymi wodę okresowo

Zbiornik zasilany wodą gruntową/opadową

Przykład realizacji



Fotografia 11. Zbiornik z nieregularną linią brzegową w Nadleśnictwie Lipka, fot. J. Smarczewski, 2021.



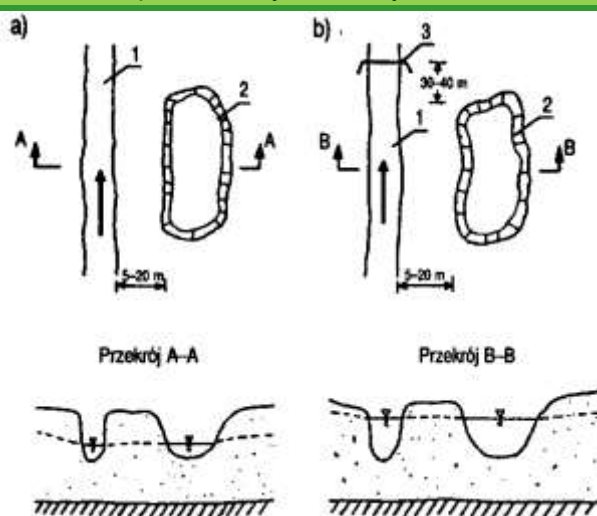
Fotografia 12. Zbiornik śródpolny zasilany głównie spływem powierzchniowym w Nadleśnictwie Ustrzyki Dolne, 2015 (archiwum CKPŚ).

Uwagi

Zaleca się wykonanie mieszanych typów zbiorników, czyli zasilanych jednocześnie głęboko zalegającą wodą gruntową, spływami powierzchniowymi z wysoczyzny lub okresowymi ciekami/rowami. Nie dopuszcza się zbiorników całkowicie uszczelnionych zasilanych wodą opadową oraz zbiorników kopanych zasilanych wyłącznie z wód gruntowych oraz źródeł. Pierwsze z nich są właściwe tylko dla projektu PPOŻ¹², drugie natomiast to obiekty, które nie powodują zwiększenia zasobów wodnych, a wręcz przeciwnie mogą spowodować obniżenie zwierciadła wód gruntowych. Zbiorniki tego typu posadowione są na gruntach małoprzepuszczalnych.

Zbiornik zasilane wodami infiltracyjnymi

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 11. Zbiornik zasilany infiltracyjnie z cieków a) przy cieku naturalnym oraz b) przy cieku spiętrzone [Mioduszewski 2014].

¹² „Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – zapobieganie, przeciwdziałanie oraz ograniczanie skutków zagrożeń związanych z pożarami lasów” PPOŻ

Przykład realizacji



Fotografia 13. Zbiorniki zasilany infiltracyjnie wodą z rowu w Nadleśnictwie Jastrowie (archiwum CKPŚ).

Uwagi

Jeśli dolina zbudowana jest z gruntów przepuszczalnych lub gdy grunty przepuszczalne zalegają pod cienką warstwą nieprzepuszczalną można wykonać zbiornik zasilany infiltracyjnie z cieków lub rowów. Wykonuje się go jako staw kopany, dłuższym brzegiem równoległym do cieków/rowów w odległości 5-20 m. Jeśli w korycie istnieje zastawka lub próg, można zlokalizować zbiornik 30-40 m od jego krańca w kierunku cofki. Zwierciadło wody układa się na poziomie wody w korycie. Zbiornik dodatkowo może być również zasilany z wysoczyzny (spływem powierzchniowym oraz wodami gruntowymi).

Efekty w środowisku

Zbiorniki zalecane w przypadku wód zanieczyszczonych płynących korytem cieków lub rowów. Woda zostaje oczyszczona w procesie filtracji przez podłoże. Zalecane jest wprowadzenie elementów prośrodowiskowych, w szczególności łagodnego zejścia dla zwierzęcy.

Zbiorniki spowalniające spływ powierzchniowy

Przykład realizacji



Fotografia 14. Zbiornik zasilany spływami powierzchniowymi, w tym korytem kierującym wodę z wysoczyzny lub drogi w Nadleśnictwie Piwniczna, 2015 (archiwum CKPŚ)



Fotografia 15. Zbiornik zasilany spływami powierzchniowymi w Nadleśnictwie Bielsko, 2015 (archiwum CKPŚ)

Uwagi

Zbiorniki powinny być zlokalizowane w naturalnych zagłębieniach terenu (o pow. 1-10 ar), w pobliżu których przebiegają drogi, szlaki zrywkowe lub ukształtowanie terenu umożliwia gromadzenie wód powierzchniowych (opadowych bądź roztopowych) ze znacznej powierzchni leśnej. Najczęściej lokalizowane są w linii ścieżek spływu, którą można zaobserwować podczas większych opadów atmosferycznych, map sytuacyjnych lub numerycznego modelu terenu. Stawy buduje się zazwyczaj w zagłębieniach terenu lub małych dolinkach. W niektórych przypadkach wodę doprowadza się małymi grobelkami lub rowami ukierunkowanymi wzdłuż warstwic. W celu zwiększenia pojemności zbiorników można: wykonać groble o niedużej wysokości do 1,2 m prostopadle do kierunków spływu (z rdzeniem drewnianym, kamiennym lub uszczelnieniem z geosyntetyków; w środkowym odcinku grobli proponuje się wykonanie umocnionego przelewu, na wypadek przelania się wody przez koronę budowli); profilować szlaki zrywkowe, zmienić lokalizację wodospustów lub wykonać nowe, budować płotki faszynowe, usunąć sztuczne zwałowiska gruntu, w celu właściwego ukierunkowania strumienia wody.

Efekty w środowisku

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

b) Zbiorniki małej retencji stale gromadzące wodę

- Zbiorniki zasilane z przepływów bieżących cieków, kanałów rowów

Zbiorniki zaporowe

Przykład realizacji



Fotografia 16. Zbiorniki zaporowe w Nadleśnictwie Brynek, fot. J. Smarczewski, 2021.

Uwagi

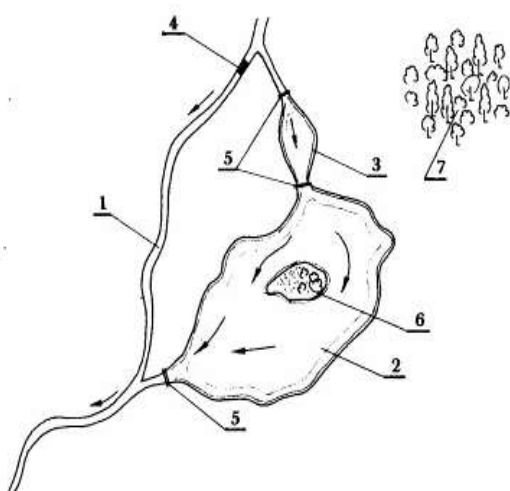
Zbiorniki utworzone w wyniku przegrodzenia budowlą piętrzącą zarówno koryta cieku/rowu jak i doliny. Budowlą piętrzącą jest najczęściej zapora ziemna, a budowlą piętrząco-upustową mnich. Działania te powodują zalanie części doliny i z reguły nie wymagają intensywnych prac ziemnych. Wielkość zbiornika uzależniona jest od wysokości piętrzenia, kształtu doliny i jej spadków podłużnych. Za wartość graniczną zbiorników małej retencji przyjmuje się pojemność 5 mln m³.

Efekty w środowisku

Zbiorniki mogą stanowić skuteczną ochronę przed dużymi wezbrzeniami i szkodami w infrastrukturze leśnej. Zaleca się wprowadzenie wszelkich elementów prośrodowiskowych tj. wyspy, zróżnicowana linia brzegowa. Budowa sztucznego zbiornika wodnego powoduje istotne zmiany w środowisku. Dlatego na terenach o szczególnych wartościach przyrodniczych zaleca się wykonanie inwentaryzacji przyrodniczej w strefie planowanego oddziaływania obiektu.

Zbiornik boczny (poza korytem cieku/rowu)

Opis zalecanych rozwiązań



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

Rysunek 12. Zbiornik boczny, zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo 1993].

Przykład realizacji



Fotografia 17. Zbiornik boczny bez piętrzenia wody w korycie ciek naturalnego w Nadleśnictwie Jastrowie, fot. J. Smarczewski, 2021.

Uwagi

Zbiorniki boczne najprościej można wykonać poprzez budowę urządzenia piętrzącego w korycie ciek, kanału lub rowu, umożliwiającego doprowadzenie wody do jego czaszy. W szczególności na ciekach zaleca się jednak projektowanie zbiorników bez przegród w korycie, dzięki czemu zachowana jest jego ciągłość ekologiczna. Jest to możliwe w szczególności w dolinach większych cieków, gdy staw posadowiony jest na gruntach słabo przepuszczalnych. Jego napełnienie odbywa się przy wyższych stanach wód przy pomocy budowli regulujących (poprzez otwarcie i zamknięcie budowli wpustowej) lub budowli ujęciowej z progiem stałym (zasilenie następuje jedynie przy stanach wody wyższych od rzędnej progu). Opisane powyżej rozwiązania zaleca się również do napełniania wodą z naturalnych starorzeczy zlokalizowanych w dolinie. Warto nadmienić, że nie wszystkie starorzecza muszą być połączone z siecią hydrograficzną. Część z nich może być izolowana w formie oczek wodnych zasilanych wodami gruntowymi lub infiltracyjnie, bądź w formie obniżeń porośniętych roślinnością szuwarową.

Efekty w środowisku

Zbiornik najkorzystniejszy z punktu widzenia środowiskowego, w szczególności przy braku stosowania piętrzeń w korycie ciek.

Zbiorniki kaskadowe (koralikowe/paciorkowe)

Przykład realizacji



Fotografia 18. Płytke zbiorniki kaskadowe Nadleśnictwo Jawor 2015 (archiwum CKPŚ)



Fotografia 19. Zbiorniki w układzie kaskadowym w Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ)

Uwagi

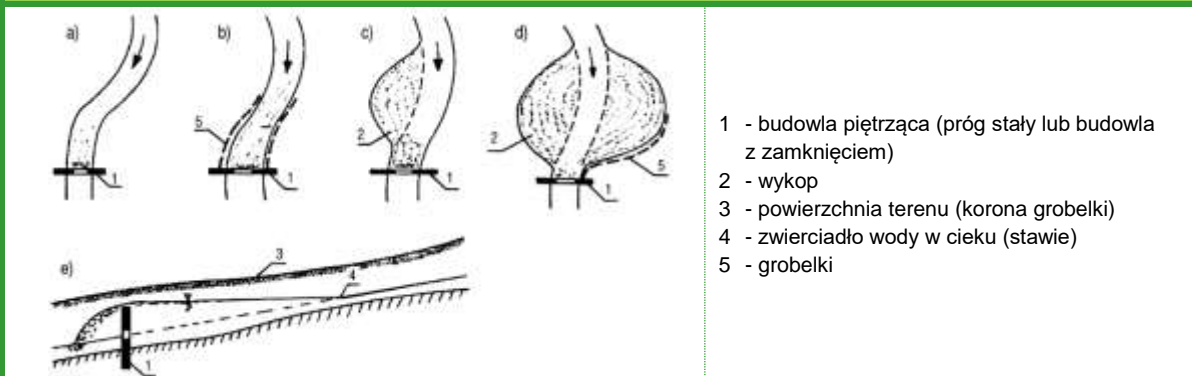
Zbiorniki kaskadowe znajdują zastosowanie w wąskich dolinach i przy dużych spadkach terenu, gdy nie ma możliwości zlokalizowania jednego większego zbiornika o planowanej pojemności. Zbiorniki przedzielone mogą być groblami wyposażonymi w przelewy powierzchniowe i spusty. Mogą być poza korytem ciek/rowu (zbiorniki boczne).

Efekty w środowisku

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

Małe zbiorniki na rowach

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 13. Przykłady zwiększenia retencji koryt małych cieków naturalnych lub rowów: a) w obrębie istniejącego koryta, b) w granicach koryta rzeki z grobelkami, c) koryto ciek (rowu) poszerzone po obu stronach, e) profil podłużny ciek [Mioduszewski 2014].

Przykład realizacji



Fotografia 21. Zbiorniki na połączeniu rowów w Nadleśnictwie Głogów, fot. J. Smarczewski, 2021.



Fotografia 20. Zbiorniki na rowie w Nadleśnictwie Syców, fot. J. Smarczewski, 2023.



Fotografia 22. Zbiorniki na rowie w Nadleśnictwie Krucz (archiwum CKPŚ).

Uwagi

Zbiorniki należy sytuować w naturalnych zagłębieniach terenu lub miejscach dogodnych do utworzenia zalewu. Mogą przylegać do istniejącej drogi z odprowadzeniem wód przepustem piętrzącym lub zastawką, bądź opóźniaczem odpływu. Często wykonuje się je również jako stawy kopane, powstałe przez poszerzenie i pogłębienie odcinka rowu, wraz z wykonaniem ścianki szczelnej z zastawką, progiem lub niewielkim przetamowaniem ziemnym. Najlepiej lokalizować je na połączeniu kilku rowów melioracyjnych. Ich głębokość z reguły nie przekracza 1 m. W celu zapewnienia możliwości pracy systemom melioracyjnym (np. w sytuacji sąsiedowania z gruntami rolnymi) zaleca się wykonanie urządzenia do regulowania poziomu wody. Wskazane jest wykonanie takiej konstrukcji, która umożliwi minimalne gromadzenie wody nawet przy całkowicie otwartych zamknięciach np. w formie progu stałego lub przegłębienia dna. Jeżeli nie ma potrzeby regulowania poziomu wody, a rowy służą wyłącznie nawadnianiu poleca się budowę stałych przetamowań ziemnych wzmocnionych drewnem i kamieniami. Należy unikać pogłębienia sieci rowów na dużych odcinkach, co powoduje często przesuszenie przyległych terenów. Obiektów tego typu nie należy traktować jako stałych źródeł wody, dlatego zaleca się tworzenie głębozczków czy kałuż ekologicznych, jako elementów umożliwiających przetrwanie organizmów w okresach suchych.

Efekty w środowisku

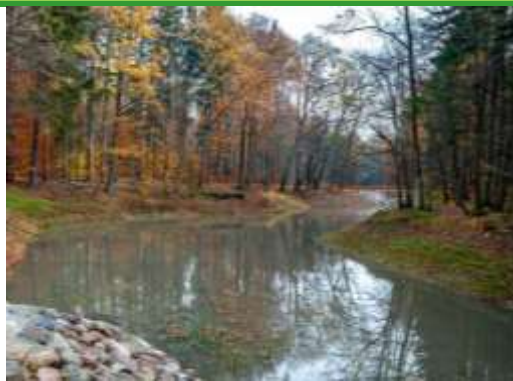
Zbiorniki mogą stanowić skuteczną ochronę przed lokalnymi wezbraniami i szkodami w infrastrukturze leśnej. W okresie niedoborów wody ww. przedsięwzięcia ograniczają negatywne skutki osuszającego działania rowów. Ponadto, mogą stanowić ostoję dla organizmów od wody zależnych w okresie suszy, gdy rów nie prowadzi wody, a sam zbiornik będzie ją przez pewien czas utrzymywał. Należy zwrócić uwagę, że jeżeli takie zbiorniki wysychają w okresie suszy, to mimo to jest to działanie pożądane. W ten sposób zretencjonowana w okresie wyżówki woda ulega długotrwałym procesom transpiracji i infiltracji tworząc lokalny mikroklimat w miejscu zbiornika oraz zasila wody gruntowe.

Obiekty te nie stanowią zagrożenia dla człowieka i mienia w przypadku awarii oraz znacząco poprawiają stan środowiska przyrodniczego.

- Zbiorniki odtwarzane na starych stawach i zbiornikach

Zbiorniki odtwarzane

Przykłady realizacji



Fotografia 23. i Fotografia 24. Budowa i modernizacja zbiorników wodnych w Uroczysku Las Miejski na terenie Leśnictwa Zielony Dwór w Nadleśnictwie Giżycko. Stan przed realizacją (z lewej) i po modernizacji (z prawej)

[<https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/2837/object/3031/budowa-i-modernizacja-zbiornikow-wodnych-w-uroczysku-las-miejski-na>]



Fotografia 25. i Fotografia 26. Odtworzenie i zasilenie w wodę „Stawów Bobrowickich” w Nadleśnictwie Szprotawa, fot. M. Krzak i M. Swędrak [<https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/3413/object/3828/budowa-urzadzen-retencyjnych-malej-retencji-wodnej-w-zlewni-rzeki-rudy>]

Uwagi

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.¹³ W przypadku starych stawów hodowlanych budowanych najczęściej na ciekach zaleca się ich zlokalizowanie poza korytem cieku/rowu (układ boczny) oraz urozmaicenie linii brzegowej zbiorników oraz kształtu dna. Ponadto, zaleca się tworzenie sztucznych wysp lub/i wysp pływających. W każdym przypadku rekomendowane jest zaprojektowanie zbiornika wstępnego. Takie przedsięwzięcia z reguły są mniej kosztowne od nowych zbiorników i niewymagające intensywnych prac ziemnych. Dodatkowo w wyniku prowadzonych wcześniej obserwacji funkcjonowania zbiornika, istnieje możliwość zweryfikowania jego właściwej lokalizacji, wielkości oraz rozwiązań konstrukcyjnych.

¹³W szczególnych przypadkach dopuszcza się zastosowanie innych rozwiązań, niezalecanych do stosowania w ramach Projektów, jeżeli mają one na celu np. zachowanie zabytkowego charakteru budowli. Każdorazowo taka sytuacja wymaga konsultacji z CKPŚ.

Efekty w środowisku

W przypadku zbiorników zlokalizowanych na ciekach naturalnych, zaleca się podjęcie działań mających na celu zapewnienie ciągłości ekologicznej cieku, np. poprzez wybudowanie przepławki. W przypadku obiektów niefunkcjonujących przez dłuższy czas, zaleca się przeprowadzenie inwentaryzacji przyrodniczej.

c) Zbiorniki suche o funkcji przeciwpowodziowej

Zbiornik suchy

Przykład realizacji



Fotografia 27. i Fotografia 28. Suchy zbiornik w Nadleśnictwie Śnieżka z przelewem szczelinowym
[<https://www.youtube.com/watch?v=0KC01khUkeY>].

Uwagi

Zbiorniki suche to obiekty, których cała pojemność przeznaczona jest na cele ochrony przed powodzią. Działają one tylko w okresie wezbrań. Regulacja dopływu i odpływu do i ze zbiornika odbywa się z reguły przez stałe otwarte upusty denne i przelewy. Ciek swobodnie przepływa przez czaszę zbiornika i urządzenia spustowe, nie naruszając przy tym ciągłości ekologicznej koryta. Większe dopływy są magazynowane w zbiorniku dzięki odpowiednio dobranym przez projektanta wielkościom i rodzajom urządzeń spustowych i upustowych. Po przejściu fali powodziowej następuje stopniowe, samoczynne opróżnienie zbiornika. Pomiędzy przejściami fal powodziowych czasie zbiorników mogą być wykorzystywane jako pastwiska, łąki, lub stanowią nieużytki, natomiast zapory jako elementy komunikacyjne, a nawet turystyczne. Zbiorniki te najczęściej budowane są w górnych biegach cieków.

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, umocniony odcinek koryta poniżej zbiornika i ewentualnie możliwość okresowego przerywania ciągłości cieku. Należy podkreślić, że koryto doprowadzające pozostaje nieprzekształcone, a w okresie bez powodzi przepływ jest całkowicie naturalny. Poprzez okresowe zalewy tworzą się dodatkowo dogodne warunki do rozwoju fauny i flory.

d) Poldery zalewowe

Polder zalewowy

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 14. i Rysunek 15. Schematy działania polderów zalewowych [RZGW Kraków].

Uwagi
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 cieku naturalnych terenach zalewowych, wykorzystywanych na co dzień rolniczo-leśnie. Przekierowanie wody do polderu to zwykle odpowiednio umocnione obniżenie wału, oddzielającego koryto od polderu. Ich podstawowym zadaniem jest lokalne zmniejszenie kulminacji fali powodziowej. Istnieją też poldery z możliwością sterowania zalewem. Wyposażone są przeważnie w otwierane i zamykane upusty wlotowe i wylotowe. Na dużych polderach może ich być nawet kilka, dzięki czemu można optymalnie wykorzystać pojemność retencyjną obiektu i w kontrolowany sposób spłaszczając falę wezbraniową.
Efekty w środowisku
Poldery stanowią skuteczną ochronę przed powodzią i zarazem są mało inwazyjne dla przyrody, warto jednak wybór miejsca inwestycji poprzedzić inwentaryzacją przyrodniczą. Poldery różnią się istotnie od normalnych terenów zalewowych, na skutek czego tracą znaczenie przyrodnicze. (odmienny jest czas trwania zalewu, głębokości wody, prędkości przepływu, układ wód gruntowych itd.) Dlatego w nowych rozwiązaniach projektuje się stałe przywrócenie przepływu na tych terenach. Poldery nie powinny obniżać wartości doliny jako elementu środowiska.

1.1.2. Elementy konstrukcyjne zbiorników, typy rozwiązań preferowane w Projektach

Wśród urządzeń i budowli wodnych wchodzących w skład zbiornika retencyjnego można wyróżnić:

- groblę (zaporę ziemną),
- urządzenia piętrzące i upustowe (mnichy, studnie piętrzące, zastawki, progi, przelewy, spusty),
- doprowadzalniki wody,
- przepławki dla ryb,
- umocnienie skarp –techniczne, biologiczne, techniczno-biologiczne¹⁴
- drenaże,
- czasza zbiornika,
- zbiorniki wstępne, stosowane do podczyszczania wód, chroniące zbiornik przed zamulaniem.¹⁵
- ujęcia wody np. do celów przeciwpożarowych,
- infrastruktura towarzysząca np. schody skarpowe, łaty wodowskazowe, pomosty, balustrady.

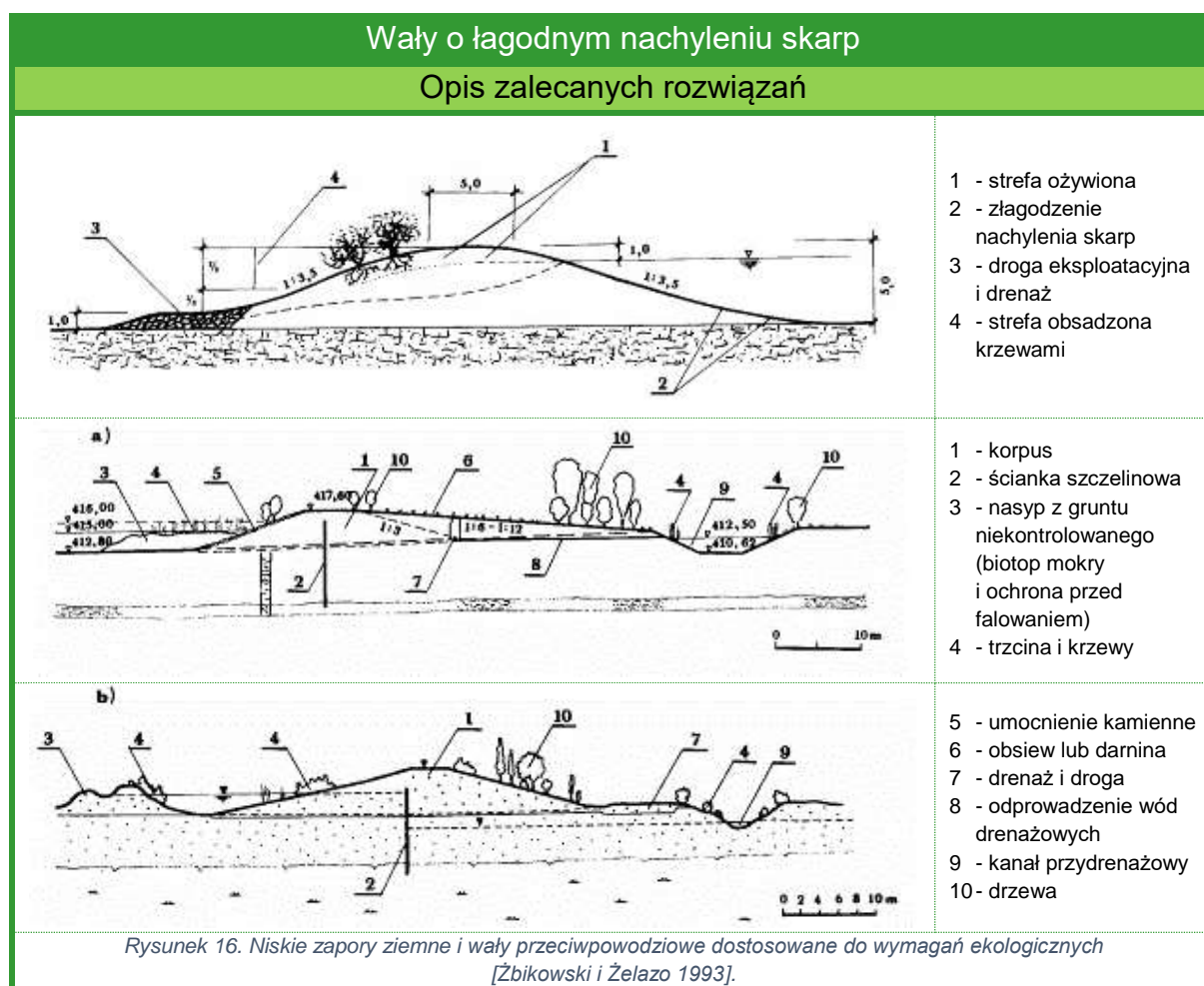
a) Groble (zapory ziemne) zbiorników

Ze względów krajobrazowo - przyrodniczych zaleca się stosowanie zapór ziemnych. Wymiary i kształty zapory muszą być tak dobrane, aby spełnić warunki bezpieczeństwa. Gdy istnieje możliwość pozyskania większej ilości materiału ziemnego do budowy grobli celowe jest dostosowanie jej do wymagań ekologicznych. Złagodzenie skarp, zaokrąglenie korony oraz dopuszczenie rozwoju roślinności na skarpię odpowietrznej, skutkuje koniecznością znacznego zwiększenia wymiarów budowli ziemnej. Korpus zapory stanowi zazwyczaj prosta jednorodna konstrukcja z gruntów mało spoistych. W przypadku budowli istniejących, gdy jest zagrożenie przeciekania grobli, konieczne jest uszczelnienie konstrukcji. Najlepiej stosować maty bentonitowe od strony odwodnej zbiornika lub przesłony przeciwiłtracyjne, mniej zalecaną alternatywą są geomembrany z tworzyw sztucznych. W przypadku

¹⁴ Rodzaje umocnień zostały omówione w rozdziale 2.1. – Ochrona infrastruktury, są to analogiczne rozwiązania.

¹⁵ Znaczenie i funkcje zbiorników wstępnych zostały omówione w rozdziale: Adaptacja obiektów do zmian klimatu.

występowania w danym regionie zwierząt kopiących nory, groble powinny być zabezpieczone powlekaną tworzywem siatką stalową przykrytą gruntem (montaż siatki co najmniej 0,5 m poniżej poziomu podstawy grobli, aż do korony).



b) Urządzenia upustowe zbiorników

Większość zbiorników musi być wyposażona w budowlę umożliwiające bezpieczne przeprowadzenie wód przez obiekt, jego całkowite opróżnienie oraz regulację wielkości odpływu, a także różnych ciał stałych, np. kry lodowej, śryżu, pływających przedmiotów czy rumowiska. Nazywane są one upustami lub budowlami upustowymi. Pełnią one też często rolę budowli piętrzących. Na jednym zbiorniku można stosować różne urządzenia upustowe i piętrząco-upustowe. W zbiornikach małej retencji stosuje się budowle: o stałej koronie, bez możliwości regulowania poziomu wody np. progi, stopnie lub niewielkie konstrukcje umożliwiające regulowanie poziomu wody poprzez zamknięcia np. mnych, zastawka. Często zbiorniki wyposażone są w budowle do odprowadzania wód wezbraniowych. Działają w krótkich okresach, podczas przepływu wód wielkich, stanowią zabezpieczenie przed przelaniem się wody przez koronę zapory lub grobli. Najczęściej stosowane są w tych przypadkach umocnione przelewy. Do całkowitego opróżnienia zbiornika stosowane są 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 budowli o stałych pierzających, na ciekach stale prowadzących wodę powinny zapewniać ciągłość ekologiczną i przepływ przy niskich stanach wody.

Przelew

Przykład realizacji



Fotografia 29. Przelew górny w zbiorniku w Nadleśnictwie Oborniki Śląskie, fot. J. Smarczewski, 2021.



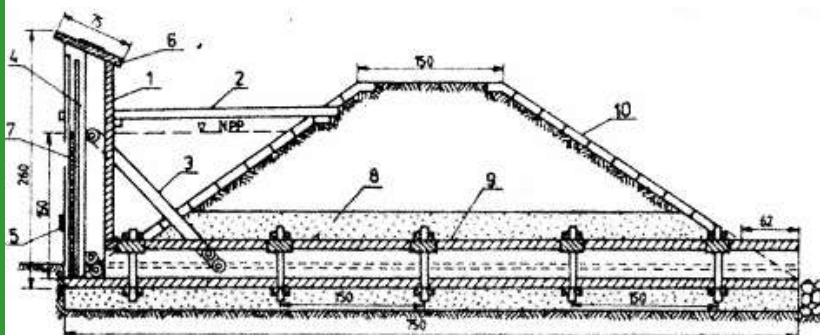
Fotografia 30. Przelew górny w Nadleśnictwie Wałbrzych, 2015 (archiwum CKPŚ).

Efekty w środowisku

Odpowiednio skonstruowany przelew, jeżeli stale prowadzi wodę, może pełnić funkcję przepławki dla ryb i innych organizmów wodnych (zapewnienie ciągłości ekologicznej), a także zapewnić przepływ biologiczny w okresach niżówek.

Mnich

Opis zalecanych rozwiązań



- 1 - obudowa stojaka, listwy poprzeczne 6x15 cm,
- 2 - kładka z desek 8x16-8x20 cm,
- 3 - zastrzał 15x18 cm,
- 4 - listwy 4x4 cm,
- 5 - rozpory 6x15 cm,
- 6 - daszek na stojak z desek gr. 5-8 cm,
- 7 - wycięcie w listwach do wyjmowania szandorów,
- 8 - warstwa gliny grubości 30-60 cm,
- 9 - pokrywa leżaka, listwa 6x8 cm,
- 10 - umocnienie skarpy.

Rysunek 17. Mních drewniany, piętrzenie 1,5 m, światło 30x60 cm [Mioduszewski 2003].

Uwagi

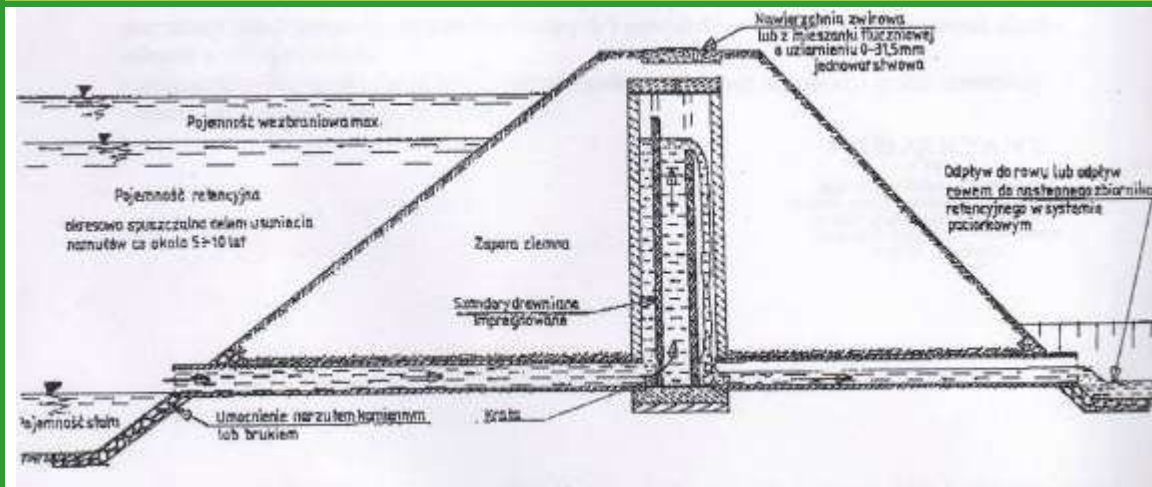
Zalecane są konstrukcje drewniane lub z rur metalowych lub tworzyw sztucznych. Prefabrykowane mnichy betonowe są kosztowne, kłopotliwe w wykonaniu oraz awaryjne w przypadku nierównomiernego osiadania.

Efekty w środowisku

Urządzenie tworzy barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych, nie zaleca się ich stosowania na zbiornikach zasilanych ciekami naturalnymi.

Studnia piętrząco-upustowa

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 18. Studnia piętrząco-upustowa w grobli ziemnej - rys. Biuro Projektowo-Wykonawcze „Hydrotechnika”.

Uwagi

Najlepszym rozwiązaniem w wielu przypadkach wydaje się zastosowanie studni piętrząco-upustowej (jako głównych urządzeń) wraz z przelewami awaryjnymi, pełniącymi wyłącznie funkcję przeprowadzenia wód wezbraniowych. Studnie posiadają następujące zalety, których pozbawione są tradycyjne młochy: brak bezpośredniego dostępu do szandorów przez osoby postronne, zachowanie przepływu w zimie, umożliwienie odpływu słabo natlenionej (często zawierającej siarkowodor) wody przydennej oraz transport nadmiaru rumowiska (namulów), urządzenie jest wbudowane w groblę (studnia przykryta jest płytą betonową, czasem przysypana gruntem) dzięki temu nie wpływa ujemnie na walory krajobrazowe zbiornika i jego otoczenia. Wlot do rurociągu warto zabezpieczyć kratą (łatwa możliwość usuwania zanieczyszczeń i zapobieżenie zatkania wlotu). Pierwszy rząd szandorów od strony 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 górą.

Efekty w środowisku

Możliwość odprowadzenia wody przydennej ze zbiornika, przy jednoczesnym dopływie tlenu do wód zrzutowych. Umożliwienie transportu części drobnych: osadów i rumowiska wleczonego. Zatrzymanie cieplejszych powierzchniowych warstw wodnych w zbiorniku umożliwia rozwój planktonu. Urządzenie tworzy barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych, nie zaleca się ich stosowania na zbiornikach zasilanych ciekami naturalnymi.

c) Doprowadzalniki wody

Kanały, rowy

Przykład realizacji



Fotografia 31. Doprowadzalniki wody do zbiorników umocnione narzutem kamiennym i palisadą drewnianą w Nadleśnictwie Syców, 2021 [https://sycow.poznan.lasy.gov.pl/widget/aktualnosci?p_p_id=101_INSTANCE_sE8O]

Uwagi

Jeżeli warunki gruntowe (przepuszczalność) oraz prędkość prowadzonej wody pozwalają, należy budować rowy o charakterze unaturalnionym, połączone z zabudową biologiczną: brzegi można umocnić faszyną lub narzutami kamiennymi

(Patrz także rozdział: *Umocnienia brzegu*). Unaturalnianie koryt polega na jego kształtowaniu, w taki sposób, aby było one zbliżone do naturalnej geometrii czy trasy cieków (meandrowanie rowu, tworzenie zróżnicowanych siedlisk w korycie np. układ bystrze-płoso, poszerzenia, wypłaszczenie skarp, zróżnicowane głębokości, itp.).

Efekty w środowisku

Naturalny charakter rowu/kanalu dobrze komponuje się z otoczeniem, a naturalna zabudowa biologiczna i mniejsza prędkość przepływu stwarza wielu organizmom nowe środowisko życia.

d) Przepławki dla ryb

Zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem, obiekty powinny być tak zaprojektowane by umożliwiały swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych. Powinny zapewniać ciągłość biologiczną i transport rumowiska w ciekach, o czym mowa w art. 229 i art. 187 ust. 1 i 2 ustawy Prawo wodne (Dz. U. 2023 poz. 1478 ze zm.).

Na poziomie aktów wykonawczych, wskazuje się m.in., że budowle piętrzące powinny być wyposażone w przepławki dla ryb. W §18 rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. (Dz. U. 2007 nr 86 poz. 579) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie zapisano: *„Budowle piętrzące przegradzające rzekę wyposaża się w urządzenia zapewniające swobodne przedostawanie się ryb przez przeszkodę, o ile jest to uzasadnione warunkami lokalnymi, a zbiorniki wodne kształtuje się tak, aby pozostawić ostoje i tarliska dla ryb”*.

Współczesne przepławki dla ryb umożliwiają swobodną migrację faunie rzecznej, przeciwdziałają erozji i jednocześnie 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 oraz przepławki wkomponowane w budowle piętrzące typu bystrze (rampa, pochylnia).

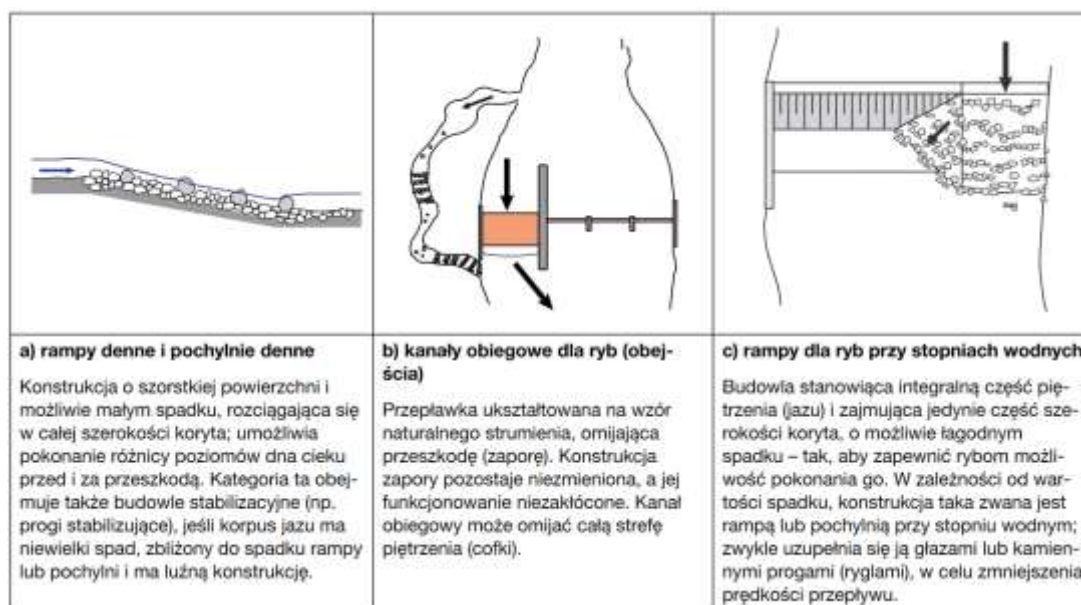
Przepławki obejściowe można wykonywać przy piętrzeniach nawet powyżej 10 m, powinny one jednak swoją konstrukcją naśladować naturalny ciek, obok którego są budowane. Wykonuje się je z materiałów naturalnych (kamienie, żwir, drewno, faszyna), a brzegi obsadza wikliną lub olszą. Obejście prowadzi się zazwyczaj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

Bystrza (pochylnie, rampy) są to umocnione odcinki cieków o łagodnym spadku. Wykonuje się je zazwyczaj przy stopniach, progach i niskich jazach o piętrzeniu do 3 m. Posadowione mogą być na całej szerokości cieków (rampy denne/pochylnie) lub przy jednym z brzegów (jako jedno lub dwuspadowe z jednym łagodniejszym spadkiem) lub poprowadzone w części środkowej koryta, 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.

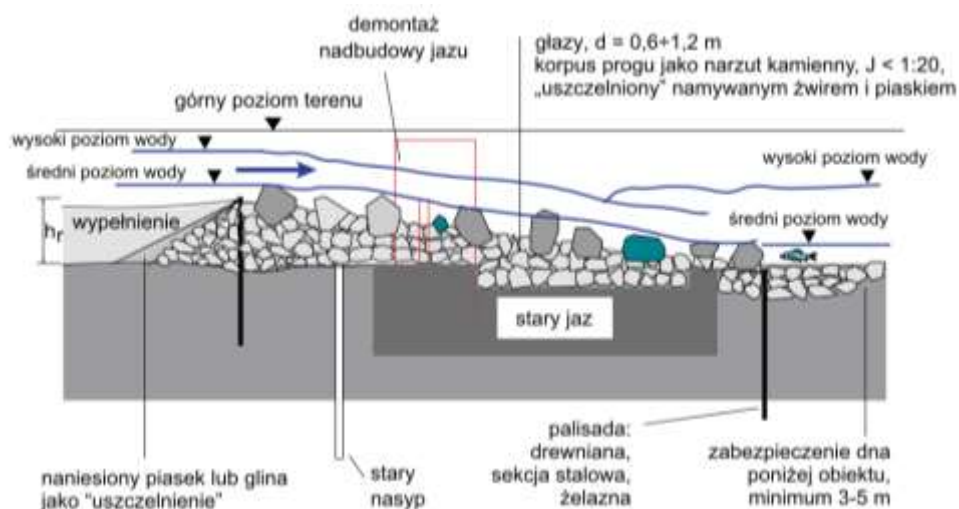
Przeławki kaskadowe najczęściej wbudowuje się w istniejące budowle hydrotechniczne (obok przyczółka lub pośrodku koryta), nachylenie koryta wynosi 1:10 do 1:100, może też być to kaskada progów o wysokości nie większych niż 20 cm. Budowle te charakteryzują się stosunkowo niskimi kosztami budowy i konserwacji.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

Przeławki mogą być projektowane jako budowle ściśle techniczne lub jako obiekty imitujące naturę. Kanały obiegowe i rampy denne należą do najbliższych naturze rozwiązań, podczas gdy konwencjonalne przeławki typu komorowego lub szczelinowego należą do rozwiązań typowo technicznych. W Projekcie zaleca się stosowanie przeławek naturopodobnych, opisanych poniżej.



Rysunek 19. Typy przeławek naturopodobnych [Nawrocki, 2016].

Na obiektach już istniejących, jeśli uwarunkowania gospodarki wodnej na to pozwalają, zamiast budowy oddzielnej przeławki preferowane powinno być przekształcenie całej konstrukcji (zastawki, jazu) w rampę denną z narzutem kamiennym lub rampę ryglową. Obiekty te pozwalają na utrzymanie piętrzenia i uniknięcie niepożądanego obniżenia poziomu wód gruntowych w dolinie cieku. Uniemożliwiają one jednak regulowanie poziomu wody powyżej piętrzenia. W pozostałych przypadkach należy zastąpić kanały obiegowe lub tylko część budowli zastąpić przeławką np. jedno z przęsł jazu zastąpić rampą. Przykład poniżej.



Rysunek 20. Przekształcenie jazu ruchomego w rampę denną ryglową jako próg ochronny [Nawrocki, 2016].

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym

Tereny podmokłe były w przeszłości traktowane jako nieużytki, będące rezerwą obszarową, możliwą do zagospodarowania w rolnictwie i leśnictwie. W encyklopedii rolnictwa z 1899 r. można przeczytać: *„Bagna wpływają wiele na oziębienie powietrza, przez co opóźniają dojrzewanie i zbiór uprawianych w sąsiedztwie roślin. Pary mgliste tworzące się na bagnach, przyczyniają się najwięcej do gnicia kartofli. Roje kłusujących owadów, wylęgających się w błotnistych położeniach, nadzwyczaj dokuczliwe dla zwierząt i ludzi. Te wszystkie powyżej wymienione niedogodności i wiele innych mniej znacznych, a brak zupełny pożytku, przemawiają dobitnie za usunięciem błot i bagien”*.¹⁶ W opracowaniu z 1956 r. prof. dr S. Turczynowicza na wstępie można natomiast przeczytać: *„Dość długo, zarówno w Polsce, jak i w innych krajach, istniało przekonanie, że torfowiska raczej nie nadają się do rolniczego ich zagospodarowania i że należy je traktować wyłącznie jako złoża materiału opałowego. Długoletnie badania wielu fachowców obaliły te z gruntu fałszywe przekonanie. Badania te wykazały, że tylko niektóre torfowiska mogą być wykorzystane jako złoża materiału opałowego, natomiast prawie wszystkie torfowiska nadają się, naturalnie umiejętnie zmeliorowane, pod uprawy polowe.”*

Prace odwadniające prowadzone w okresie przedwojennym i powojennym dotknęły prawie wszystkie mokradła naszego kraju. By unaocznic 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 obejmuje rowów na innych typach mokradeł. Obecnie, zgodnie z art. 13 ust.1 ustawy z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz. U. z 2024 r. poz. 530) właściciele lasów są zobowiązani m.in. do zachowania w lasach naturalnych bagien i torfowisk.

¹⁶ Za Mioduszeński W. 2008 Mała retencja w lasach elementem kształtowania i ochrony zasobów wodnych Woda dla lasu, las dla wody, Studia i materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej pod red. Anderwald D., wyd. Leśny Zakład Doświadczalny SGGW, Rogów, R. 10. Zeszyt 2 (18)/2008.

Efekty dawnych prac melioracyjnych „uproduktywiających” gospodarczo dany obszar nakładają się obecnie dodatkowo na okresy długotrwałych deficytów opadów, co powoduje trwały spadek poziomu wód gruntowych. Problem ten dotyczy mokradeł, zarówno na obszarach leśnych, jak i użytkownych rolniczo. W niektórych rejonach kraju na przestrzeni kilkudziesięciu lat poziom wód gruntowych obniżył się nawet przeszło o metr. Obecnie na ogół nie buduje się już nowych rowów w celu odwadniania mokradeł, ale część z sieci rowów wybudowana w ubiegłym wieku nadal istnieje i spełnia swoje funkcje. Niezwykle szkodliwe są także (wciąż niekiedy realizowane) prace nazywane „*utrzymaniem rowów*” odwadniających torfowiska, łąki wilgotne czy bagienne lasy.

Zdając sobie sprawę z powagi problemu, całkiem naturalnym odruchem w przypadku mokradeł zmeliorowanych jest chęć naprawy szkód, czyli likwidacja rowów. **Należy jednak przeanalizować, czy w wyniku przesuszenia na tym terenie nie powstały wtórne, również cenne układy ekologiczne** (np. kompleksy brzezin, 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 działania naprawcze prowadzące do zniwelowania oddziaływania dawnych, antropogenicznych przekształceń terenu będą miały sens. 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:

- cieki o naturalnym korycie,
- źródłiska 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,
- lasy łęgowe 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 funkcjonuje 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 przygiełki białej).

Zatem przed przystąpieniem do likwidacji odwadniania lub wtórnego nawadniania, **każdy renaturyzowany obszar mokradłowy powinien 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, dla torfowisk zasilanych wyłącznie wodami opadowymi lub podziemnymi, podniesienie poziomu wody może mieć negatywne konsekwencje. Poza tym, kształtowanie stosunków wodnych niesie konsekwencje i jest zależne od obszarów przyległych często znacznie oddalonych od samego mokradła. Dlatego **planowanie renaturyzacji lub ochrony mokradeł 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 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.

Trzeba jednak mieć na uwadze, że sama ocena roślinności występującej współcześnie na torfowiskach może być niewystarczająca. Wg Tobolskiego [2000] *„złudne się okazało ugruntowane przeświadczenie, że wnioskowanie o geologii i hydrologii mokradeł wystarczy się opierać na skali ekologicznej roślin torfowiskowych. Było to przyczyną wielu błędów i nietrafnych decyzji dotyczących ochrony torfowisk”*.

Dlatego przy restytucji mokradeł można również wykorzystywać badania paleoekologiczne. Paleoekologia jest dziedziną nauki zajmującą się rekonstrukcją historii ekosystemów. Przedmiotem badań są osady biogeniczne (m.in. torf), w których w warunkach beztlenowych akumulowane są wskaźniki zmian ekosystemów (m.in. szczątki roślin i zwierząt).

Niezwykle cenną wskazówką do ukierunkowania zabiegów ochronnych może być też ustalenie historycznych przemian obiektu i zasilania wodą.

Dzięki powyższym analizom można 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.

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 należy zaplanować tak aby były jak najbliższe procesom, jakie występowały na danym terenie naturalnie**. Chodzi też o to, **by podjęte ingerencje inicjowały dalsze naturalne procesy samoczynnej renauryzacji**.

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 niedotkniętych ingerencją człowieka.

Istnieje wiele sposobów klasyfikacji, jednak najczęściej jest przywoływany tradycyjny podział, wyróżniający trzy typy torfowisk:

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

- **torfowiska wysokie** - zasilane niemal wyłącznie przez wody opadowe, a lustro wody układa się wyżej niż na otaczającym 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.

Najwięcej mamy torfowisk niskich, zajmujących aż 92,35% powierzchni wszystkich torfowisk, wysokich - 4,35% a przejściowych - 3,3%, choć najcenniejsze są torfowiska wysokie i przejściowe.

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 nieretencjonujący 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 łęgowy ulega grądowieniu, gdyż pozbawiany jest naturalnych zalewów, bo dno cieku 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 cieku, 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 przetamowanie odpływu i doprowadzenie wody do murszu 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 z 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;

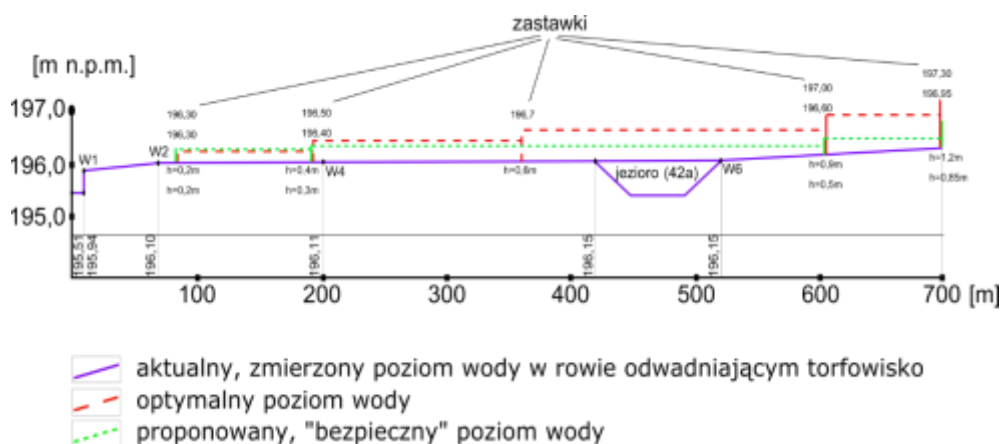
Zaplanowane działania ochronne:

- 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 Herbichowa i in. [2007]

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 1 m);
- inicjowanie zamulania i zarastania cieków, meandrowanie i spowalnianie ostrogami cieków wyprostowanych;
- odtworzenie fragmentów grobli.



Rysunek 21. Przykład ostrożnego podejścia do podpiętrzania wody na mokradle w ramach renaturyzacji prowadzonej przez Klub Przyrodników w rezerwacie „Jezioro Chrościckie” – rys. P. Włodarczyk, na podstawie Herbichowa i in. [2007].

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 podskórne, 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, skalę 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.

Niedopuszczalne są przypadki oczyszczania i odmulania cieków i rowów na długich odcinkach koryta w celu zbudowania lub odtworzenia przetamowania o stałym poziomie piętrzenia (progi, opóźniacze odpływu na rowach). Tego rodzaju działanie powinno być prowadzone w zakresie niezbędnym do wykonania obiektu i jego prawidłowego funkcjonowania. Nadmierne odmulenie i konserwacja prowadzą 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, omówione 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 1 m 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 torfowisk, 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 przetamowań

- Zastawki i jazy

Zastawki są prostymi urządzeniami piętrzącymi, w których zmiana (regulacja) poziomu wody odbywa się przez ujmowanie lub dokładanie szandorów lub przy pomocy urządzenia mechanicznego (zasuwy). Próg zastawki często jest wykonywany na poziomie dna cieku, aby okresowo, kiedy jest to wymagane, urządzenie nie piętrzyło wody. Mają one zastosowanie do niskich piętrzeń, w celu okresowego odwodnienia lub nawodniania gruntów. Powodują zwiększenie retencji gruntowej. Przeciwdziałają trwałemu obniżaniu się wody w przyległym terenie.

Jazy są to piętrzące budowle hydrotechniczne które, pod względem możliwości regulowania przepływu przez budowle i regulowania poziomu zwierciadeł wody, można podzielić na: stałe (bez zamknięć) lub ruchome (z zamknięciami). Zamknięcia jazów ruchomych mogą być różnego typu: zasuw, klapy, zamknięcia klapowe typu dachowego, powłoki, kozły, itd. Konstrukcja jazów stałych niewiele różni się od konstrukcji stopni lub progów (opisanych w kolejnym podpunkcie). Stosowane są m.in. w celu utrzymania zwierciadła wody na poziomie zapewniającym funkcjonowanie urządzeń wodnych. Chronią dno cieku przed erozją. Przeciwdziałają trwałemu obniżaniu się wody w terenie.

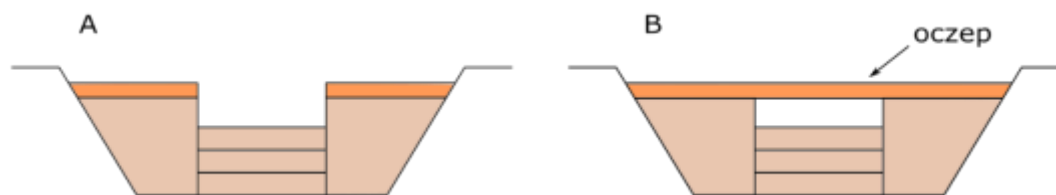
Przy projektowaniu zarówno zastawek, jak i jazów należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku. Te rozwiązania powinny być stosowane jedynie na rowach i ciekach prowadzących wodę okresowo. Na ciekach stale prowadzących wodę w Projekcie „*nizinnym*” (MRN3) budowle piętrzące powinny być zaopatrzone w przepławki. Przy projektowaniu przepławek można się posłużyć opracowaniem „*Przepławki dla ryb –projektowanie, wymiary i monitoring*” pod redakcją dr Przemysława Nawrockiego [2016]. W Projekcie „*górskim*” (MRG3) realizacja przetamowań na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę jest niedopuszczalna.

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

Zastawki i jazy wymagają 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.

W budowie tych prostych urządzeń popełnianych bywa wiele błędów. Spotyka się dość wysokie konstrukcje tego typu na znacznych rozmiarów rowach i kanałach, właściwie mając już do czynienia z drewnianym jazem (zastawkowym), gdzie napór wody podczas wezbrań potrafi zniszczyć konstrukcję. Podobnie, na skutek błędnego doboru umocnień występuje często erozja dna i skarp poniżej zastawki wywoływana przez wodę przelewającą się przez urządzenie.

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



Rysunek 22. Zastawka bez wzmocnienia (A) i z oczepem spinającym (B) - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.

Takie wzmocnienie oczepem będzie m.in. ograniczać wyginanie się zastawki, jak na zdjęciu poniżej.

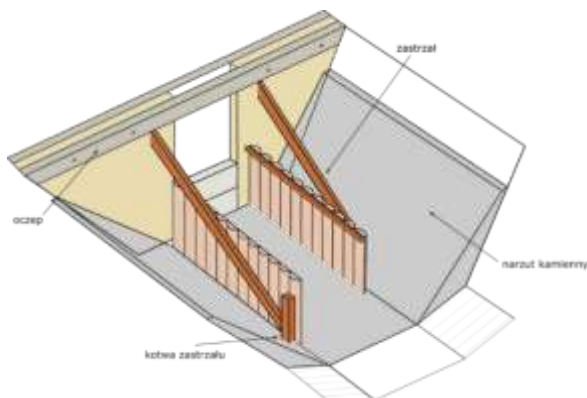


Fotografia 32. Nawet małe zastawki ulegają naporowi wody jeśli pozbawione są wzmocnień zastrzałem, oczepem i podparciem od dołu umocnieniem, fot. Z. Filipek (archiwum CKPŚ).

W przypadku budowy zastawek na torfach, warto zwrócić uwagę na konieczność wbijania ścianki szczelnej na znaczną głębokość, gdyż zarówno odpływ, jak i 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 lub słaboprzepuszczalnych.

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.

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



Rysunek 23. Przykłady umocnień zastawki - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.



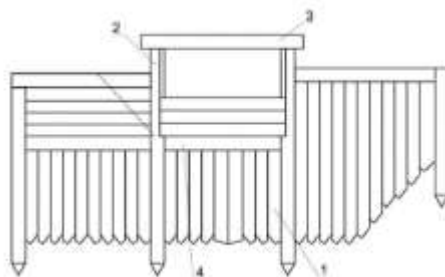
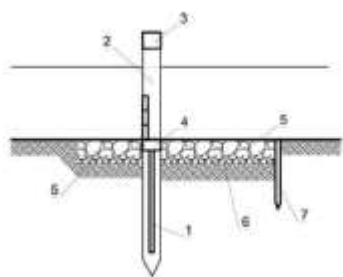
Fotografia 33. Wzmocnienia wykorzystane przy budowie zastawki w Nadleśnictwie Oława, fot. K. Jata, 2023.

Poniżej przytoczono przykłady innych rozwiązań, spotykanych w literaturze.

Zastawka drewniana wg Żbikowskiego [1969]

Opis zalecanych rozwiązań

Konstrukcje z drewnianej ścianki szczelnej. Pale środkowe połączone oczępem, przy większych piętrzeniach podparte zastawkami. Próg z kaptura połączonego na wpust ze ścianką szczelną. Stanowisko górne i dolne umocnione narzutem kamiennym na materacu faszynowym lub geowłókninie zakończone palisadą.



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

Rysunek 24. Zastawka stosowana do małych piętrzeń [Biedroń 2018, na podstawie Żbikowski 1969].

Uwagi

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

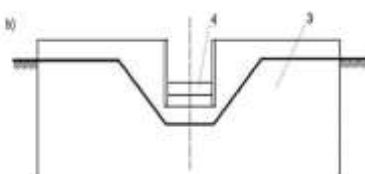
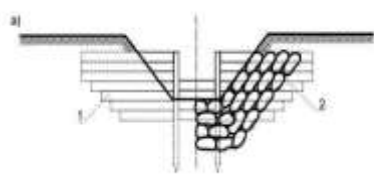
Efekty w środowisku

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

Zastawki z różnych materiałów wg Mioduszewskiego [2003]

Opis zalecanych rozwiązań

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



- 1 - bale drewniane
- 2 - worki wypełnione piaskiem lub piaskiem wymieszany z torfem
- 3 - płyta metalowa
- 4 - zamknięcie szandorowe

Rysunek 25. Zastawki z bali drewnianych (a) i z płyty metalowej (b) [Biedroń 2018, na podstawie Mioduszewski 2003].

Przykłady realizacji



Fotografia 34. i Fotografia 35. Zastawki drewniane w Nadleśnictwie Celestynów, fot. J. Smarczewski, 2021.

Uwagi

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

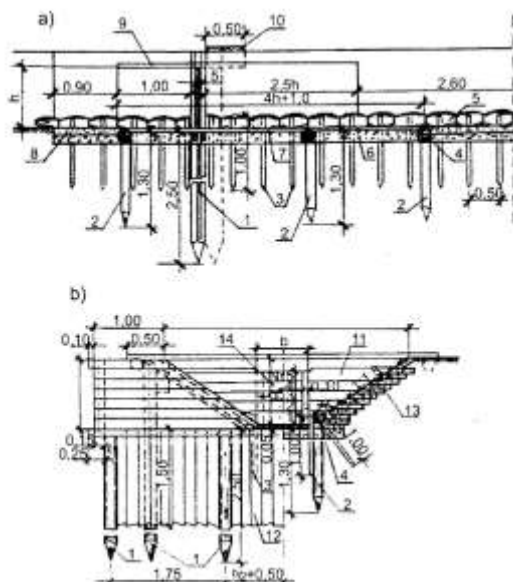
Efekty w środowisku

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

Zastawka drewniana wg Jędryka [2006]

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 0,4-1,0 m. Podnóże skarpy umacnia się opaską faszynową, natomiast pozostałą część darnią.



- 1 - ścianka szczelna
- 2 - pal podporowy
- 3 - szpilka
- 4 - okraglak
- 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

Rysunek 26. Zastawka drewniana stosowana na torfach a) przekrój podłużny, b) przekrój poprzeczny [Jędryka 2006].

Uwagi

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

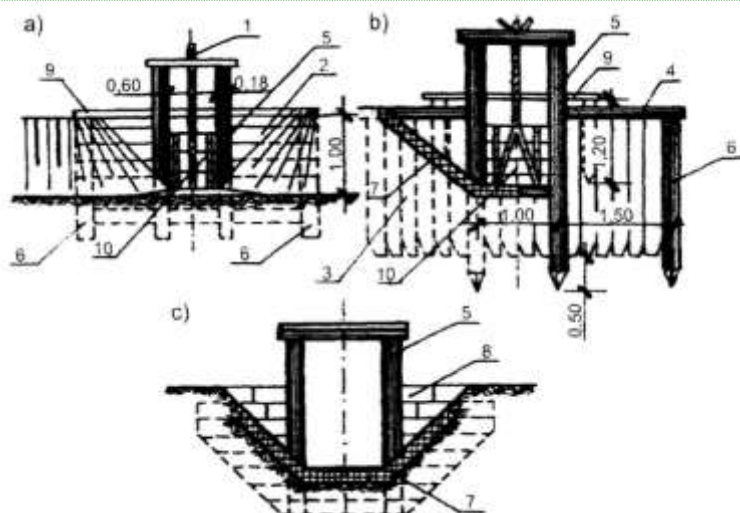
Efekty w środowisku

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

Jazy drewniane zastawkowe wg Żbikowskiego [1961]

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 kanałach możliwość zastosowania kilku przęseł z ruchomymi zamknięciami (patrz także – Zastawki).



- 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

Rysunek 27. Jazy zastawkowe stosowane na małych ciekach a) z bali poziomych, b) z bali pionowych, c) ze ścianki kamiennej [Żbikowski 1961].

Przykłady realizacji



Fotografia 36. Jaz zastawkowy z kilkoma przęslami i szandorami w Nadleśnictwie Sieraków, fot. J. Smarczewski, 2023.

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,6 m, szerokość dna koryta < 1 m (wyjątek jaz zastawkowy z kilkoma przęslami), stosowane do małych piętrzeń.

Efekty w środowisku

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

- Progi, stopnie i gurty

Próg jest to poprzeczna budowla w korycie cieku/rowu, obejmująca całą jego szerokość. Korona progu pokrywa się, zazwyczaj, ze średnim poziomem dna albo

nieznacznie wznosi się ponad dno, jednak nie wyżej niż 0,5 m. W przypadku gdy korona progu pokrywa się z dnem, wtedy taki próg nazywa się gurtem.

Próg (za wyjątkiem gurtu) jest budowlą piętrzącą. Jego konstrukcja powinna umożliwiać koncentrację niskich przepływów dla zapewnienia wyraźnego nurtu przez budowlę, np. w progu powinien być wykształcony przelew na te przepływy. Przy progach wymagane jest ubezpieczenie brzegów, jego brak może doprowadzić do rozmycia skarp przy progu. Przestrzeń, znajdująca się ponad dnem, a przed progiem, z czasem ulega zamuleniu rumowiskiem do wysokości korony progu. Zazwyczaj budowle te są grupowane w kaskadę albo w system piętrzeń (wraz z zastawkami) na sieci rowów. Rozstaw progów wynika z przyjętej ich wysokości oraz wartości spadku podłużnego, a co za tym idzie zasięgu cofki.

Progi stosowane są m.in. w celu przeciwdziałaniu trwałemu obniżaniu się poziomu wody w terenie, uzyskania retencji korytowej, renaturyzacji obszarów mokradłowych, zaś gurdy w celu utrwalenia dna cieku lub rowu. Przyjmuje się, że zabudowę progami można stosować na ciekach o spadkach mniejszych od 25‰ ponieważ, w przypadku większych spadków, następuje silne rozmywanie dna cieku, zagrażające trwałości budowli. Zagrożenie to występuje, w sytuacji, gdy dno cieku nie jest wystarczająco odporne na rozmycie. Maksymalne różnice wysokości zwierciadła wody w stanowisku górnym i dolnym progu nie powinny przekraczać: 0,25 – 0,30 m górach, 0,10 - 0,20 m na nizinach, aby umożliwić swobodne przemieszczanie się organizmów wzdłuż biegu cieku. Na terenach nizinnych progi niespełniające przedstawionego warunku wymagają zastosowania dodatkowych rozwiązań umożliwiających migrację ryb i innych organizmów wodnych (np. bystrza na części lub całości szerokości koryta). Na terenach górskich brak jest możliwości realizowania w Projekcie tego typu barier.

Stopień jest to budowla, stanowiąca obudowę dna w miejscu jego uskoku. Jego cechą charakterystyczną jest zawsze różnica rzędnych dna poniżej i powyżej budowli. Służą do zmniejszenia zbyt dużego spadku podłużnego cieku/rowu oraz stabilizacji dna.

Stopnie dopuszcza się do stosowania tylko w przypadku rowów odwadniających lub na okresowych ciekach naturalnych.

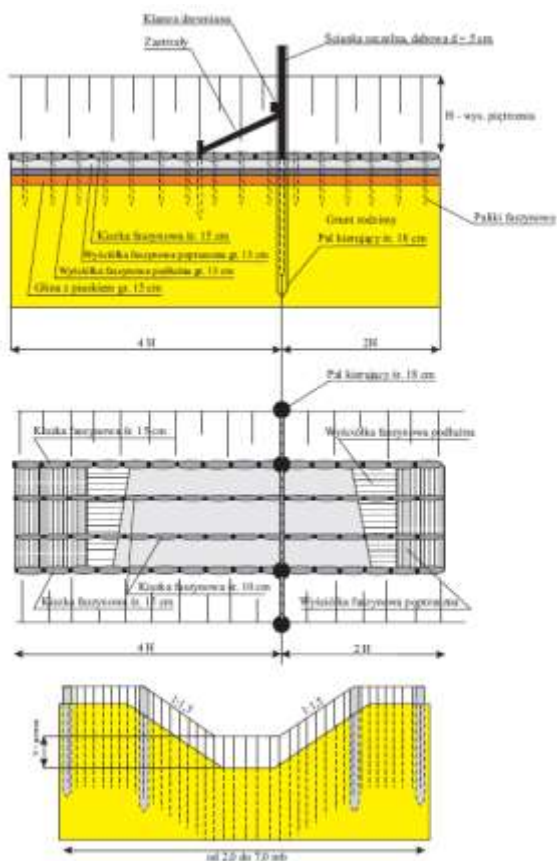
Wszelkie zabiegi renaturyzacyjne dotyczące obszarów mokradłowych charakteryzują się oddziaływaniem na rozległy teren. Muszą to być zatem rozwiązania kompleksowe, umiejętnie kształtujące stosunki wodne za pomocą dobrze dobranych punktowo elementów. W celu podniesienia poziomu wód należy stosować różnego rodzaju przetamowania (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 przetamowań.

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. Wynika to również z faktu, że nie ma konieczności regulowania poziomu wody. 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, 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.

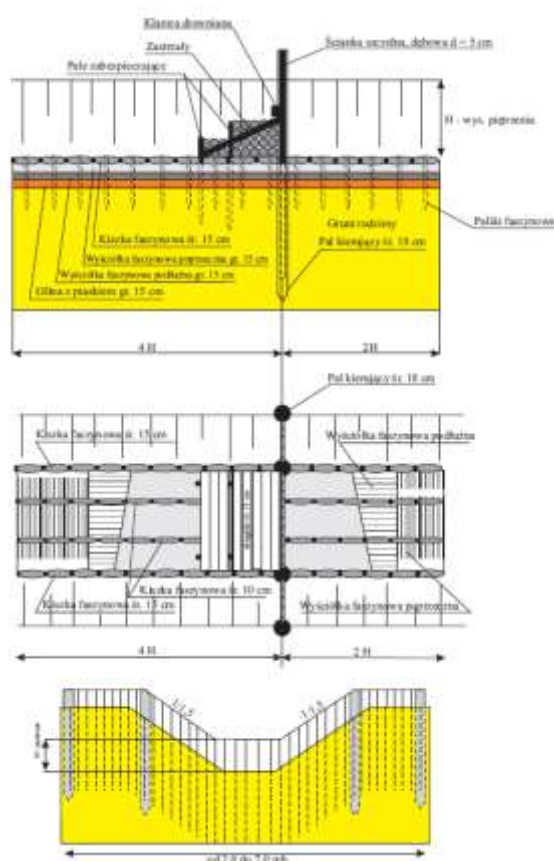


Fotografia 37. Widoczna erozja dna i skarp prowadząca do osłabienia konstrukcji oraz wygięcie progu pod naporem wody, (archiwum CKPŚ.)

Konstrukcje, podobnie jak w przypadku zastawek, może wzmocnić oczep i zastarzały (koniecznie oparte o pionowy palik). Jednak podstawowym elementem wzmocnienia stateczności konstrukcji progu jest solidne podparcie go od strony wody dolnej. Tego typu rozwiązania ilustrują poniższe schematy.



Rysunek 28. Prosta przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej jedynie zastrzałami [Pawlaczyk i in. 2005].



Rysunek 29. Przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej zastrzałami oraz dodatkowymi palami i okrągłakami [Pawlaczyk i in. 2005].

Poniżej na zdjęciu wskazano inne rozwiązanie oparte na jednej, solidnie ubezpieczonej ścianie szczelnej. Ścianka szczelna ubezpieczona jest narzutem kamiennym i palisadą utrzymującą całą konstrukcję wypełnioną w środku ziemią, zarówno od strony wody dolnej jak i górnej.



Fotografia 38. Dobrze ubezpieczony próg z pojedynczej ścianki szczelnej, fot. Z. Filipek (archiwum CKPŚ).

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.



Fotografia 39. Piętrzenie stałe – ścianka szczelna podparta bystrzem w Nadleśnictwie Maskulińskie, 2015 (archiwum CKPŚ).

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

W przypadku konieczności całkowitej likwidacji rowu wskazane jest odcinkowe jego zasypywanie (jako najskuteczniejsza metoda) zamiast stosowania progów na równi z poziomem gruntu przyległego. Tworzą się w ten sposób bezodpływowe zbiorniki, rezerwuary wody. 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 progów będzie mogła z czasem ulec rozkładowi.



Fotografia 40. Zarastający rów odwadniający dzięki zastosowaniu przetamowań ziemno-drewnianych w Nadleśnictwie Szklarska Poręba, 2015 (archiwum CKPŚ)



Fotografia 41. Próg drewniany na rowie odprowadzającym wodę z torfowisk po zboczu oraz rumosz drzewny wrzucany do rowu celem przyspieszenia zarostu w Nadleśnictwie Świeradów, 2010 (archiwum CKPŚ).

Konstrukcje progowe na rowach mogą także utrzymywać dno na projektowanej wysokości, mogą je także podnosić. Wówczas rzędna progów nie musi być wyższa od średniego poziomu wody przed budową (sytuacja ta pokazana jest na rycinie: Próg ze ścianki szczelnej). Mają one wówczas działanie przeciwozyjne oraz przeciwdziałające trwałemu obniżeniu się poziomu wód gruntowych na przyległym terenie. Dno rowu ulega zamuleniu na górnym stanowisku progów tworząc z czasem konstrukcję przypominającą stopień.

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 gurtę 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.

W Projektach niedopuszczalna jest budowa kaskad stopni oraz umocnień dna na wylocie budowli z bali drewnianych układanych w jednej płaszczyźnie w sposób podłużny lub poprzeczny do koryta. Rozwiązanie to 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, uniemożliwia tworzenie się w dnach basenów z wodą, gdzie ryby pokonujące kaskadę mogą odpocząć i wybić się przed kolejnym skokiem.

W przypadku niskich progów i stopni, również należy zwrócić uwagę na procesy i zmiany w dnie zachodzące u ich podstawy. Aby umożliwić rozpraszanie energii płynącej wody, u podnóża progów muszą być zlokalizowane umocnione zagłębienia w dnie. 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. Progi należy także wyposażać w przelewy na małą wodę.

Poniżej wskazano przykłady innych rozwiązań występujących w literaturze:

Próg drewniany z przelewem stosowana w projektach Klubu Przyrodników [Pawlaczyk i in. 2005]

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 30. Prosty próg z pionowych desek z frezem [Pawlaczyk i in. 2005].

Przykład realizacji



Fotografia 42. Prosta przegroda drewniana w Nadleśnictwie Różańsko, 2015 (archiwum CKPŚ).

Uwagi

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

Efekty w środowisku

Piętrzenie wody na 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 stosowana w projektach Klubu Przyrodników [Jermaczek i in. 2009]

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 31. Prostý próg z pionowych desek z frezem wzmocniony poprzecznie zamocowanymi balami
[Jermaczek i in. 2009].

Uwagi

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

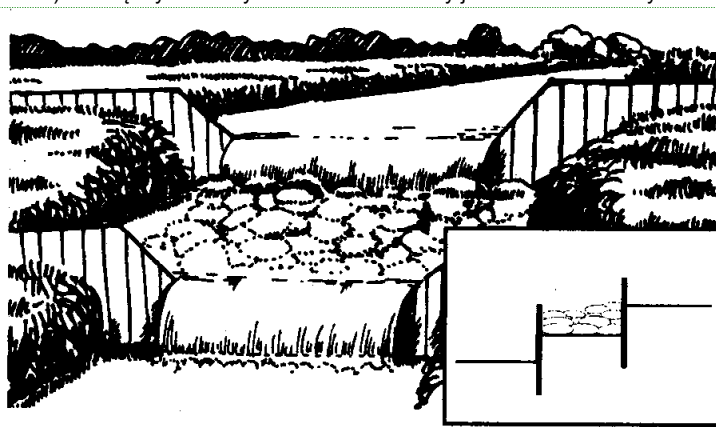
Efekty w środowisku

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 stosowana w projektach Klubu Przyrodników [Pawlaczyk 2005], [Jermaczek i in. 2009], [Makles i in. 2014]

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 32. Podwójny próg z pionowych desek z narzutem kamiennym
[Pawlaczyk 2005], [Jermaczek i in. 2009], [Makles i in. 2014].

Uwagi

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

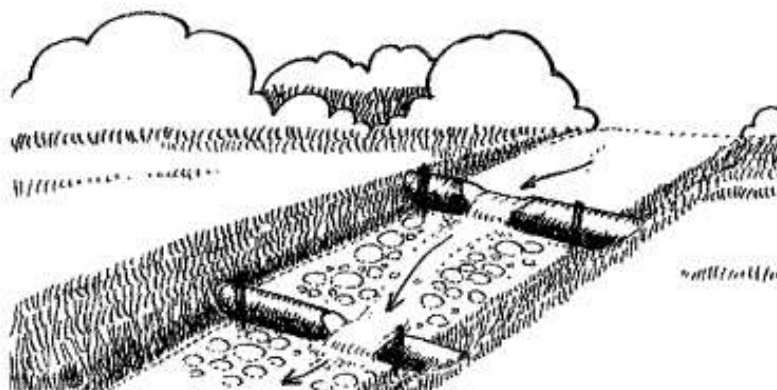
Efekty w środowisku

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 z przelewem na małą wodę stosowany w projektach Klubu Przyrodników [Jermaczek i in. 2009]

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 33. Podwójny próg z belek z wyciętym przelewem i narzutem kamiennym [Jermaczek i in. 2009].

Przykład realizacji



Fotografia 43. Próg drewniany z przelewem z okrągłaków, fot. I. Biedroń [Biedroń 2018].

Uwagi

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

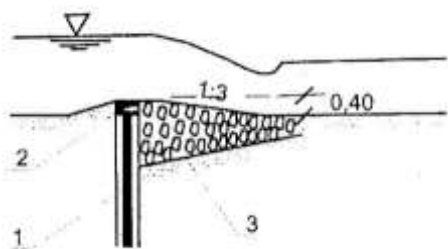
Efekty w środowisku

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

Próg ze ścianki szczelnej wg Dębski [1971]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rysunek 34. Próg ze ścianki szczelnej [Dębski 1971].

Przykład realizacji



Fotografia 44. Próg ze ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Polanów, Fot. J. Smarczewski 2021.

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2 m, szerokość dna dowolna.

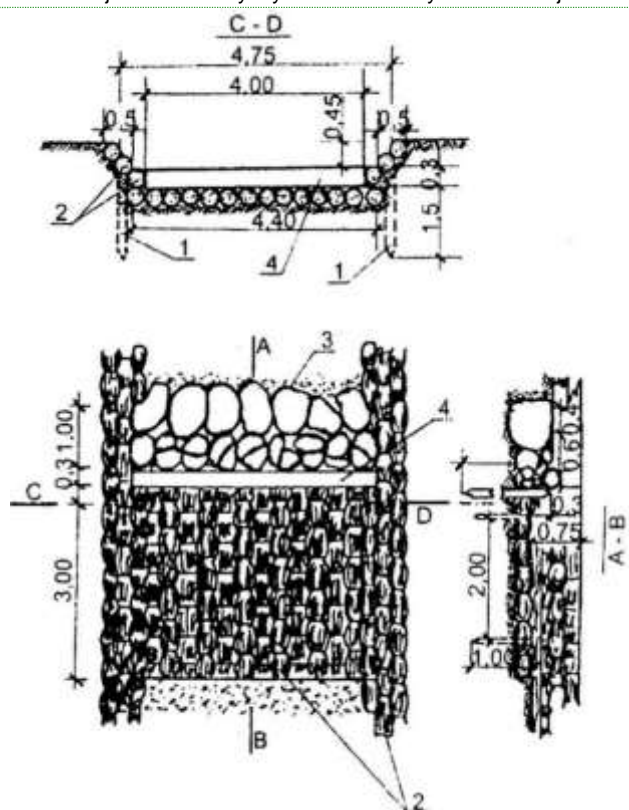
Efekty w środowisku

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

Próg drewniano – faszynowy wg Dębski [1971]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rysunek 35. Próg drewniano-faszynowy wys. 0,3 m, szer. 4,0 m [Dębski 1971].

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2 m, szerokość dna dowolna.

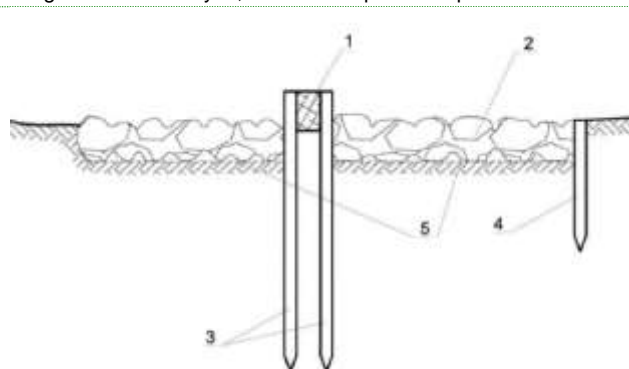
Efekty w środowisku

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 wg Jędryka [2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rysunek 36. Próg drewniany z wypadem kamiennym [Biedroń 2018 na podstawie Jędryka 2006].

Przykłady zbliżonych realizacji



Fotografia 45. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Okonek, fot. J. Smarczewski, 2023.



Fotografia 46. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Polanów, fot. J. Smarczewski, 2021.

Uwagi

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

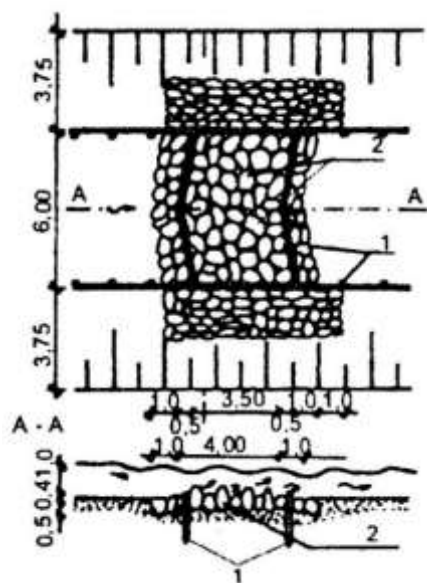
Efekty w środowisku

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

Próg kamienny wg Ślizowski [1990]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rysunek 37. Próg kamienny [Ślizowski 1990].

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2 m, szerokość dna dowolna.

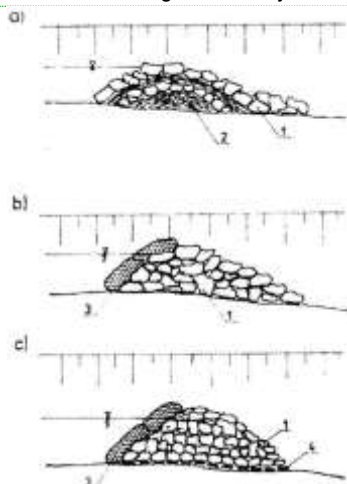
Efekty w środowisku

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

Progi kamienne wg Mioduszeńskiego [2003]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

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

Rysunek 38. Przykłady progów z kamienia [Mioduszeński 2003].

Uwagi

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

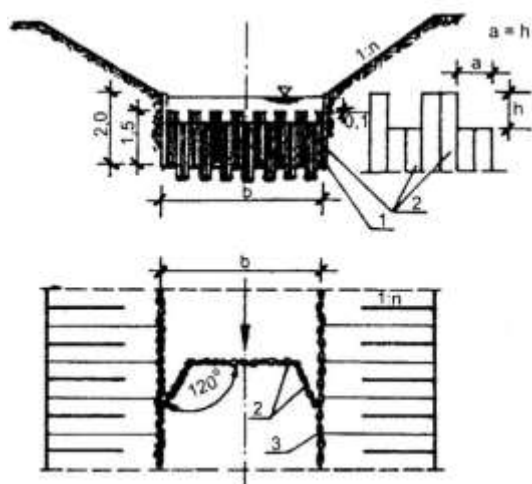
Efekty w środowisku

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

Palisady drewniane wg Jędryka [2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rysunek 39. Palisada w „ząbki” [Jędryka 2006].

Uwagi

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

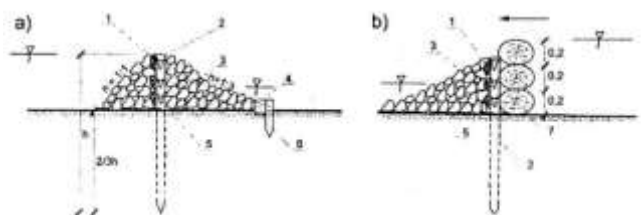
Efekty w środowisku

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

Palisady drewniane wg Jędryka [2006]

Opis zalecanych rozwiązań

Progi wykonywane są z drewna, faszyny i kamienia.



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

Rysunek 40. Progi o konstrukcji mieszanej [Jędryka 2006].

Uwagi

Trwalsze od konstrukcji drewnianych.

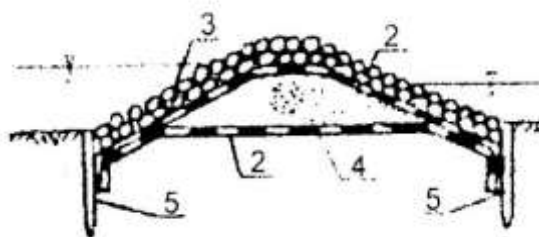
Efekty w środowisku

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

Próg kamienny wg Jędryka [2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rysunek 41. Próg z piasku, żwiru lub otoczków umocnionych narzutem kamiennym na włókninie [Jędryka 2006].

Uwagi

Maksymalne piętrzenie < 1,5 m, szerokość dna dowolna

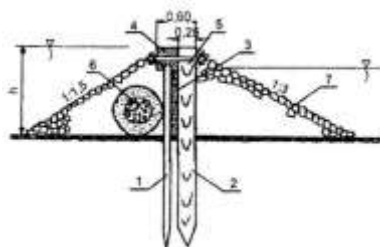
Efekty w środowisku

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

Próg z walców faszynowo – kamiennych wg Wołoszyn [1974]

Opis zalecanych rozwiązań

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



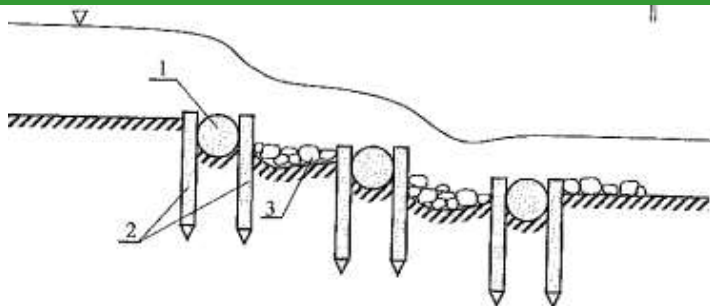
- 1 - ścianka szczelna
- 2 - pal
- 3 - belka drewniana
- 4 - oczep ścianki szczelnej
- 5 - śruba łącząca
- 6 - walec faszynowo - kamienny lub z włókna i piasku
- 7 - narzut kamienny

Rysunek 42. Próg z walców faszynowych i narzutu kamiennego [Wołoszyn 1974].

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 wg Żelazo i Popek [2014]

Opis zalecanych rozwiązań



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

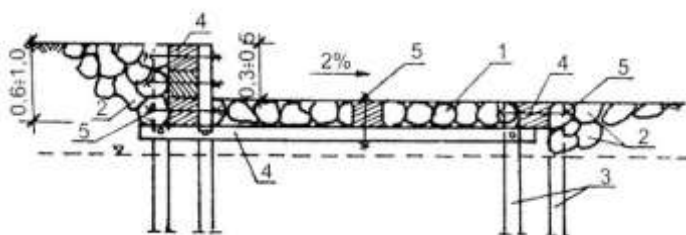
Rysunek 43. Kaskada niskich progów drewnianych lub drewniano-faszynowych stabilizujących profil podłużny dna [Żelazo i Popek 2014].

Uwagi
Maksymalne piętrzenie 1,5-2,0 m, szerokość dna cieku dowolna.
Efekty w środowisku
Przy projektowaniu progów/stopni należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku i transportu rumowiska (możliwość powstania zjawiska erozji poniżej budowli).

Próg o konstrukcji drewniano-kamiennej z umocnionym wypadem wg Wołoszyn i in. [1994]

Opis zalecanych rozwiązań

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



- 1 - kamień klinowany
- 2 - narzut kamienny
- 3 - pal drewniany śr. 15-18 cm, dł. 3-4 m
- 4 - belki drewniane (poziome 18x20 cm i prostopadłe do nich 20x30 cm)
- 5 - śruba

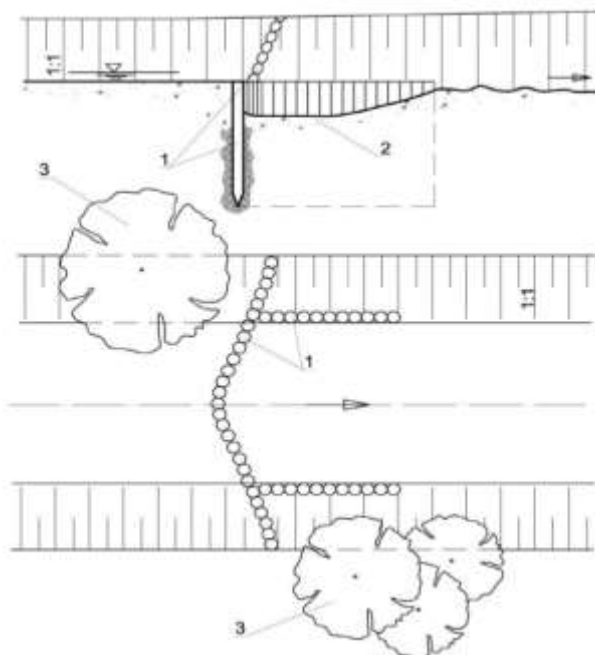
Rysunek 44. Próg drewniano - kamienny [Wołoszyn 1994].

Uwagi
Trwałość większa niż budowli drewnianej. Nie należy tego typu stopni budować na naturalnych ciekach, rowach którymi mogą migrować ryby. Dopuszczalne tylko na rowach, w których brak jest migracji ryb.
Efekty w środowisku
Przy projektowaniu tego typu stopnia należy uwzględnić ryzyko środowiskowe związane z przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku.

Stopień z palisad drewnianych z niecką wypadową wg Jędryka [2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rysunek 45. Stopień z palisad drewnianych [Biedroń 2018 na podstawie Jędryka 2006].

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2 m, szerokość dna < 10 m, optymalnie 4-5 m. Ze względu na słabą konstrukcję zalecane do stosowania na małych rowach przede wszystkim 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.

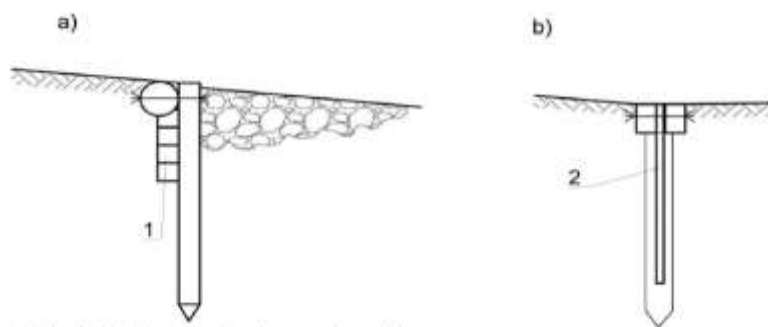
Efekty w środowisku

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.

Gurty wg Wołoszyn i in.[1994]

Opis zalecanych rozwiązań

Budowle poprzeczne obejmujące całą szerokość cieku/rowu o koronie pokrywającej się z poziomem średniego dna (niewznoszące 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 przeciwerozyjne poszuru (miejsca poniżej gurtu) kamieniami (tak jak na rycinie a)



- a) gurt z jednego lub dwóch okrągłaków o średnicy 0,2-0,3 m i ścianki szczelnej zakładanej (1) z brusów wspartych na palach średnicy 0,2-0,25 m
- b) gurt ze ścianki szczelnej pojedynczej (2) wbitej na głębokość 1,5-2 m, między palami z kantówki od 0,15x0,15 m do 0,2-0,2 m

Rysunek 46. Gurty [Biedroń 2018 na podstawie Wołoszyn i in 1994].

Przykłady realizacji	
	
<i>Fotografia 47. Gurt z palisady osadzonej na równo z dnem (archiwum CKPŚ).</i>	<i>Fotografia 48. Gurt ubezpieczający próg – gurt zabezpieczony narzutem kamiennym. – rozwiązanie podobne do rys na rycinie a (archiwum CKPŚ).</i>
Inne rozwiązania: Gurt z okrągłaków średnicy 8-12 cm (15 cm dla cieków/rowów powyżej 1 m szer. w dnie), długości trzykrotnej szerokości cieku/rowu. Dla małych cieków można stosować deski i wiązki faszynowe. Dno umocnione faszyną, brzegi ubezpieczone przez płotkowanie lub darniowanie.	
Uwagi	
Wysokość przelewu równa z dnem, szerokość dna 0,5 - 1,5 m. Konstrukcje nośne gurtów powinny być zakotwione w brzegach na minimum 0,5 m. W Projektach gurtów nie można stosować jako samodzielnych obiektów tylko jako umocnienie innych budowli, tj. progów, bystrza.	
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.	

Przetamowanie 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.	
	
<i>Fotografia 49. Przetamowanie ziemne, fot. M. Goździk (archiwum CKPŚ).</i>	<i>Fotografia 50. Przetamowanie ziemno-kamienne z wykorzystaniem ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Szczytno (archiwum CKPŚ).</i>
Uwagi	
Wysokość piętrzenia 0,2-0,3 m, ze ścianką szczelną do 1,0 m (fotografia z prawej). Zastosowanie na rowach w celu spiętrzenia i ograniczenia odpływu wody. Całkowite zasypanie rowu na pewnym odcinku tworzy liniowe bezodpływowe zbiorniki.	
Efekty w środowisku	
Blokowanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi. Inicjowanie zarastania i zamulania się rowów.	

Przykłady efektów po zastosowaniu prostych urządzeń piętrzących:



Fotografia 51. Efekt po wykonaniu zastawki, element dużo większego przedsięwzięcia realizowanego pod nazwą „Rów Oleśnicki” w Nadleśnictwie Oława, fot. K. Jata, 2023.



Fotografia 52. Efekt realizacji kompleksu przetamowań w Nadleśnictwie Okonek, fot. J. Smarczewski, 2023.

b) Zatykanie odpływów i drenaży

Celem dawnych melioracji odwadniających, którym chcemy przeciwdziałać, było obniżenie trwałe lub okresowe poziomu wody w glebie. Odwodnienia melioracyjne w lasach przeprowadzane były głównie za pomocą rowów otwartych, rzadziej - systemu drenaży. Istnieje jednak wiele przypadków zagospodarowania leśnego gruntów porolnych. 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 sączonek lub zbieracz. Są to elementy świadczące o tym, że na danym terenie jest cała sieć rurociągów prowadząca 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 uproduktywnienia terenów podmokłych. Zazwyczaj chodziło o uproduktywnienie rolnicze, więc siecią drenarską były objęte łąki, mokradła, tereny otwarte. Rzadko kiedy sieć drenarska występuje w zwartych kompleksach leśnych, ale są i takie przypadki, np. wówczas, gdy dawniej odwodnione łąki leśne uległy samoczynnej sukcesji.

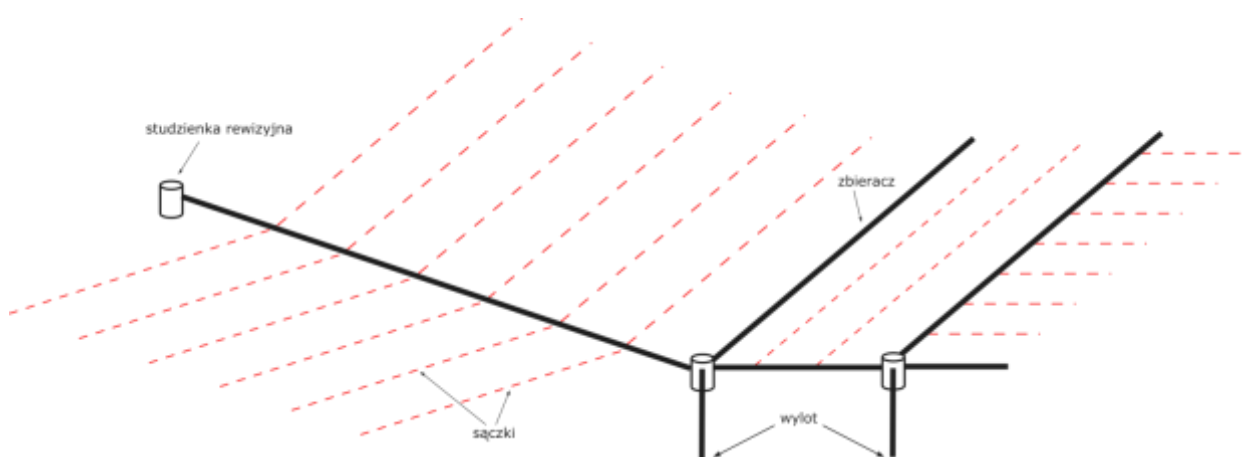
Sieci drenarskie występują zarówno na terenach nizinnych, pogórzu i terenach typowo górskich na zboczach.



Fotografia 53. i Fotografia 54. Przypadkowo odkryty betonowy zbieracz sieci drenarskiej pod drogą na zdrenowanym w okresie przedwojennym zboczu, obecnie miejscowo porośniętym torfowcem (dawne uproduktywnienia terenu) w Nadleśnictwie Wałbrzych (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 (najczęściej szczelnego rurociągu), czyli większego rurociągu zgodnie ze spadkiem terenu. Tworzą sieć rozgałęzień zazwyczaj o równoległym przebiegu i równomiernych odległościach co kilka lub kilkanaście metrów (rozstawa). Ze zbieracza woda rurociągiem o większej średnicy odprowadzana jest do rowu, cieku lub zbiornika.



Rysunek 47. Przykładowy schemat sieci drenarskiej - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.

Całą sieć układa się poniżej poziomu zamarzania gruntu. 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.

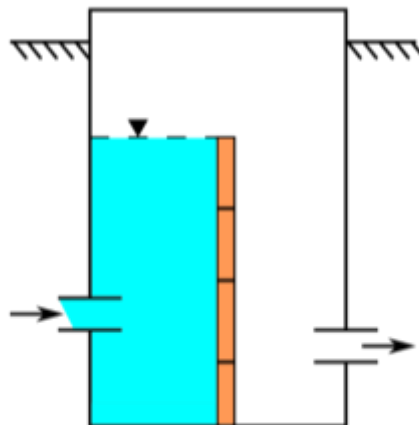
Sączki drenarskie spełniają bezpośrednią funkcję odbierania wody z gleby. W starych rozwiązaniach składają się one z rurek drenarskich z wypalanej gliny, o średnicy kilku centymetrów i długości 33 cm (zdjęcia powyżej). Co bardzo istotne taki rurociąg zbiera wodę na całej swojej długości, a nie tylko na końcu. Rurki ceramiczne ułożone są na równym dnie wąskiego rowka drenarskiego czołowo i bardzo ściśle, tak aby szczeliny między nimi nie przekraczały 1,5mm. 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. Na dawnych gruntach ornych głębokość sieci drenów wynosi zazwyczaj 0,8–1,2 m. Aby system działał, wyloty zbieraczy muszą wystawać ponad wodą przepływającą w rowie, aby nie uległy one zamuleniu.

W związku z powyższym, wybór metody 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.

By nie rozkopywać zbyt dużych połaci terenu, można posłużyć się metodą szpilowania terenu sondą, czyli około 2 m prętem średnicy 1 cm.

Gdy już wiadomo, jak rozległa, gęsta i zlokalizowana jest sieć drenarska, 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.

W przypadkach, gdy podniesienie poziomu wody na odprowadzeniu nie jest możliwe (np. ze względu na zbyt duże spadki terenu) można zastosować na zbieraczach studnię z szandorami (której zasada działania jest analogiczna do studni w groblach zbiorników) i w ten sposób uzyskać piętrzenie odcinające całkowicie lub częściowo działanie instalacji. Można w tym celu wykorzystać studnie już istniejące. W ten sposób można uniknąć ingerowania w rów/ciek. Schemat takiego rozwiązania przedstawia rysunek poniżej.



Rysunek 48. Studnia piętrząca 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, w szczególności w przypadku starych sieci, woda prawdopodobnie znajdzie ujście na zbieraczu.

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 się wsypywać grunt nieprzepuszczalny. 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 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 włókninę. Zasada jego likwidacji jest analogiczna – wykopanie z kierunków od ujścia i zastępowanie materiałem nieprzepuszczalnym.

c) Zasypywanie rowów melioracyjnych

Zasypywanie rowów melioracyjnych stosuje się w przypadku, gdy nie spełniają one właściwie swojej funkcji. Z reguły są to sytuacje w których nie ma już potrzeby odwodnienia ekosystemów wodno-błotnych, leśnych siedlisk bagiennych oraz siedlisk wilgotnych, ze względu trwałe zmiany warunków wodnych obszaru lub zmianę kierunku potrzeb. 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-błotnych często okazuje się być najskuteczniejszą metodą likwidacji lub ograniczenia odpływów wody. 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 ziemi (zalecany jest materiał rodzimy) pojawiają się dopiero po zamrożeniu gruntu. **Uwaga – ziemia używana do zasypywania rowów lub budowy przetamowań ziemnych nie może stanowić nośnika gatunków roślin niedostosowanych do tego siedliska lub inwazyjnych.**



Fotografia 55. Sukcesja roślinna na zabliźniającym się rowie i rozpadające się przetamowanie – skutecznie spełniło swoją rolę – Nadleśnictwo Szklarska Poręba (archiwum CKPŚ).



Fotografia 56. Efekty odcinkowego zasypywania rowów podnoszące poziom wody na mokradłach – Nadleśnictwo Świeradów, 2015 (archiwum CKPŚ).

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



Fotografia 57. i Fotografia 58. Sukcesywnie zasypywany rumoszem drzewnym i zarastający row odwadniający – Nadleśnictwo Szklarska Poręba, fot. R. Bartosz (archiwum CKPŚ).


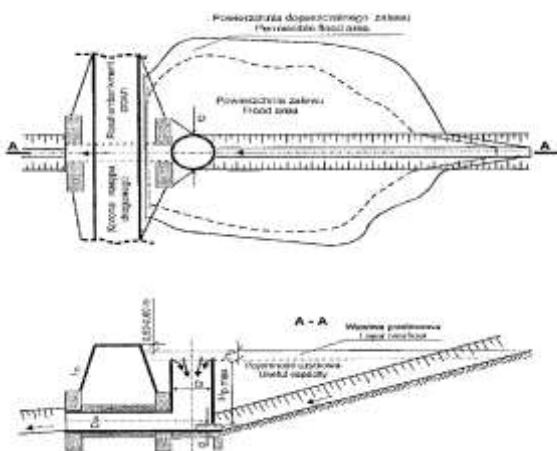
Uwagi

Stosowane do likwidacji rowów, które w szkodliwy sposób oddziałują ekosystemy wodno-błotne 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	
<p>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).</p>	
	
<p><i>Fotografia 59. i Fotografia 60. Opóźniacze odpływu na rowach w Nadleśnictwie Ruszów, fot. R. Majewicz.</i></p>	
<p>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 o połączeniu prostokątnym lub rowy wzdłuż dróg. Szczególnie te ostatnie tworzą na terenach nizinnych i górskich niewykorzystany potencjał retencyjny, który w ten sposób można łatwo zagospodarować</p>	
	
<p><i>Rysunek 49. Opóźniacz odpływu, rzut z góry i przekrój podłużny [J. Paluch 2005] (rys. udostępniony przez prof. Juliana Palucha, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu).</i></p>	
Efekty w środowisku	
<p>Magazynowanie wody w środowisku, zwiększanie retencji, przeciwdziałanie suszy, podniesienie wód gruntowych, gromadzenie wody z odwodnienia dróg. Zakazane jest ich stosowanie na ciekach naturalnych.</p>	

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 nowego rurociągu lub rowu, bądź ich odtworzenie**, może być wykonane tylko sporadycznie, jeśli jest to niezbędne i wymaga konsultacji z CKPŚ. Podobnie,

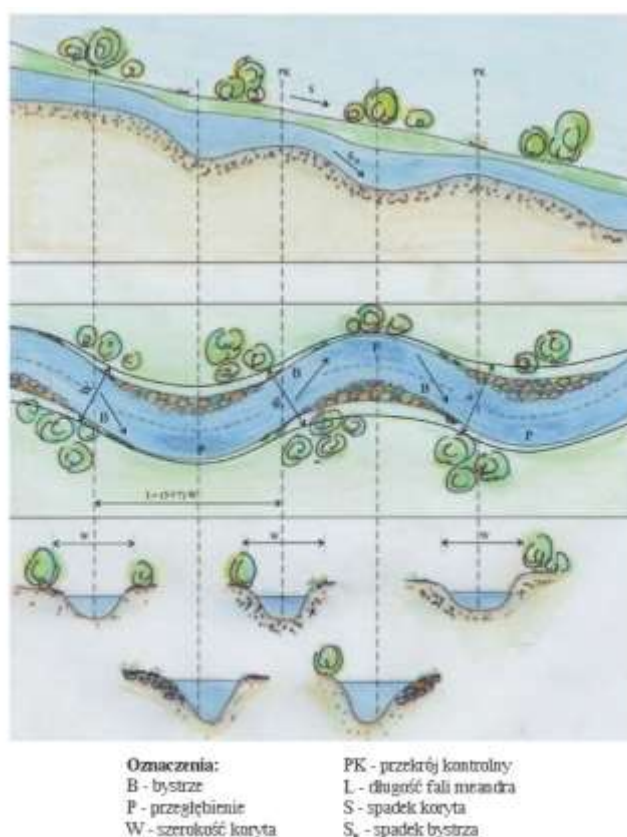
czyszczenie zarośniętych, zamulonych rowów lub ich pogłębienie, które mają doprowadzić wodę do mokradła.

Nie zawsze są to działania negatywnie wpływające na pobliski teren np. doprowadzenie nadmiaru wody ze zbiornika podczas wezbrań bezpośrednio do obszaru mokradłowego. Działania takie często są też uzasadnione nadrzędnym celem ochrony cennego przyrodniczo obszaru.

f) Meandryzacja cieków, unaturalnienie rowów oraz odtwarzanie terenów zalewowych

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

Bystrza (szypoty, przemiały) i przegłębienia (płosa) to naturalne formy występujące w korytach cieków naturalnych, które są 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.



Rysunek 50. Układ bystrze – przegłębienie (przemiał-płoso) w rzece o podłożu żwirowym [Bojarski i in. 2005].

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

- Meandryzacja, unaturalnienie koryt 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 przywracanie 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 do otworzenia meandrów używa się 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 wspaniale 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.

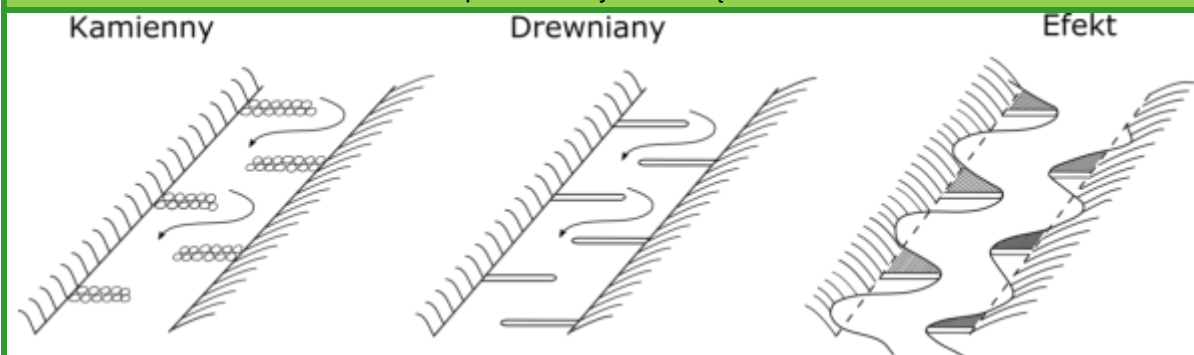
Na wyprostowanym cieku, poprzez montaż deflektora, przeciwne brzegi są dość szybko podbierane przez nurt i układ bystrze-przegłębienie odtwarza się samoczynnie, co oczywiście wymaga czasu.

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.

W przypadku rowu stale prowadzącego wodę i rezerwy terenu przyległego można przeprowadzić analogiczne prace jak przy ciekach. Ten efekt można uzyskać przez budowę zakoli lub/i montaż deflektorów (ostróg), poszerzenie, zróżnicowanie głębokości i przekroju poprzecznego koryta. W miejscach krzyżowania się rowów, teren można rozkopać tworząc małe zbiorniki. Nawet na rowach okresowo prowadzących wodę można wykonać takie prace, tworząc tzw. kałuże ekologiczne.

Deflektory nurtu, ostrogi drewniane i kamienne naprzemienne

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 51. Schemat naprzemianego rozmieszczania deflektorów/ostrog z materiałów naturalnych - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.

Przykłady realizacji



Fotografia 61. i Fotografia 62. Deflektory nurtu drewniano-kamienne w górskim terenie w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ).

Uwagi

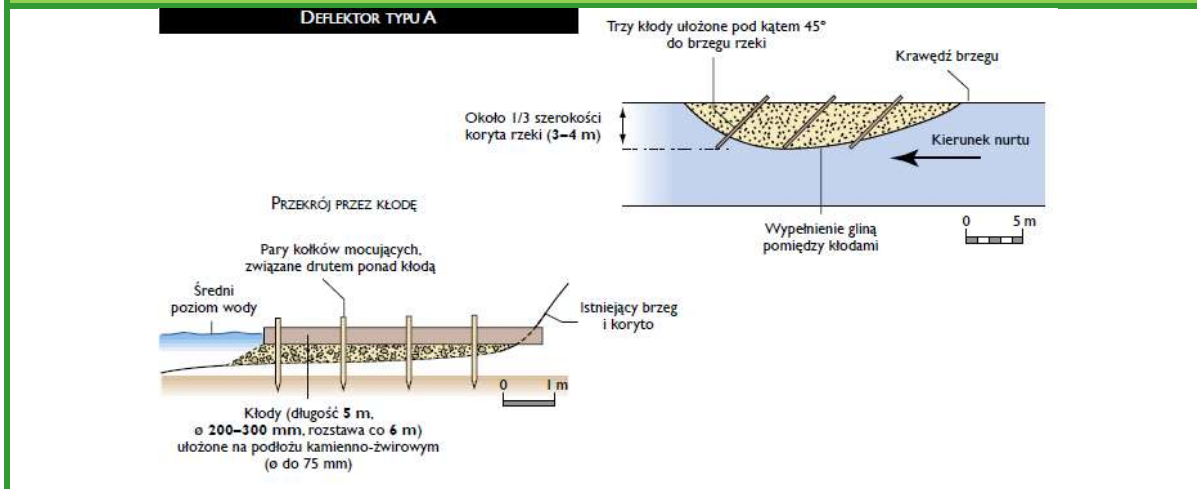
Ostrogi wykonane z drewna lub kamieni nie powinny nadmiernie koncentrować przepływu.

Efekty w środowisku

Spowolnienie odpływu, tworzenie ostoi dla organizmów wodnych.

Deflektor na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia, typu A [Krukowski 2006]

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 52. Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno – żwirowym na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].

Uwagi

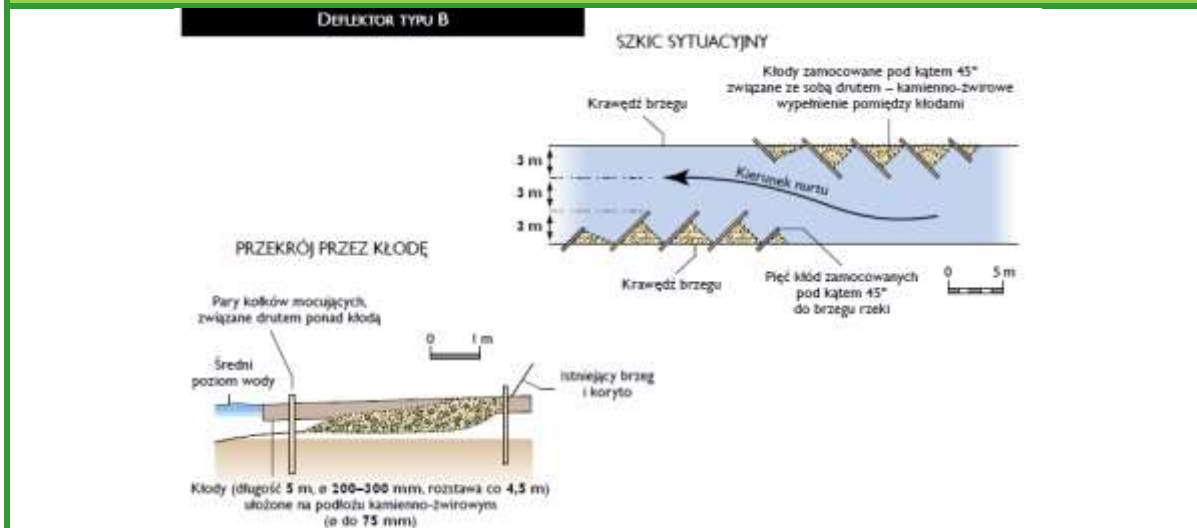
Ostrogi mogą być wykonane wyłącznie z kamienia lub samych kłód drewna.

Efekty w środowisku

Tworzenie nowych ostoi dla zwierząt, zmniejszenie prędkości przepływu i inicjowanie zmian w przekroju poprzecznym koryta.

Deflektor na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia, typu B [Krukowski 2006]

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 53. Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno – żwirowym usytuowane pod kątem ostrym do nurtu na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].

Uwagi

Ostrogi mogą być wykonane wyłącznie z kamienia lub samych kłód drewna.

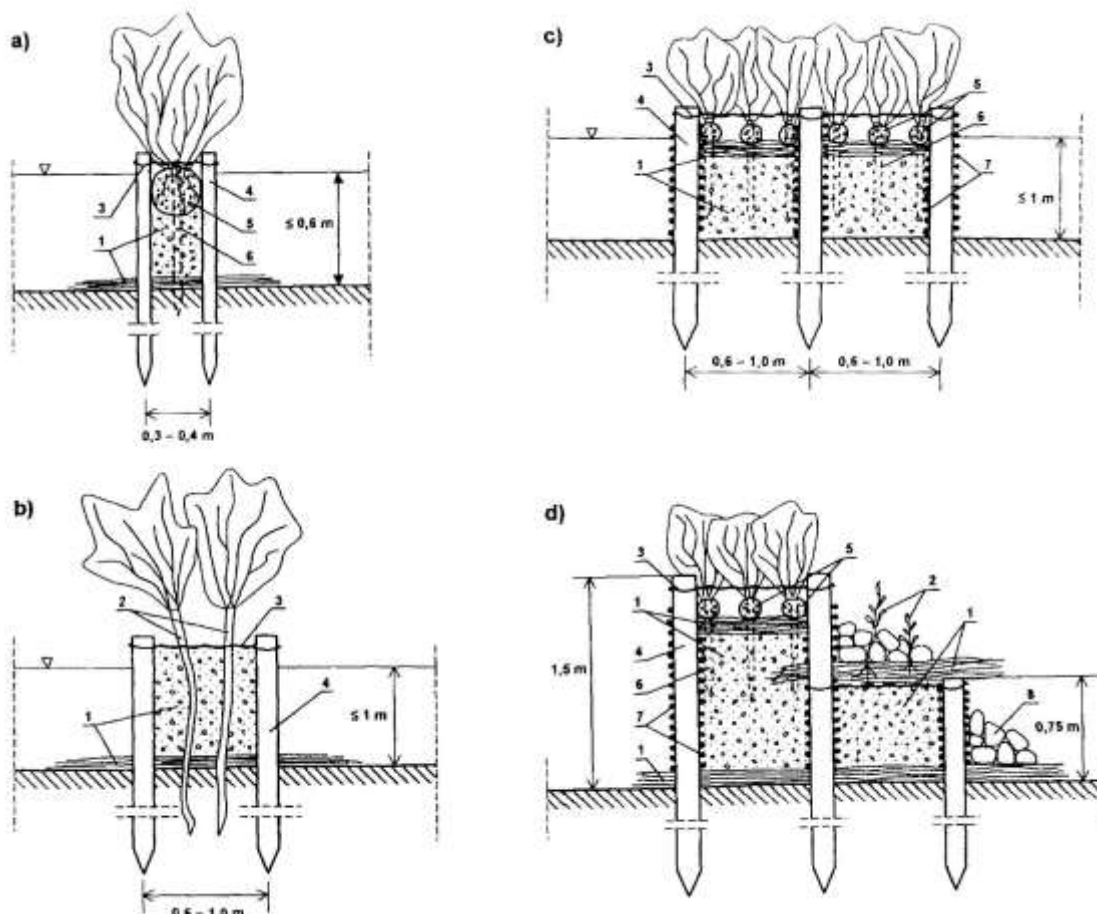
Efekty w środowisku

Tworzenie nowych ostoi dla zwierząt zmniejszenie prędkości przepływu i inicjowanie zmian w przekroju poprzecznym koryta.

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

Deflektory ożywione faszynowo – palowe wg Żelazo i Popek [2014]

Opis zalecanych rozwiązań



a) z kiską faszynową

b) szkieletowa

c) płetek dwurzędowy

d) płetek dwurzędowy o zróżnicowanej wysokości

1. - faszyna martwa

2. - sadzonki wiklinowe

3. - drut mocujący śr. 5 mm

4. - pal śr. 8-12 cm, dł. 1,5-2,5 m, rozstawa co 0,5 m

5. - świeża kiska faszynowa śr. 0,1 m

6. - kołek mocujący śr. 3-5 cm, dł. 0,6-1,0 m co 0,3-0,4 m

7. - opłot płotka z gałęzi faszyny

8. - narzut kamienny

Rysunek 54. Konstrukcje faszynowo – palowe [Żelazo i Popek 2014].

Uwagi

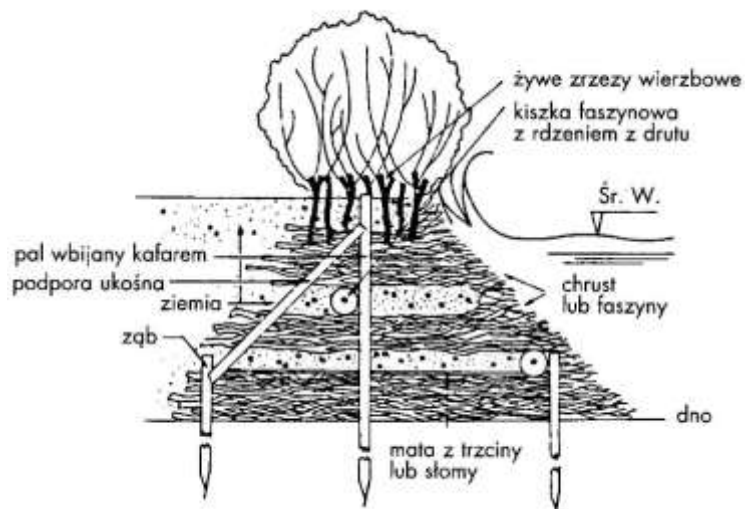
W celu poprawnego i skutecznego działania konstrukcji faszynowych należy pamiętać o zabiegach związanych z utrzymaniem i okresową konserwacją wikliny. Jednakże, jeżeli konstrukcja zostanie dobrze obsadzona i przerośnięta korzeniami wierzb, wiklina nie będzie wymagała konserwacji, a odkładające się namuły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

Efekty w środowisku

Spowalniają ciek, odtwarzają układ bystrze przegłębienie, tworzą naturalne ostoje dla organizmów wodnych, kontrolują erozję i transport rumowiska. Niewłaściwy dobór gatunków sadzonek wierzbowych, żywej faszyny liściastej i wiklinowej może spowodować zachwianie naturalnego biotopu jako element obcy biologicznie i krajobrazowo.

Żywa ostroga faszynowa wg Begemann i Schiecht [1999]

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 55. Żywa tama faszynowa [Begemann i Schiecht 1999].

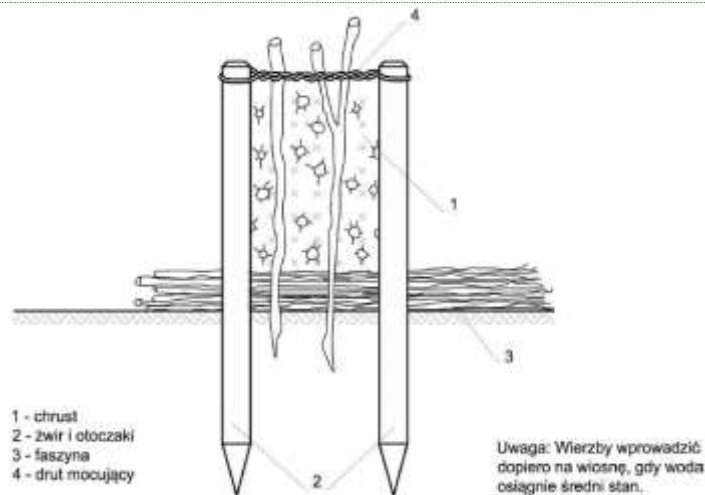
Efekty w środowisku

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

Ożywiona ostroga szkieletowa wg Begemann i Schiecht [1999]

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.



Rysunek 56. Tama szkieletowa z chrustem i sadzonkami wierzbowymi. [Biedroń 2018 na podstawie: Begemann, Schiecht 1999].

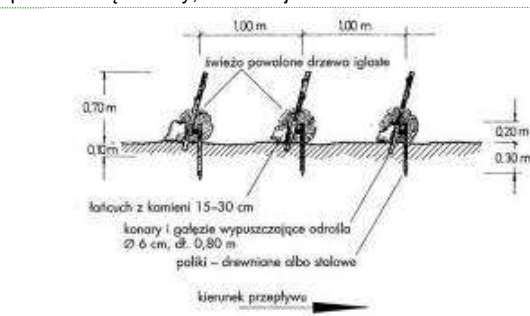
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, naturalne ostrogi.

Żywe ostrogi pośrednie wg Begemann i Schiecht [1999]

Opis zalecanych rozwiązań

Należy wyznaczyć dawną linię podnóża skarpy. Poczynając od rozmytego 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. Pomiędzy 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.



Rysunek 57. Schemat żywych ostróg pośrednich [Begemann i Schiecht 1999].

Uwagi

Ostrogi pośrednie służą zabezpieczeniu większych osuwisk brzozy, w których podnóże 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

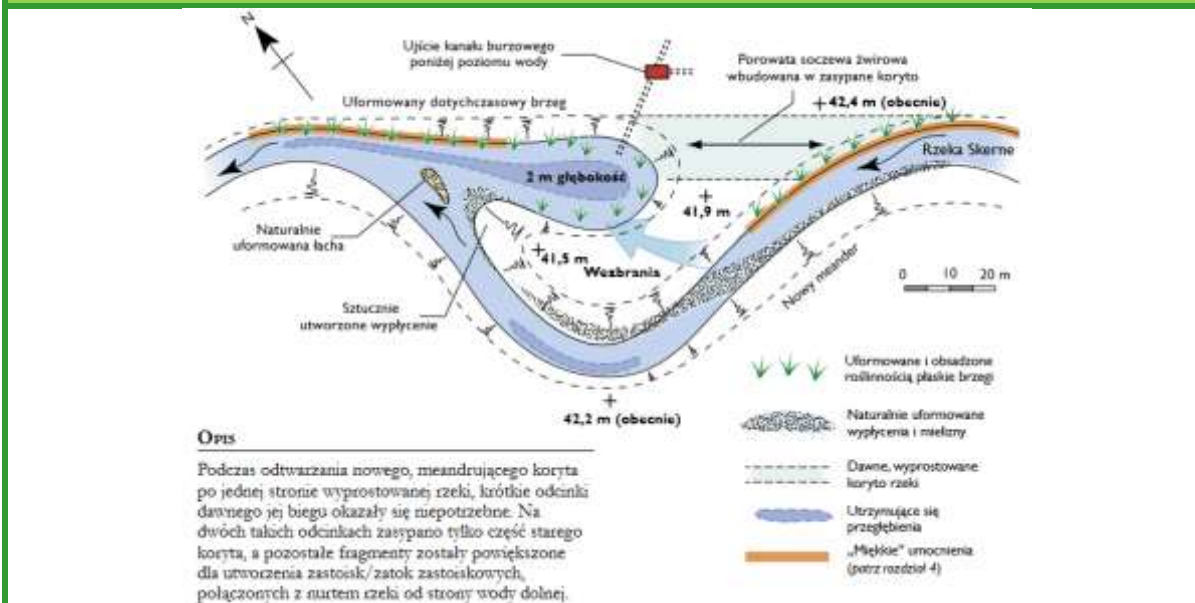
Powstają kryjówki dla ryb. Dzięki nierównomiernemu załadownieniu powstają miejsca podmokłe i kałuże stanowiące dogodne siedliska dla płazów i innych organizmów.

Ww. rozwiązania mogą nie tylko być stosowane jako narzędzia przywracania meandrów i odtwarzania układu bystrze przegłębienie, ale także użyte na brzegach wklęsłych do ochrony skarp przed naporem nurtu (patrz rozdział 2.1. pkt. b – *Techniczno-przyrodnicze zabezpieczanie brzozy*). Ponadto, w niektórych przypadkach są dobrym elementem ochrony infrastruktury poprzecznej i podłużnej, mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie konieczne jest przekierowanie nurtu (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 cieków na tworzenie zatok zastoiskowych. Poniższe ryciny pokazują przykłady takich rozwiązań. Nawet proste tworzenie naprzemiennych zatoczek w wyprostowanym brzozy lub rozszerzeń cieków, gdzie na płycznach porastać będzie roślinność stanowiąc cenne enklawy dla fauny wodnej jest już działaniem korzystnym.

Zatoka zastoiskowa na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006]

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 58. Odtwarzanie zatok zastoiskowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].

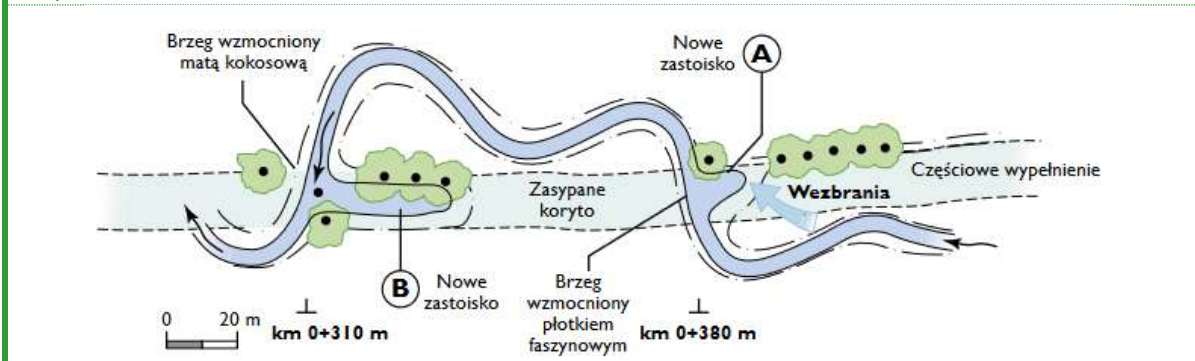
Efekty w środowisku

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 na przykładzie realizacji na rzece Cole, Coleshill, Anglia [Krukowski 2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 59. Odtworzenie fragmentu dawnego koryta rzeki Cole, Coleshill, Anglia [Krukowski 2006].

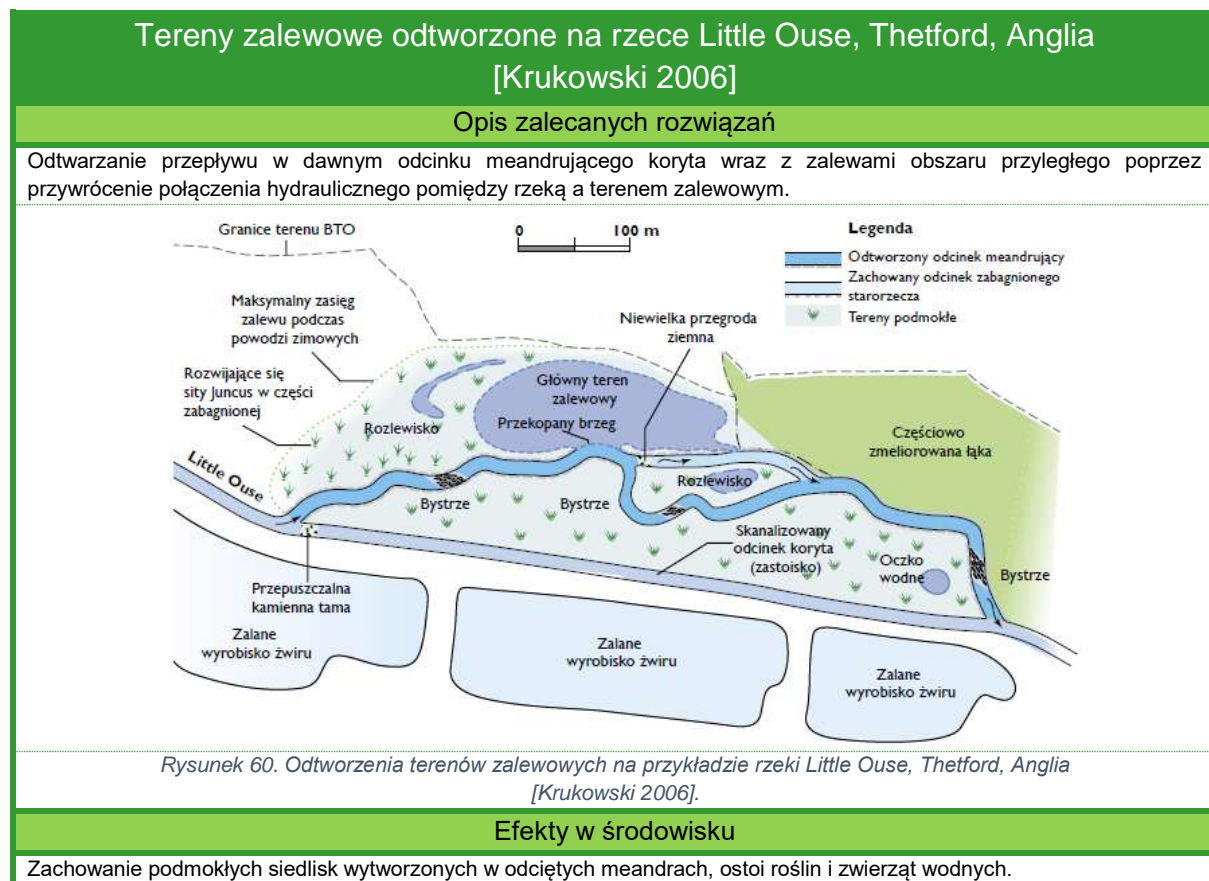
Uwagi

Zastoisko A jest płytsze 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.



2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej

2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej

Do szczególnie newralgicznych należą inwestycje realizowane w korytach cieków naturalnych. 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 np. biologiczne lub biotechniczne. W pierwszej kolejności należy szukać rozwiązań polegających na odsunięciu cieku od wrażliwego miejsca, narażonego na erozję (nasyp drogi, inne budowle lądowe) poprzez oddziaływanie na nurt cieku i siłę jego naporu np. deflektorami nurtu, na wytraceniu energii wody na odcinku cieku powyżej oraz możliwości uzyskania dla cieku większej ilości miejsca poprzez działania na drugim brzegu itp.

Najczęstszą sytuacją, szczególnie w wąskich dolinach górskich, jest konflikt o przestrzeń, w której zlokalizowana jest droga oraz koryto cieku. Niekiedy bardziej

racjonalne niż ciągłe naprawianie nasypu drogi i finansowanie zabudowy podłużnej cieków jest zmiana trasy drogi. Dlatego, realizacja zabudowy podłużnej musi być dobrze przemyślana, bo nawet jednostronna zabudowa brzegu cieku prowadzi do jego kanalizacji i przyspieszenia odpływu. Ponadto, w skutek uregulowania cieku (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 w dalszym biegu cieku zmniejsza spadek (akumuluje osady lub eroduje). Erozja powoduje pogłębienie dna rzeki przede wszystkim w górnym jej biegu oraz w obrębie umocnień. Utrwalenie dna rzek można przeprowadzać za pomocą bystrz o zwiększonej szorstkości zamiast stosowania progów, stopni i ciężkich umocnień koryta. Aby określić potrzebę stosowania umocnień dna na dłuższych odcinkach, należy prowadzić systematyczne pomiary profilu podłużnego koryta. Może się wtedy okazać, że na pewnych rzekach lub odcinkach rzek z powodu odporności materiału dennego erozja nie postępuje.

Przedstawione w rozdziale metody umacniania brzegów powinny być przede wszystkim stosowane w przypadku zamiany istniejącej zdekapitalizowanej infrastruktury o negatywnym oddziaływaniu na środowisko typu: mury oporowe, umocnienia brzegów z gabionów, stopnie betonowe 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 rozwiązania techniczne o przyrodniczo przyjaznym charakterze.

2.1.1. Zabezpieczenie skarp i brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury

a) Umacnianie skarp, zboczy i osuwisk narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy

Na terenach leśnych, gdzie nie występuje zagrożenie infrastruktury, np. drogowej, należy zastanowić się nad zasadnością przeciwdziałania osuwiskom. Urwiska stanowią doskonałe lęgowiska dla ptaków, są to miejsca bogate w składniki mineralne, powalone drzewa wzbogacają cieki 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 i zboczach, gdzie występuje silny spływ powierzchniowy przed przystąpieniem do żywej zabudowy lub zabudowy biotechnicznej należy grunt odvodnić, stosując opaskowe rowy odwadniające lub np. dreny faszynowe.

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

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

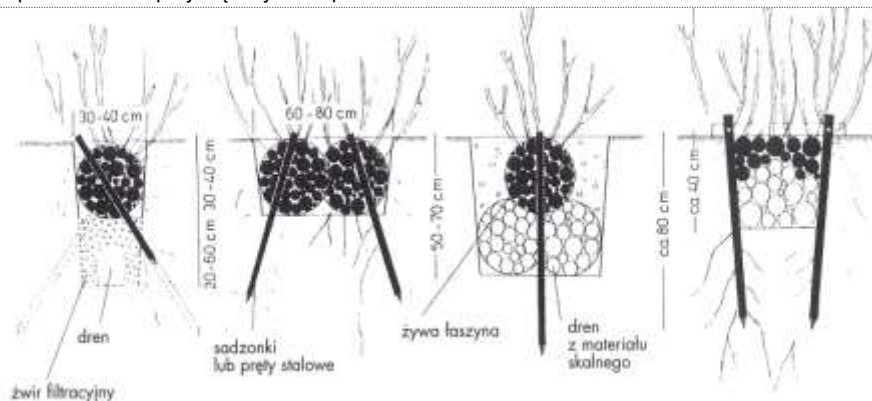
Rynny erozyjne należy zabezpieczyć, układając w całym ich przekroju przytwierdzone palikami gałęzie drzew iglastych. Dzięki temu prostemu rozwiązaniu następuje wytracenie energii wody i odkładanie się między gałęziami rumoszu, co prowadzi do wypełnienia rynny.

Darniowanie, mulczowanie	
Opis zalecanych rozwiązań	
Gęsty obsiew mieszkanką traw lub pokrycie powierzchni skarpy fragmentami darni.	
	
<i>Fotografia 63. Okładzina z płatów darniowych [Begemann i Schiechl 1999].</i>	<i>Fotografia 64. Warstwa długiej słomy (mulcz) z siewem na mokro (hydroobsiew) [Begemann i Schiechl 1999].</i>
Uwagi	
<p><u>Płaty darni</u> z przerośniętą korzeniami glebą (o wymiarach 40x40 cm) najlepiej pozyskać z okolicznych gruntów. Układa się je na wyrównanej pokrytej ziemią orną powierzchnię. Na stromych skarpach mocuje się je kołkami drewnianymi albo stosuje się tyczki (jak na zdjęciu powyżej).</p> <p>Standardowy obsiew traw wykonuje się, gdy warunki glebowe są dobre, tzn. powierzchnia pokryta jest warstwą próchniczną. W gorszych warunkach można zastosować mieszkankę ziarna, nawozów, lepiszczy i wody, którą za pomocą pompy wytryskuje się na skarpe (<u>hydroobsiew</u>).</p> <p>Na nasłonecznionych skarpach, na gruncie jałowym dobre efekty daje zastosowanie warstwy mulczu z długiej słomy 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.</p>	
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 zrzecami wierzbowymi lub kołkami 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.



Rysunek 61. Różne rodzaje drenów faszynowych [Schiechl 1973].

Uwagi

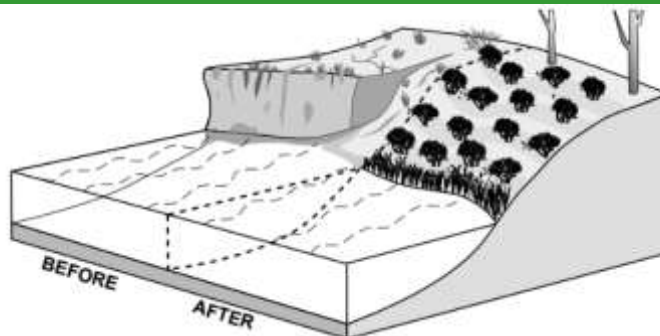
Dren faszynowy służy odprowadzeniu wody z górotworu i przygotowaniu skarpy do wprowadzenia dalszej zabudowy biologicznej lub biotechnicznej. Patrz także Nasyp z porostem wierzbowym poniżej.

Efekty w środowisku

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

Stabilizacja biologiczna stromych skarp

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 62. Stroma skarpa przed i po zabudowie biologicznej [https://www.themillcreekalliance.org/restoration-principles-of-design].

Uwagi

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

Efekty w środowisku

Stworzenie siedlisk dla nowych gatunków zwierząt, ograniczanie spływu 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/m².



Rysunek 63. Skarpa umocniona zrzezami wierzbowymi a) na skarpie, b) w szczelinach bruku układanego na sucho [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

Nasadzenia stosuje się także do umacniania skarp brzegowych potoków; zmniejszają one prędkości spływu 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.

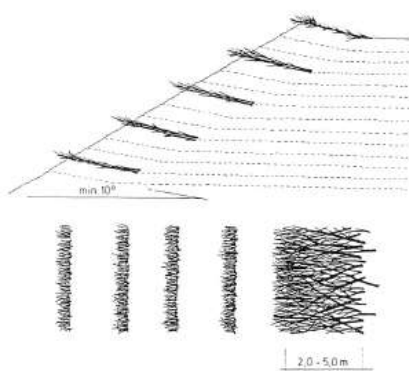
Efekty w środowisku

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) ułożony na skarpie, powinien wznosić się na zewnątrz pod kątem 10°. Każdą kolejną warstwę należy właściwie zagęścić.



Rysunek 64. i Fotografia 65 Krzewiaste umocnienia tarasowe na skarpie/osuwisku [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

Konstrukcje tarasowe mają jedną z najlepszych skuteczności wstępnej 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.

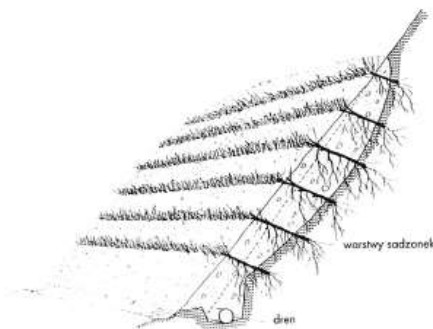
Efekty w środowisku

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

Nasyp z porostem wierzbowym/Odwodnienie skarpy

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 65. Odwodnienie skarpy w wyniku zastosowania nasypu z porostem wierzbowym [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

Zabezpieczenie skarpy należy zacząć od wzdłużnego odwodnienia podnóża skarpy. Zasypany osuwiska/skarpy należy prowadzić warstwami każdą zagęszczając. Rzędy sadzonek wierzb 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).

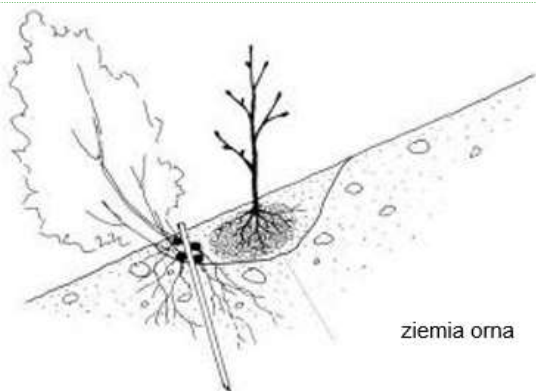
Efekty w środowisku

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

Umocnienia żłobkowe

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 66. Umocnienie żłobkowe [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

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

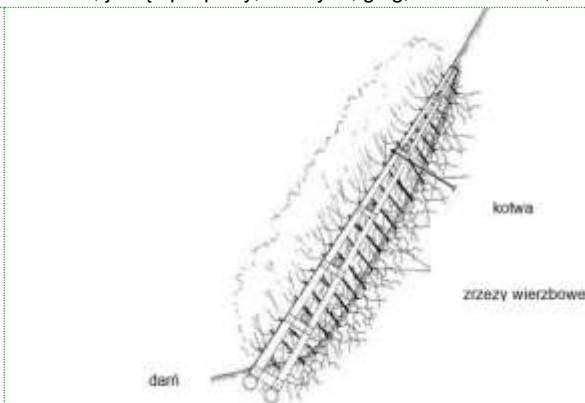
Efekty w środowisku

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 zrzesów wierzbowych, ukorzenionych krzewów i kęp roślin zielnych. Do obsadzania rusztowań nadają się różne gatunki wierzb np.: wierza iwa i wierza purpurowa, a także olsza czarna, jarzab pospolity, kruszyna, głąg, dereń świda, tarnina, jeżyna.



Fotografia 66 i Rysunek 67. Drewniane rusztowanie na skarpie wzmocnione nasadzeniami wierzbowymi [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

Konstrukcja ułatwia porośnięcie osuwiska roślinnością, co wpływa na zmniejszenie prędkości spływu 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

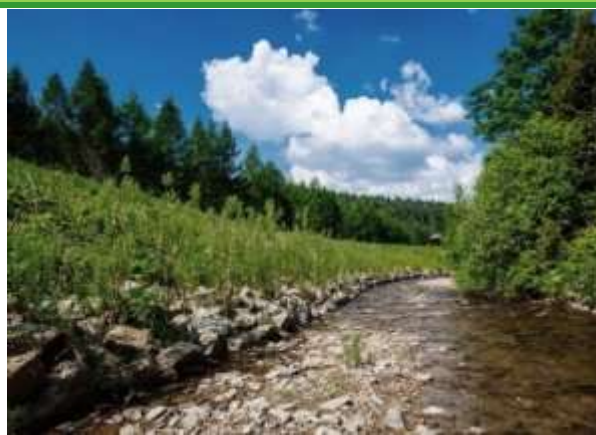
Opis zalecanych rozwiązań

Nasadzenia wierzb i topól itp. na brzegach cieków.

Przykład realizacji



Fotografia 67 Brzegi słon wierzbowe na potoku Mucznym wykonany w 2014 r., fot. P. Schetyński, [www.twojebieszczady.net].



Fotografia 68 Ten sam fragment cieków w trakcie pierwszego sezonu wegetacyjnego (archiwum CKPŚ).

Uwagi

Do nasadzeń stosować należy do 700 m n.p.m.: wierzbę białą i koszykarską, olszę czarną, jesion, topolę czarną, a powyżej (700-1200 m n.p.m.): wierzbę białą i kruchą, olszę szarą, jarzębinę.
Po ukorzenieniu się brzegostonu należy usunąć w trakcie prac konserwacyjnych druty mocujące.

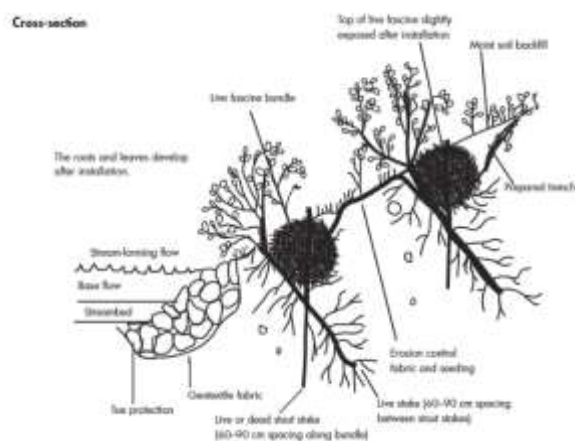
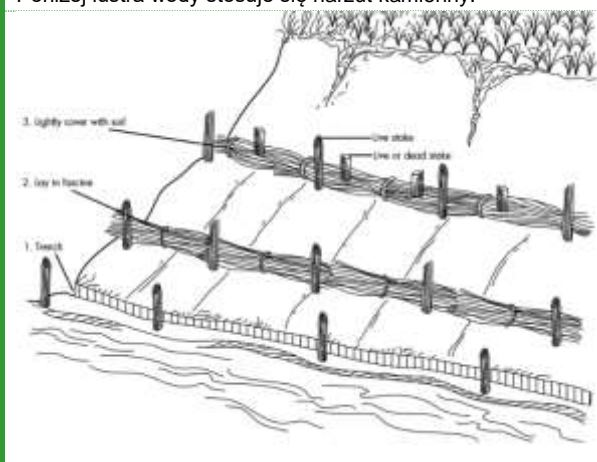
Efekty w środowisku

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

Wiązki (kiszki) faszynowe

Opis zalecanych rozwiązań

Wiązki (kiszki) faszynowe umieszcza się w płytkich rowkach równoległe do podnóża skarpy i mocuje zrzecami 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 stosuje się narzut kamienny.



Rysunek 68. i Rysunek 69. Żywe wiązki faszynowe na brzegu rzeki [Arun Bhakta Shrestha i in. 2012]

Uwagi

Umocnienia faszynowe stosuje się także do umacniania skarp brzegowych potoków; zmniejszają one prędkość spływu 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 spływu powierzchniowego i erozji (ograniczanie zamulenia cieków), zabezpieczanie osuwisk. Stworzenie siedlisk dla zwierząt i miejsc gniazdowania ptaków. Jednak niewłaściwie dobrane gatunki wierzb mogą zakłócić naturalną szatę roślinną wzdłuż potoków oraz zmienić uwilgotnienie siedlisk. Wysokie i długie ciągi płotków mogą skutecznie ograniczyć migracje płazów pomiędzy środowiskiem wodnym i lądowym.

Warstwa chrustu z porostem

Opis zalecanych rozwiązań

Należy ułożyć dwie warstwy gałęzi świerkowych (odpadów zrębowych). Dolną układa się 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 glebę zrzesy wierzbowe lub sadi się olchę czarną.



Fotografia 69. Brzeg umocniony warstwą chrustu i sadzonkami wierzbowymi [Begemann i Schiechl 1999].

Efekty w środowisku

Rekultywacja zniszczonego, pozbawionego szaty roślinnej brzegu. Z czasem unosiny i zawiesina osadzają się, a warstwa chrustu wraz rumoszem tworzy trwałą okrywę.

Płotki wierzbowe

Opis zalecanych rozwiązań

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



Fotografia 70. Płotek ze zrzesów wierzbowych tuż po wykonaniu [Begemann i Schiechl 1999].



Fotografia 71. Ukorzenione zrzesy wierzbowe [Begemann i Schiechl 1999].

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.

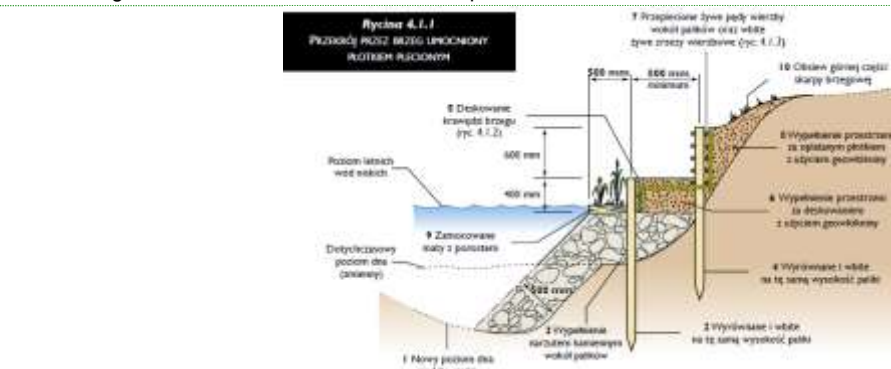
Efekty w środowisku

Powstawanie obszarów podmokłych, stworzenie siedlisk dla płazów.

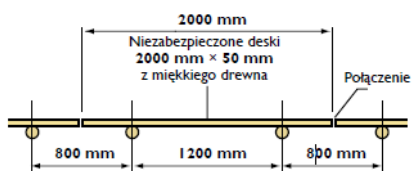
Płotki plecione

Opis zalecanych rozwiązań

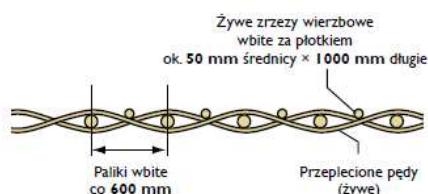
Świeże pędy wierzbowe (np. wierzby wiciowej) przeplecione pomiędzy palikami. Pod wodą zastosowano stabilne podłoże z kruszonego kamienia. Deskowanie ma ulec stopniowemu rozkładowi, a korzenie nasadzeń mają przejąć jego rolę.



Rysunek 70. Przekrój przez brzeg umocniony płotkiem plecionym [Krukowski 2006].



Rysunek 71. Schemat deskowania krawędzi brzoza [Krukowski 2006]



Rysunek 72. Schemat płotki plecionej [Krukowski 2006]

Uwagi

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

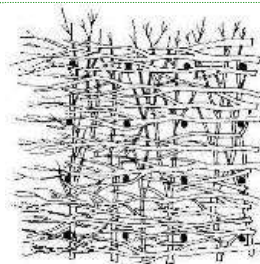
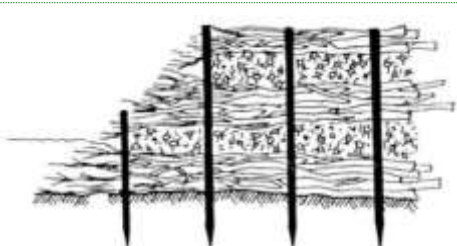
Efekty w środowisku

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

Brzegosłn 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.



Rysunek 73. Brzegosłn krzyżowy z lewej - przekrój poprzeczny, z prawej - rzut z góry [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

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

Efekty w środowisku

Powstają siedliska dla zwierząt w strefie przybrzeżnej. U podnóżu skarpy brzożowej 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.



Fotografia 72. Umocnienie z siatki jutowej z sitowiem i sadzonkami pędowymi [Begemann i Schiechl 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 dla zapewnienia jak najlepszego odwodnienia konstrukcji muru.



Fotografia 73. Murek kamienny bez zaprawy w Nadleśnictwie Łądek Zdrój, fot. M. Goździk.



Fotografia 74. Murek kamienny bez zaprawy w Nadleśnictwie Węgierska Góra, fot. M. Goździk.

Uwagi

Murki kamienne mogą służyć do umacniania 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 30 cm poza mur (zapobiega to ich usychaniu).

Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, oddalenie nurtu od brzegu. Pionowe murki kamienne na dłuższych odcinkach cieku 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 silne działanie 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.



Fotografia 75. Narzut kamienny z dużych głazów układany mechanicznie – Czechy (archiwum CKPŚ).



Fotografia 76. Narzut kamienny nieożywiony klinowany mniejszymi frakcjami (archiwum CKPŚ).

Uwagi

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

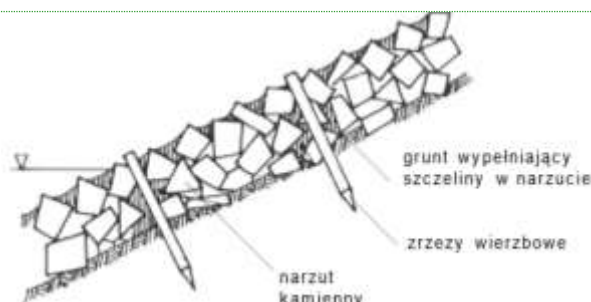
Efekty w środowisku

Zwiększenie szorstkości koryta, redukcja przepływu przy brzegach, odepchnięcie nurtu, wyłapywanie osadów (sedyméntów), 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. 1 m i średnicy w cieńszym końcu 30 mm. 2/3 trzeciej pędu powinno być zagłębione w narzucie i gruncie.



Rysunek 74. Przekrój poprzeczny żywego narzutu kamiennego [Begemann i Schiechl 1999]

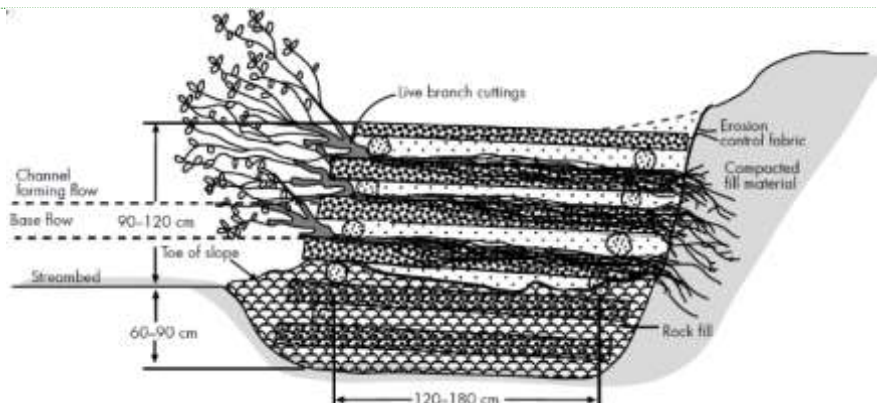
	
<p><i>Fotografia 77. Ukorzeniony zrzec wierzbowy w narzucie (archiwum CKPŚ)</i></p>	<p><i>Fotografia 78. Zabezpieczony faszyną narzut kamienny z nasadzeniami wierzbowymi (archiwum CKPŚ).</i></p>
<p>Uwagi</p>	
<p>Podwyższona trwałość i estetyka narzutów kamiennych poprzez układanie głazów i inicjowanie zadarnienia poprzez zasypanie ziemią wolnych przestrzeni między głazami (tworząc strukturę dobrze upakowaną) i obsiewem nasionami właściwymi mieszkankami traw. Taka konstrukcja jest trwalsza od tradycyjnego narzutu, utrudnia rozkradanie kamienia. 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 zacienienie.</p>	
<p>Efekty w środowisku</p>	
<p>Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, oddalenie nurtu od brzegu, zatrzymywanie sedimentów. Narzut kamienny może przyczynić się do zanikania łęgów olszowo-jesionowych. Nasadzenia tworzą siedliska dla zwierząt strefy przybrzeżnej; ocieniają wodę.</p>	

<p>Kratownica drewniana</p>	
<p>Opis zalecanych rozwiązań</p>	
<p>Na brzegach potoku narażonych na nadmierną erozję i osuwiska wykonuje się kratownice drewniane, które następnie wypełniane są ziemią lub/i kamieniami i obsadzone roślinnością. Umieszczane nad brzegami „wklęsłymi” potoków lub jako ubezpieczenie skarp na wypadach budowli.</p>	
<p>Przykłady realizacji</p>	
	
<p><i>Fotografia 79. Kratownica drewniana poniżej przepustu pod drogą gminną – kratownica pełni rolę ubezpieczenia wypadu i jednocześnie brodu umożliwiającego wjazd drogą leśną pod górę w Nadleśnictwie Zdroje, fot. R. Majewicz.</i></p>	<p><i>Fotografia 80. Kratownica ożywiona wierzbą poniżej brodu w Nadleśnictwie Bielsko na gruntach mineralnych szkieletowych podatnych (archiwum CKPŚ).</i></p>
<p>Uwagi</p>	
<p>Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną.</p>	
<p>Efekty w środowisku</p>	
<p>Ochrona brzegów, stabilizacja osuwisk, możliwość utworzenia trwałej roślinnej okrywy.</p>	

Kaszyce z nasadzeniami

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 75. Kaszyce z nasadzeniami zabezpieczające osuwisko wzdłuż brzegu rzeki [Arun Bhakta Shrestha 2012]

Przykład realizacji



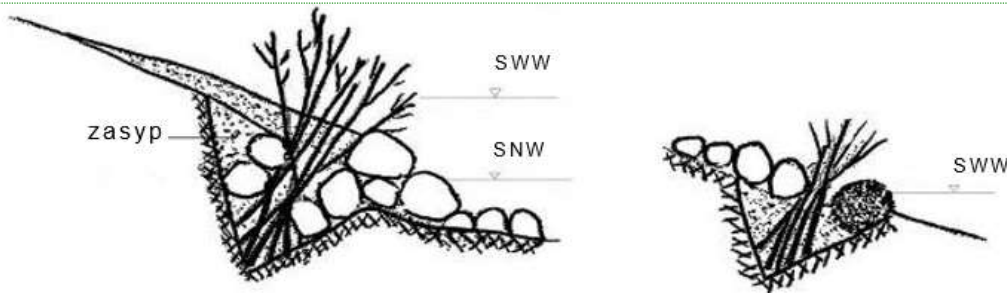
Fotografia 81. Kaszyca z pędami wierzby zabezpieczająca osuwisko pod drogą podcinane przez ciek. Nadleśnictwo Stuposiany (archiwum CKPŚ).

Efekty w środowisku

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

- Zabezpieczanie podnóża skarpy brzegowej

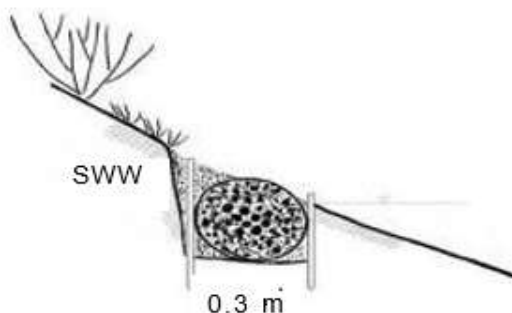
Zabezpieczania z powalonych pni drzew	
Opis zalecanych rozwiązań	
Należy wybrać świeżo powalone, gęsto ugałęzione drzewa szpilkowe (czasem wystarczają same wierzchołki koron) i umieścić w powstałych wyrwach, skierowując wierzchołkami w dół ciekłu. Pnie mocujemy palikami i linami stalowymi. Gałęzie powodują zatrzymywanie unosin, które z czasem są przerastane przez korzenie roślinności nadbrzeżnej.	
	
Fotografia 82. 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 zręzy wierzbowe lub posadzić ukorzenione sadzonki drzew i krzewów odpowiednich dla siedliska, korzenie przerosną i dodatkowo umocnią załadowany 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 zręzów wierzbowych obłożonych kamieniami i zasypanych gruntem rodzimym.	
	
Rysunek 76. 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 0,25-2 m/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 5 cm, pochodzący z pierwszego przecinania młodych zarośli liściastych) spleta się w wałek o średnicy 25-40 cm i związuje co 30 cm stalowym drutem nierdzewnym. Na wierzchu powinny się znaleźć najcieńsze gałęzie, a w środku grubsze. Wałek 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.



Rysunek 77. Faszynowa opaska brzegowa i przekrój poprzeczny przez wiązkę faszyny [Duszyński 2007, zmienione].

Uwagi

Faszyna w połączeniu z warstwą gruntu przerosniętą 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.

Efekty w środowisku

Ochrona przed erozją wklęsłego brzegu, zatrzymanie sedymentów, zawiesin oraz dopływy biogenów wraz spływem powierzchniowym.

- Ochrona brzegu wklęsłego.

Kaszyce na brzegu wklęsłym

Opis zalecanych rozwiązań

Kaszyce buduje się z okorowanych kłód o średnicy nie mniejszej niż 15 cm. 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 zręzów 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.



Rysunek 78. Przekrój poprzeczny kaszycy [Begemann i Schiechl 1999].

Przykłady realizacji



Fotografia 83. Kaszyca w Nadleśnictwie Baligród, fot. J. Smarczewski, 2021



Fotografia 84. Kaszyca w Nadleśnictwie Nawojowa (archiwum CKPŚ).

Uwagi

Ściana kaszycy powinna być odchylona 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 skarpach, 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.



Fotografia 85. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nowy Targ, fot. J. Smarczewski, 2021.



Fotografia 86. Ożywiony narzut kamienny w Nadleśnictwie Stuposiany (archiwum CKPŚ).

Ożywione narzuty kamienne nie są rozwiązaniem, które można stosować w każdej sytuacji. Wymagają one mniejszych nachyleń skarp, rezerwy terenu oraz dogodnych warunków do rozwoju roślinności. Często konieczne jest, szczególnie w sąsiedztwie istotnej infrastruktury np. drogowej, stosowanie ciężkich, klinowanych narzutów kamiennych lub innych rozwiązań technicznych.



Fotografia 87. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nawojowa. (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.

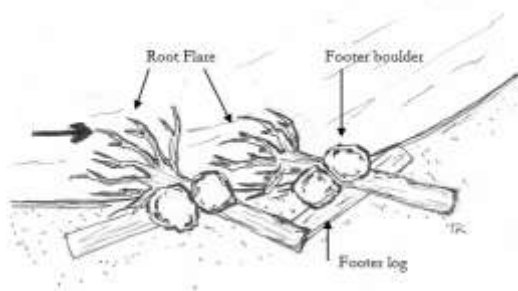
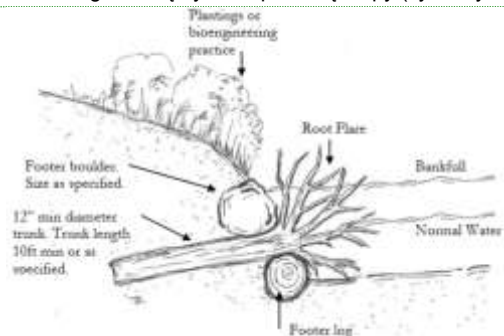
Efekty w środowisku

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 utwardzających.



Rysunek 79 i Rysunek 80. Zabezpieczenie brzegów za pomocą karp [Todd Rexine i in. 2010]

Efekty w środowisku

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

Ochrona brzegu wklęsłego za pomocą głazów

Opis zalecanych rozwiązań

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



Fotografia 88. Zabezpieczenie brzegu wklęsłego głazami, fot. Montgomery County Department of Environmental Protection.

Uwagi

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

Efekty w środowisku

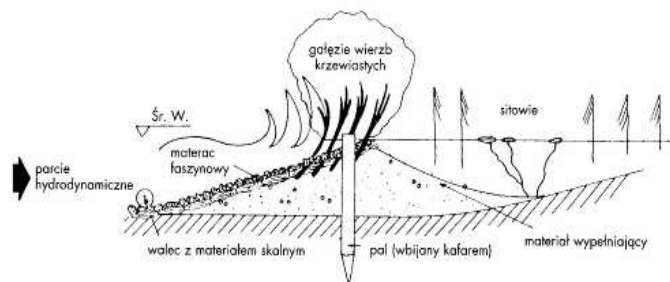
Odepchnięcie głównego nurtu ciekłu od brzegu wklęsłego. Odstępy pomiędzy głazami umożliwiają naturalne wylewanie się wody na tereny np. łągów olszowo-jesionowych.

Do osłony brzegu wklęsłego doskonale nadają się także deflektory nurtu i ostrogi (opisane szerzej w rozdziale 1.2 pkt. f – *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.



Rysunek 80. 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	
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 cieku.	
Przykłady realizacji	
 <p>Fotografia 89. Zniszczony betonowy przepust okularowy na nieużytkowanym szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Cisna, przerywający ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ).</p>	 <p>Fotografia 90. Miejsce po rozebraniu betonowego przepuście, w którym przywrócono ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Cisna (archiwum CKPŚ).</p>
 <p>Fotografia 91. Zniszczony betonowy jaz przerywający ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Krasiczyn (archiwum CKPŚ).</p>	 <p>Fotografia 92. Bystrze o zwiększonej szorstkości w miejscu rozebranego betonowego jazu w Nadleśnictwie Krasiczyn, przywracające ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ).</p>
Efekty w środowisku	
Przywrócenie ciągłości biologicznej cieku i transportu rumowiska.	

b) Przebudowa istniejących zapór przeciwrumowiskowych

W wielu miejscach istnieją zapomniane i niespełniające swych funkcji kamienne zapory przeciwrumowiskowe. 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, utraciły swą funkcję przechwytywania rumoszu niesionego przez potok.

Zapora nawet pusta przerywa ciągłość biologiczną ciek, w związku z powyższym w Projektach dopuszcza się, jedynie możliwość całkowitej rozbiórki istniejących zapór.

c) Przebudowa i modernizacja obiektów komunikacyjnych

Obiekty niedostosowane do wód wezbraniowych takie jak przepusty, mostki i brody zaleca się przebudowywać na obiekty tego samego typu, ale o zwiększonym świetle (przepustowości), dostosowanym do aktualnego przepływu miarodajnego lub na obiekty innego typu spośród ww. jeśli stanowiłyby konstrukcję bezpieczniejszą lub bardziej przyjazną środowisku. W zależności od warunków hydrologicznych, terenowych i środowiskowych oraz planowanych funkcji, należy dobrać typ i rodzaj konstrukcji, wykonując je zgodnie z zaleceniami opisanymi poniżej.

• Brody

Jeżeli mały ciek lub rów krzyżuje się z drogą gruntową lub szlakiem turystycznym bród można wykonać w najprostszej postaci poprzez ułożenie rozsuniętych kamieni na podłożu wzmocnionym tłuczniem. W przypadku większych przepływów zaleca się stosować brody kaszycowe, które poprzez dodatkowe wzmocnienie kłodami, jest bardziej wytrzymały i podatny na wymycia materiału kamiennego. Pokład powinien wystawać z wody przez większą część roku.

Taki sposób przeprawy zapewnia pełną drożność korytarza ekologicznego ciek – z tego punktu widzenia bród w niektórych przypadkach może być lepszym rozwiązaniem niż przepust. Bród może powodować niewielkie spiętrzenie wody - co należy uwzględnić w jego konstrukcji. Na cieku naturalnym bród należy w miarę możliwości zagłębić w korycie, aby nie przerywać jego ciągłości biologicznej i nie powodować erozji dna poniżej budowli. Na rowach zaleca się konstrukcję brodu z piętrzeniem, gdzie pokład brodu jest jednocześnie umocnieniem dolnego stanowiska budowli.

Bród piętrzący ze ścianką szczelną

Opis zalecanych rozwiązań

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

Przykłady realizacji



Fotografia 93. Bród piętrzący w Nadleśnictwie Choczewo, fot. J. Smarczewski, 2021.

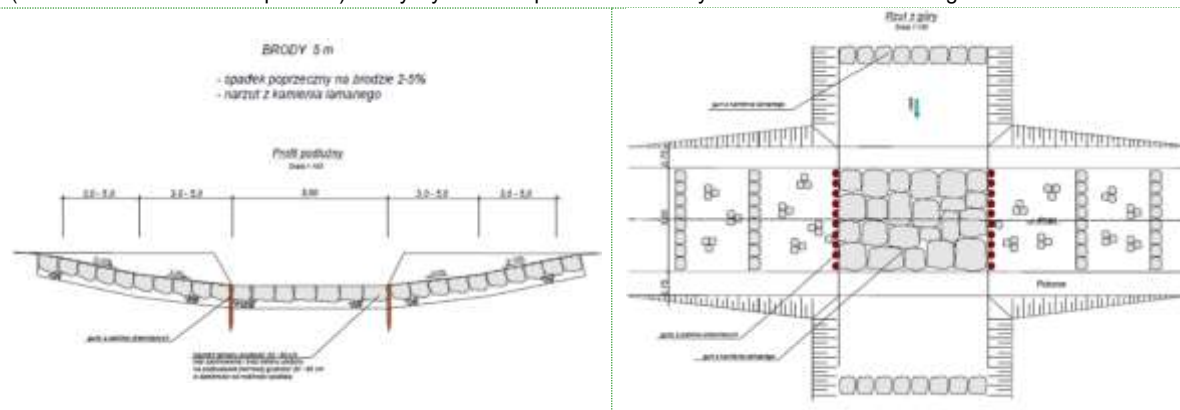


Fotografia 94. Bród piętrzący, którego funkcją jest także zatrzymanie wody na obszarach mokradłowych w Nadleśnictwie Strzałowo, fot. A. Ryś.

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.



Rysunek 81. Szkic brodu z Nadleśnictwa Łosie.



- Przepusty i mosty

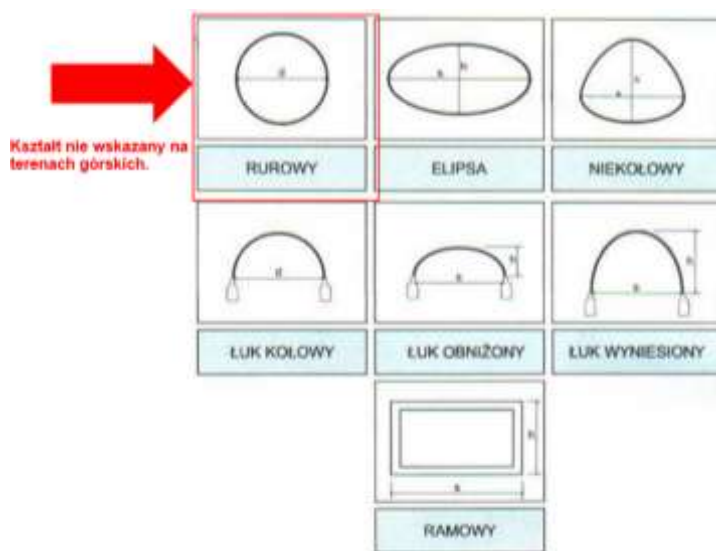
Niektóre budowle na ciekach czy rowach charakteryzują się parametrami lub konstrukcją, które w chwili obecnej nie służą spełnianiu przypisanych im zadań lub nie wykorzystują w pełni możliwości jakie występują w danym terenie. Skutkuje to niedostateczną trwałością, stabilnością i funkcjonalnością budowli, ale także ryzykiem groźnej awarii, a nawet katastrofy budowlanej. Powyższe wynika nie tyle z błędów projektowych, co z pojawienia się nowych technologii, norm, przepisów, wytycznych itd. Należy dodatkowo nadmienić, że obiekty takie projektuje się na tzw. przepływ miarodajny o założonym prawdopodobieństwie wystąpienia, a jego wyliczenie oparte jest na wieloletnich pomiarach przepływów lub opadów. W wyniku zmian klimatu przez ostatnie kilkadziesiąt lat, dane te uległy znaczącej zmianie, w zakresie częstotliwości występowania oraz intensywności ekstremalnych opadów oraz z nimi powiązanych przepływów. W związku z czym budowle zaprojektowane i wykonane zaledwie 30-40 lat temu, często są niedowymiarowane. Przykładem niedostosowanych do obecnych standardów i warunków obiektów hydrotechnicznych są przepusty rurowe, w tym wielootworowe, zwężające światło przepływu, niezdolne do przeprowadzania wód wezbrańowych oraz sprzyjające zatorom. Podczas wezbrań cieki transportują m.in. rumosz drzewny, który klinuje się w świetle przepustów, blokując swobodny przepływ wody. Skutkiem tego jest nagłe i niebezpieczne piętrzenie wody, które stwarza zagrożenie dla stabilności całej konstrukcji. W efekcie zniszczeniu mogą ulec przyczółki, nawierzchnia drogi czy nawet cały obiekt.

Nowo projektowane budowle komunikacyjne na ciekach mają stanowić również korytarze ekologiczne łączące rozdzielone ciągami komunikacyjnymi siedliska organizmów. Wszelkie budowle na ciekach naturalnych powinny umożliwiać migrację ryb. Jeżeli mały ciek krzyżuje się z drogą gruntową należy rozważyć zastąpienie przepustu brodem. Przepusty łukowe lub prostokątne (ramowe) o dużym świetle oraz mosty 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 betonu. Zaleca się przewymiarowanie konstrukcji, uwzględniając kierunek zmian charakteru opadów w ostatnich dziesięcioleciach (deszcze nawalne, wzrost przepływów maksymalnych).

W obu Projektach niezależnie od lokalizacji, tj. czy na cieku naturalnym, czy na rowie nie dopuszcza się przepustów wielootworowych. W Projekcie górskim dodatkowo zaleca się, żeby minimalna średnica przepustu wyniosła 1,0 m, a kształt rurociągu nie był kołowy.

Szczegółowe zalecenia przedstawiono w załączniku 1 i 2 do niniejszego *Podręcznika*.



Rysunek 82. Typowe kształty przekroju poprzecznego nowoczesnych przepustów. [Wysokowski i Howis 2008].

Wszelkie drogowe obiekty inżynieryjne, w tym przepusty i mosty, powinny być projektowane zgodnie z obowiązującymi przepisami, m.in. Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz.U. 2022 poz. 1518). Poniżej przytoczono kilka istotnych zapisów:

*Mosty w zależności od ich przeznaczenia i od przeszkody terenowej powinny zapewnić w szczególności: 1) **swobodny przepływ wód i spływ lodów w ciekach**, 2) żeglugę pod mostami, 3) bezpieczny ruch pojazdów kołowych i szynowych, 4) bezpieczny ruch pieszych, 5) **przemieszczanie się zwierząt dziko żyjących**, 6) **ciągłość ekosystemu cieku**.*

Przepusty w miarę możliwości powinny być usytuowane w miejscach naturalnych zagłębień terenu.

*Światło przepustów powinno zapewnić **swobodę przepływu miarodajnego** wody, z uwzględnieniem ograniczeń dotyczących prędkości przepływu, stopnia wypełnienia przewodu przepustu oraz pochyleń podłużnego jego dna.*


Ze względu na utrzymanie ciągłości ekosystemu dopuszcza się niewielkie zamulenie w przepustach na ciekach stale prowadzących wodę.

Przepusty na ciekach, w których korytach panuje ruch rwący, powinny mieć odpowiednio uformowane wloty i wyloty, zapewniające przepływ bez zmiany jego charakteru.

W przepustach 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 i mostów powinni rozpoznać oprócz warunków przepływu wody, również potencjalną grupę zwierząt korzystającą z przejścia. Minimalne wymiary przejść samodzielnych dla płazów i gadów to 0,6 m, dla małych zwierząt takich jak lisy, kuny i borsuki (wymagają specjalnych ścieżek) - 1,0 m, dla zwierząt średnich (dziki, sarny) - 4,0 m szerokości i 2,5 m wysokości (przejścia prostokątne). Można też wykonywać bariery naprowadzające zwierzęta do przejścia. Na etapie eksploatacji powinno się również zapewnić drożność budowli przez cały rok, szczególnie w czasie intensywnych opadów śniegu.

Przepust z naturalnym dnem i mosty	
Opis zalecanych rozwiązań	
	
Rysunek 84. Przepus/most z naturalnym dnem [Przybyła 2002].	Fotografia 96. Przepust/most z naturalnym dnem w Nadleśnictwie Lubaczów, fot. J. Smarczewski, 2021
Uwagi	
Stosowany, gdy istnieje duże ryzyko zatkania rurociągu przepustu o typowym kształcie przez rumosz kamienny, drzewny lub osady.	
Efekty w środowisku	
Pasy gruntu pozostawione po bokach umożliwiają wędrówkę zwierząt lądowych. Natomiast materiał naturalny pozostający na dnie przepustu – zwierząt wodnych.	

Przepusty zagłębione

Opis zalecanych rozwiązań

Przepusty zagłębione powinny również posiadać naturalne dno w celu umożliwienia przez nie wędrówek zwierząt wodnych. 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.

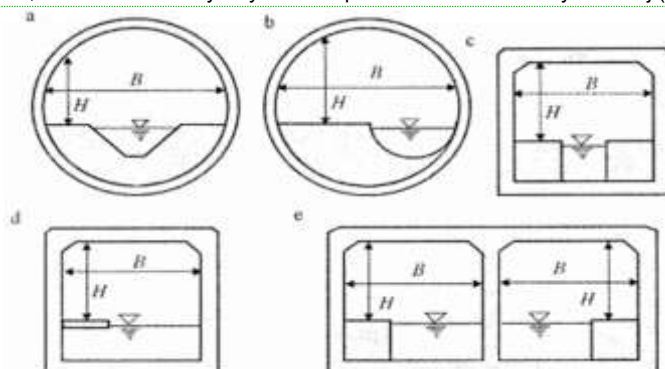


Rysunek 83 i Rysunek 84 Przepusty zagłębione [Przybyła 2002].

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 0,5 m szerokości i być wyniesiona ponad zwierciadło wody średniej (SQ).



Rysunek 85. Przepusty/przejścia zespolone: 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 [Bajkowski i Marzysz 2004]

Przykład realizacji



Fotografia 97. Przepust ze ścieżką jednostronną w Nadleśnictwie Łądek Zdrój, 2014 (archiwum CKPŚ)

Uwagi

Zbocza nasypów należy zakrzaczyć lub zadrzewić.

Przepusty klasyczne	
Opis zalecanych rozwiązań	
Na rowach, kanałach i małych ciekach okresowych najlepiej stosować przepusty o typowych kształtach tj. kołowy, eliptyczny, łukowo-kołowy.	
	
<p><i>Rysunek 86. Przepust ze ściętym rurociągiem i pochyłym przyczółkiem nie wymagający umocnień technicznych w Nadleśnictwie Tułowice.</i></p> <p><i>[https://tulowice.katowice.lasy.gov.pl/mrn2]</i></p>	<p><i>Rysunek 87. Przepust umocniony kamieniem łamanym z nasadzeniami w korycie w Nadleśnictwie Komańcza.</i></p> <p><i>[https://komancza.krosno.lasy.gov.pl/projekty-i-fundusze]</i></p>
Uwagi	
Przepustowość rurociągów musi być dostosowana do aktualnych przepływów maksymalnych. Zaleca się przewymiarowanie światła przepustu.	
Efekty w środowisku	
<p>Przy przepustach (bez piętrzenia) nie dopuszcza się stosowania betonowych prefabrykatów i monolitycznych konstrukcji wlotów i wylotów. Tylko w wyjątkowych sytuacjach wynikających ze względów bezpieczeństwa budowli, konstrukcje wlotów i wylotów można wykonać z elementów betonowych, uzupełnionych umocnieniami naturalnymi. W tych przypadkach nie zaleca się, jednakże wykonywania betonowych skrzydeł budowli. Przy ścianach czołowych/przyczółkach. Dozwolone jest wykorzystanie betonu i zapraw pod umocnienie kamieniem. Zaleca się stosowanie umocnień koryt z materiałów naturalnych tj. narzut kamienny, darniowanie, faszyna.</p>	

d) Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza

- Bystrza o zwiększonej szorstkości

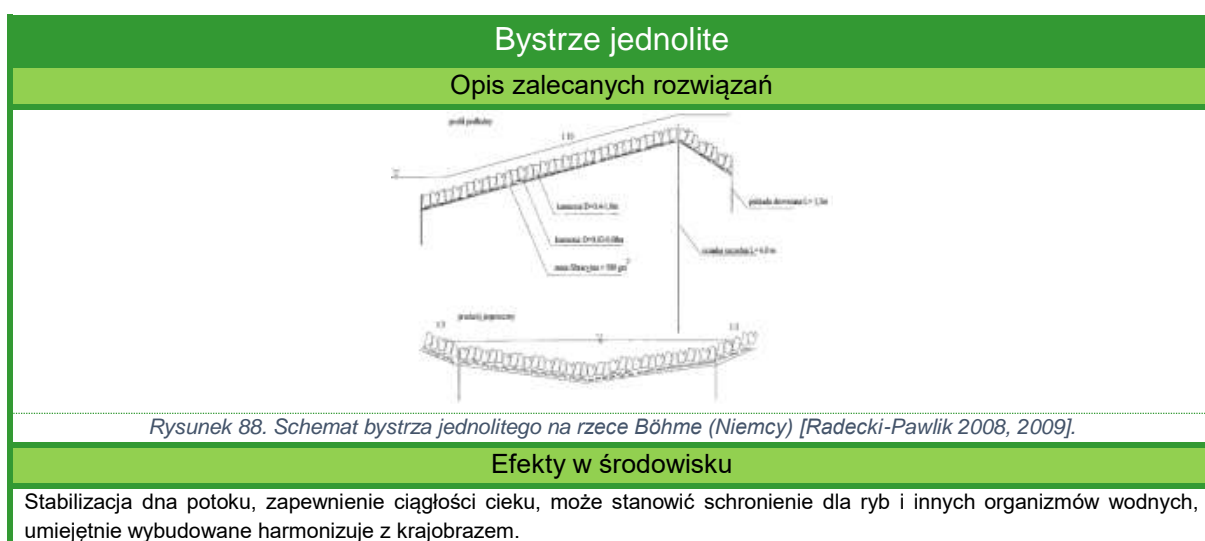
Stabilizację koryt potoków górskich i podgórskich, ale także i rzek nizinnych charakteryzujących się dużymi spadkami podłużnymi, często znaczną zmiennością stanów wody, nagłymi wezbrzeniami i intensywnym transportem rumowiska uzyskuje się najczęściej poprzez budowę stopni, kaskad i progów ze stopniami. Działania takie mają jednak negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze przede wszystkim na ciągłość ekologiczną, przez co nie będą realizowane w ramach Projektów na ciekach naturalnych. Bardziej przyjazne środowisku jest stosowanie **bystrzy o zwiększonej szorstkości lub progów w formie ramp/pochylni dennych (zabudowa bystrzem)**. 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. Umożliwia też transport rumowiska. Podkreślenia wymaga, że na rowach są dopuszczane wszelkie działania mające na celu zmniejszenie zbyt dużego spadku dna.

Bystrza możliwe są do realizacji zarówno na dużych rzekach, jak i małych potokach. W przypadku mniejszych potoków o dużych spadkach, sugeruje się zastosowanie drewnianego **bystrza kaskadowego** składającego się z przegród w formie nieregularnej palisady, tworzących niewielkie baseny/niecki (zalecany spadek to minimum 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.

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. Potok w stanie naturalnym o zarośniętych brzegach znajduje się zwykle w stanie równowagi dynamicznej i biologicznej. Naruszenie stanu naturalnego potoku powoduje zmniejszenie szorstkości koryta, a tym samym zaburzenie równowagi dynamicznej i może być przyczyną nadmiernej erozji.

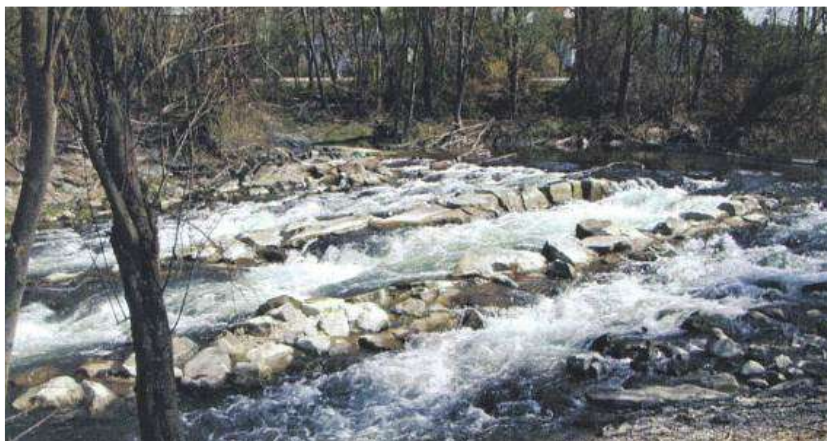
Na odcinkach pomiędzy bystrzami należy zachować formy przegłębień uzasadnione hydrodynamiką przepływu. W dnie należy rozmieścić kamienie o różnej wielkości, stwarzając schronienia dla ryb i organizmów żywych. Schronienia takie powinny znajdować się także przy brzegach. Proponowane rozwiązania zapewniają 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.

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



Bystrze regularne

Opis zalecanych rozwiązań



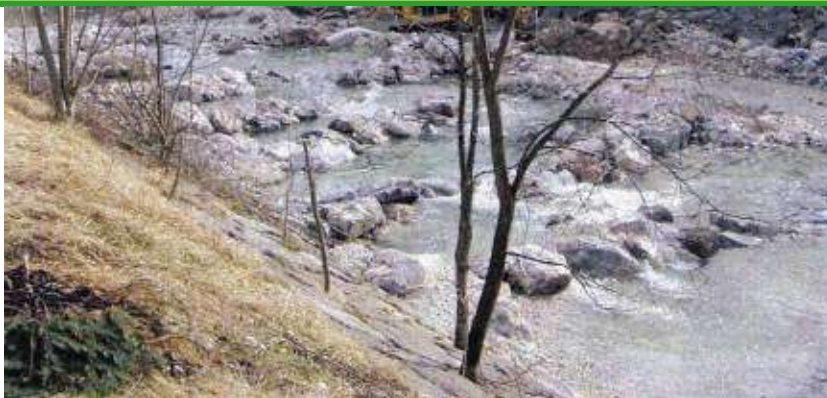
Fotografia 98. Bystrze regularne na rzece Pielach (fot. S. Schmutz).

Uwagi

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



Fotografia 99. Bystrze kaskadowe typu „plaster miodu”, fot. M. Ulmer.

Uwagi

Bliska naturze budowla do stosowania na małych rzekach podgórskich.

Efekty w środowisku

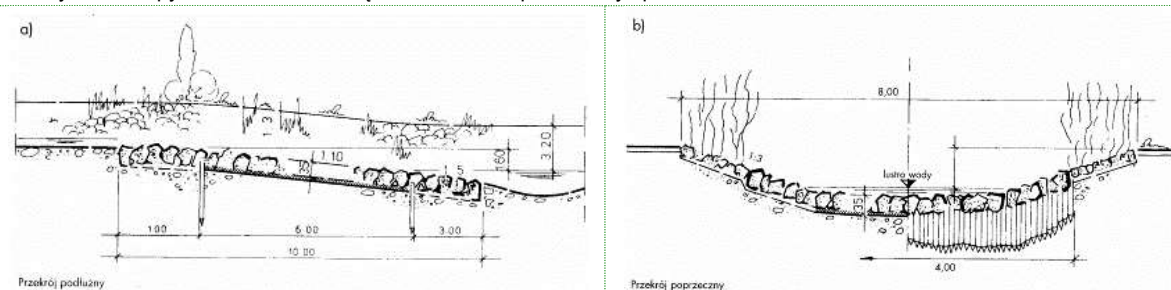
Stabilizacja dna potoku zapewniająca biologiczną drożność cieku stosowana na potokach i małych rzekach podgórskich. Ma również zastosowanie jako przelew górny dla zbiorników retencyjnych.

Bystrze 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.



Rysunek 89. Bystrze z kamienia łamanego, stabilizujące dno [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

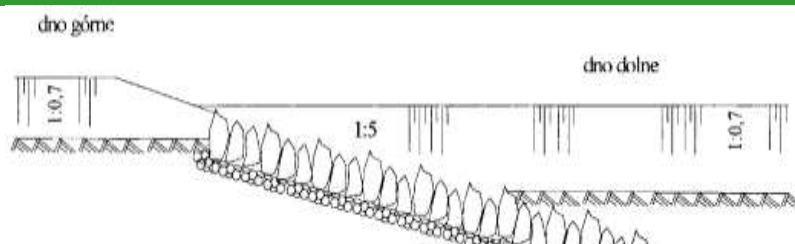
Szerokość dna cieku 3-5 m. Aby zapobiec osiadaniu bloków kamiennych, należy ułożyć pod nimi warstwę filtracyjną z grubego żwiru, a nad nią warstwę z kamienia łamanego.

Efekty w środowisku

Przeciwdziałanie erozji dennej cieku. Zmniejszenie spadku i stabilizacja dna przy dużych różnicach poziomów pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem lub przy dużych prędkościach przepływu. Jednocześnie umożliwia swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych i może spełniać funkcję naturalnej przepławki dla ryb.

Bystrze typu Vincenta

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 90. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu Vincenta [Radecki-Pawlik 2008, 2009].



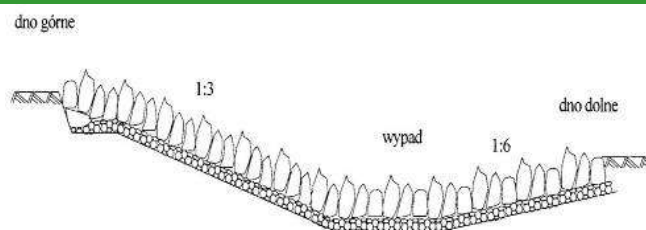
Rysunek 91. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości na rzece Kahl z ubezpieczeniem dna dolnego w formie niecki [Radecki-Pawlik 2008, 2009].

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 typu austriackiego

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 92. 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.

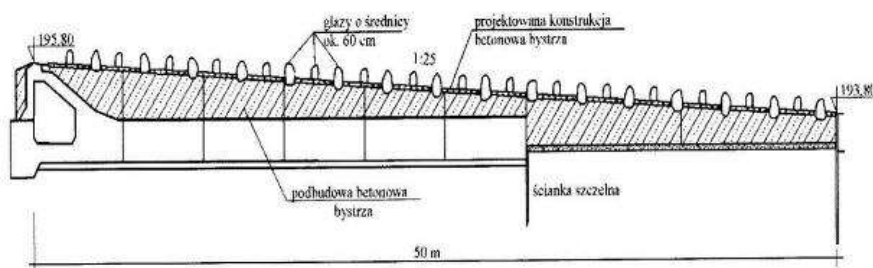
- Zastąpienie progów, stopni oraz kaskad na bystrza

Na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę w Projekcie górkim (MRG3) **nie będą budowane nowe progi, stopnie i kaskady jako samodzielne inwestycje**. Dopuszczalna jest jedynie przebudowa (zastąpienie) istniejących budowli tego typu na bystrza i kaskady bystrzy lub ich rozbiórka. Budowa nowych progów, stopni, kaskad może wystąpić jedynie, gdy będą stanowić **elementy infrastruktury towarzyszącej** zapewniające poprawne funkcjonowanie budowanego lub przebudowanego obiektu głównego np. zbiornika o ile z przyczyn technicznych, nie jest możliwe zastąpienie ich bystrzem.

Na ciekach naturalnych w Projekcie nizinym (MRN3) nie będą budowane nowe stopnie i kaskady jako samodzielne inwestycje, natomiast dopuszczona jest budowa progów, z zastrzeżeniem, że na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę **konieczne jest zapewnienie drożności cieku dla ryb**, w szczególności poprzez zastosowanie przepławek naturopodobnych jak rampy/pochylnie kamienne.

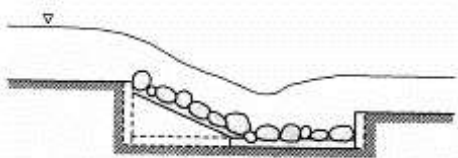
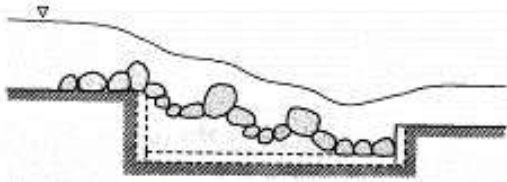
Na rowach możliwe jest wykonanie wszelkich budowli zarówno piętrzących, jak i ograniczających erozję i duży spadek dna koryta w obu Projektach.

W przypadku, gdy konieczne jest zachowanie funkcji dotychczasowego piętrzenia (wysoki próg) można przebudować (zastąpić) je na bystrze o zwiększonej szorstkości (pochylnię) lub stworzyć kanał obiegowy.



Rysunek 93. Projekt przebudowy jazu stałego na przepławkę dla ryb [Mokwa i Wiśniewolski 2008].

Nie zawsze trzeba rozbierać konstrukcję bariery tj. próg czy stopień. Często można wykorzystać jej trwałą konstrukcję i poprzez materiały naturalne zaadaptować ją w taki sposób, aby nie naruszyła ciągłości ekologicznej.

Przebudowa stopni betonowych	
Opis zalecanych rozwiązań	
Bystrze z narzutu kamiennego. W przypadku wykonania nowych budowli można wykonać progową kaskadę kamienną.	
	
Rysunek 94. Przebudowa stopni betonowych - bystrze z kamieni ułożonych na płycie dennej starego progu [Żelazo i Popek 2014].	Rysunek 95. Przebudowa stopni betonowych- kaskada stopni z luźno ułożonych głazów i kamieni [Żelazo i Popek 2014].
Uwagi	
Wysokość zabudowany stopni od 0,3-1,0 m.	
Efekty w środowisku	
Umożliwienie wędrówek ryb i innych organizmów wzdłuż cieku (zamiast budowy przepławek), 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

Szlaki zrywkowe to pasy powierzchni leśnej pozbawione drzew i krzewów, odpowiedniej szerokości i w odpowiednich odstępach, udostępniające wnętrza drzewostanu, przeznaczone do różnych prac z zakresu pielęgnowania lasu, zabiegów z zakresu ochrony lasu, kontroli i taksacji lasu i prac związanych z pozyskiwaniem drewna. Teren ten po zakończeniu pełnienia swojej funkcji, rozjeżdżony, nieosłonięty roślinnością, staje się ścieżką spływu wód powierzchniowych, a co za tym idzie powoduje spotęgowanie procesów erozyjnych i dostarczanie ciekami do zlewni nadmiernej ilości zawiesiny głównie mineralnej (sedymentów). Zawiesina mineralna pochodzenia antropogenicznego negatywnie wpływa na organizmy wodne, a nadmierna sedymentacja w korycie rzek obniża jakość wody i środowiska wodnego.

Poniżej przedstawiono rozwiązania związane z zagospodarowaniem tych terenów.

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) posadawia się w brzegach konstrukcję z bali, wzmocnioną palisadą z obu stron. Niesiony przez wodę rumosz się odkłada, co prowadzi do wypełnienia zagłębień.

W korzystnym mniej stromym terenie ten typ zabudowy można poddać dodatkowej modyfikacji poprzez obsypanie przegrody ziemią od strony dostokowej, celem ograniczenia przenikania wody rzez zaporę. W ten sposób można uzyskać mikroretencję, a powstałe zbiorniczki będą sprzyjać zarastaniu żlebu roślinnością oraz przyczynią się do okresowego gromadzenie wody dla ekosystemu. Ponadto, w samą zaporę wprowadzić można nasadzenia roślinne.

Przykład realizacji



Fotografia 100. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych Nadleśnictwo Wiśła, fot. J. Smarczewski, 2021



Fotografia 101. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych w Nadleśnictwie Jugów (archiwum CKPŚ)



Fotografia 102. Przegroda drewniana wypełniona gałęziówką ubezpieczona narzutem kamiennym w Nadleśnictwie Łądek Zdrój (archiwum CKPŚ).

Uwagi

Przegrody mają na celu: wytracenie energii wody i zatrzymanie niesionego przez nią rumoszu, powstrzymanie erozji i wypełnienie wyerodowanych zagłębień. Przegrody 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 mocowania tak, że dają się łatwo wyjąć.

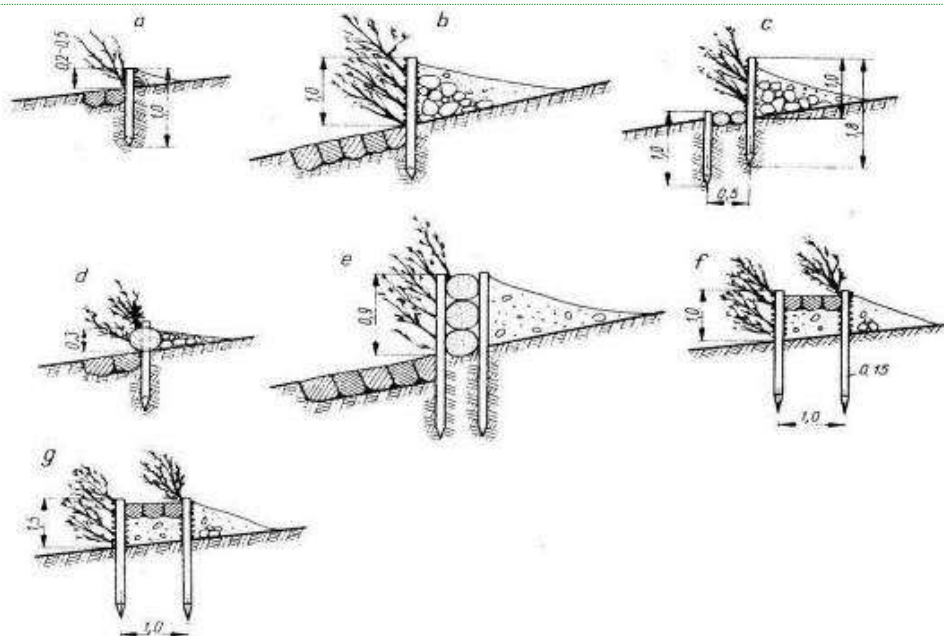
Efekty w środowisku

Ograniczenie nadmiernego spływu powierzchniowego, zatrzymanie wody na stokach (retencja stokowa). Ochrona przed zamuleniem cieków.

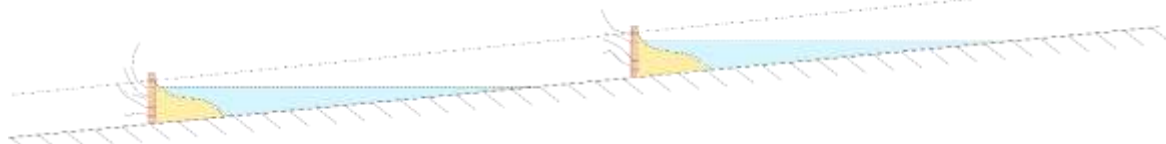
Przegrody drewniano-ziemne z nasadzeniami

Opis zalecanych rozwiązań

W poprzek debr wbija się rzędy zdolnych do odrośnięcia zrzesów wierzbowych. Debrę zalesia się stopniowo poczynając od najbardziej narażonych na erozję brzegów. Przy zabudowie debr do wysokości 1000 m n.p.m. najczęściej stosuje się: grab, dąb szypułkowy, wiąz pospolity, jesion wyniosły, olszę szarą, klon zwyczajny, klon polny, czeremchę, leszczynę, tarninę. Powyżej 1000 m n.p.m. sadi się: jawor, buk zwyczajny, wiąz górski, jodłę pospolitą, jarząb pospolity, modrzew europejski czy jałowiec pospolity.



Rysunek 96. Płotki drewniano-ziemne z nasadzeniami : a, d, c, d - pojedyncze, e, f, g - podwójne [Prochal 1968].



Rysunek 97. 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 małe rozlewiska, 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 1,0 m.

Efekty w środowisku

Płotki powstrzymują nadmierny spływ powierzchniowy i powodowaną przez niego erozję denną i boczną. Umożliwiają proces zalesiania debr.

Przegrody z belek drewnianych

Opis zalecanych rozwiązań

Bełki drewniane ustawione co kilkanaście metrów, prostopadle do kierunku szlaku, mające wysokość około 50 cm. Końce belek utwierdzone na około 50 cm 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. 35 cm.

Przykłady rozwiązań



Fotografia 103. Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych w Nadleśnictwie Wiśła, fot. J. Smarczewski, 2021.



Fotografia 104. Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych w Nadleśnictwie Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ).

Przegrody z kamienia naturalnego

Opis zalecanych rozwiązań

Przegrody z kamienia naturalnego o grubości od 40 do 60 cm (w zależności od szerokości szlaku zrywkowego) wykonane w rozstawie zbliżonej do płotków z belek drewnianych.



Fotografia 105. Narzut z gładkich głazów na szlaku zrywkowym (archiwum CKPŚ).

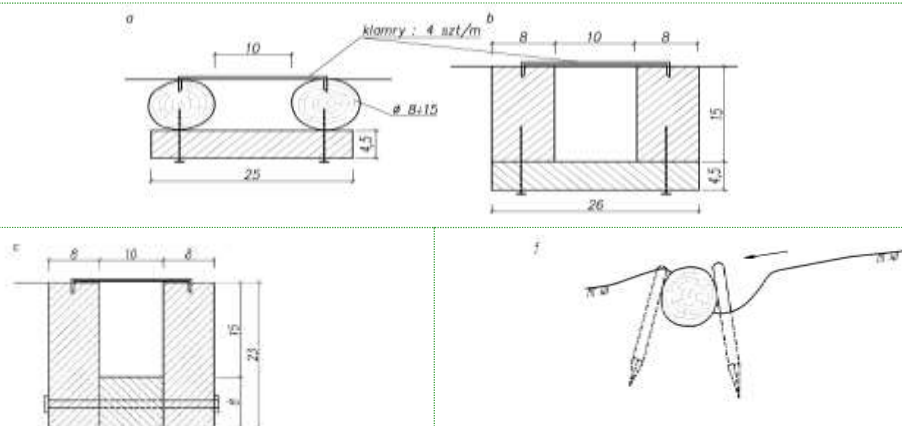
2.2.2. Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg

Poniżej przedstawiono sposoby zabezpieczenia przeciwerozyjnego szlaków komunikacyjnych, odprowadzenia z nich wody opadowej oraz jej zagospodarowania wpisujące się w zakres Projektu.

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%.



Rysunek 98. Przekroje typowych wodospustów a - drewniany z bali, b - drewniany z krawędziaków typ I, c - drewniany z krawędziaków typ II, f - z kamienia lub drewna [Drogi Leśne 2006].

Przykłady realizacji



Fotografia 106. Wodospust z okrąglaków w Nadleśnictwie Gorlice, 2015 (archiwum CKPŚ).



Fotografia 107. Wodospust odprowadzający wodę z drogi do lasu Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ).



Fotografia 108. Wodospust z pojedynczego okrąglaka (archiwum CKPŚ).



Fotografia 109. Wodospust z kantówek Nadleśnictwo Lwówek Śląski (archiwum CKPŚ).

Efekty w środowisku

Powstrzymanie spływu 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 klamrami. 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.



Fotografia 110. Wodospust na terenie Nadleśnictwa Bystrzyca Kłodzka [Las Polski 8/2010].

Efekty w środowisku

Powstrzymanie spływu powierzchniowego na drogach i szlakach zrywkowych, odprowadzenie nadmiaru wody na teren zalesiony.

Doły/niecki chłonne

Opis zalecanych rozwiązań

Doły chłonne magazynują wodę, która zbierana jest z powierzchni szlaków zrywkowych i dróg ukierunkowaną przez wodospusty i małe rowki, grobelki, muldy. Woda, która dotychczas spływała po powierzchni szlaków komunikacyjnych zatrzymywana jest w dołach skąd częściowo odparowuje i wsiąka w grunt.



Fotografia 111. i Fotografia 112. Doły chłonne wykonane w Nadleśnictwie Jugów, fot.: J. Goliasz, R. Majewicz.

Efekty w środowisku

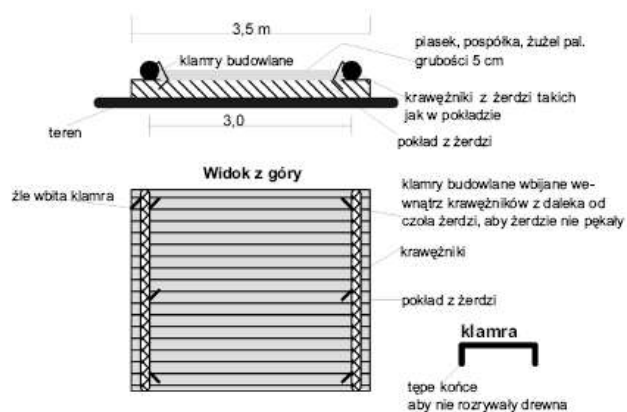
Doły chłonne zwiększają retencję glebową i zatrzymują wodę w lesie, dodatkowo pełnią funkcje mikrobiorników (kałuż ekologicznych) zwiększających różnorodność biologiczną terenów leśnych. Czasem posadowione są na tzw. kominkach filtracyjnych (wymienionym gruncie o dużej przepuszczalności – piasek, żwir) co umożliwia infiltrację wód w głębsze warstwy gruntu, aż do poziomów wodonośnych.

Dylówka, dyłowanka, dylina

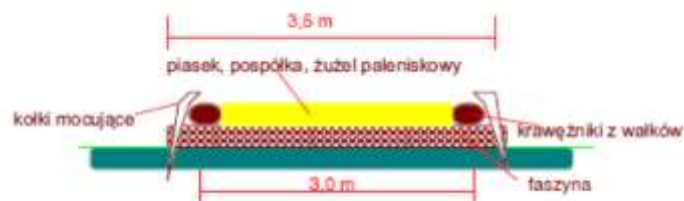
Opis zalecanych rozwiązań

Ułożone na krótkich odcinkach (w ramach Projektu do 1000 m), obok siebie i poprzecznie do osi drogi żerdzie dębowe. Krawężniki drewniane umieszczone po obu bokach drogi powinny być spięte klamrami budowlanymi. Wałki drewniane powinny zostać przysypane min. 5-10 cm 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 brzoową lub olchową.



Rysunek 99. Dylówka z żerdzi dębowych [Drogi leśne 2006].



Rysunek 100. Dylówka z faszyny [Drogi Leśne 2006].

Przykład realizacji



Fotografia 113. Dyłowanka na drodze leśnej w Nadleśnictwie Jeleśnia, fot. J. Smarczewski, 2021

Efekty w środowisku

Zapewnienie przepływu wód powierzchniowych pomiędzy obszarami podmokłymi, rozdzielonymi drogami lub szlakami zrywkowymi, przy jednoczesnej przejezdności drogi.

IV. Adaptacja obiektów do zmian klimatu.

1. Dostosowanie obiektów do bardzo niskich stanów wody i susz

W ostatnich latach coraz częściej mamy do czynienia z ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi. Rok 2023 był kolejnym z rzędu rokiem o najwyższej średniej wielkości temperatur oraz najdłuższych okresach dni bez opadów. Następuje znacząca zmienność w ilości rocznych sum opadów. Dla przykładu, w 2017 roku odnotowano najwyższą sumę opadu w okresie ostatnich 10 lat znacznie ponad 700 mm, w 2016 i 2023 r. ponad 650 mm, podczas gdy w 2015 i 2018 roku było to zaledwie około 490 mm. Największa polska rzeka Wisła w ostatnich latach 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 średnia wieloletnia suma opadów w Polsce nie zmienia się zasadniczo, ale opady te są coraz bardziej nierównomiernie rozłożone w czasie, powodując z jednej strony długie okresy niedoboru opadów, a z drugiej - okresy bardzo intensywnych opadów o gwałtownym przebiegu. Zmienność ta występuje zarówno w ciągu jednego roku, jak i w poszczególnych latach.

W związku z powyższym, powinno ulec zmianie także podejście do projektowania i utrzymywania obiektów hydrotechnicznych. Oczywiście spektrum rozwiązań jest ograniczone i zastosowane modyfikacje nie będą stanowić całkowitego antidotum na wszystkie okoliczności i czynniki pogodowe, jednakże, w części przypadków zwiększą szanse na przetrwanie organizmów wodnych i siedlisk z wodą związanych, ale też ograniczają ryzyko strat w mieniu w sytuacji powodzi i podtopień.

1.1. Rozwiązania możliwe do zastosowania w zbiornikach wodnych

Jednym z zagrożeń przy tego typu obiektach jest nagrzewanie się wody w zbiorniku i co za tym idzie zwiększone parowanie z nasłonecznionego lustra wody. W niektórych przypadkach zbiorników przepływowych, zasilanych stosunkowo małymi ciekami lub rowami, ubytek wody poprzez parowanie może prowadzić nawet do zaniku przepływu poniżej obiektu. Z kolei w przypadku zbiorników bocznych długotrwały stan niżówek może skutkować odcięciem zasilania zbiornika w wodę. Stosunkowo najtrudniejsza jest sytuacja w przypadku zbiorników zasilanych tylko spływem powierzchniowym, a więc uzależnionych tylko i wyłącznie od bilansu opadów i spływu powierzchniowego, parowania i przesiąkania/podsiąkania wody gruntowej. Takich obiektów przechwytyjących i magazynujących dla ekosystemu wodę powinno być budowanych jak najwięcej, w szczególności w górnych częściach zlewni.

Zbiorniki zasilane spływem powierzchniowym możemy realizować właściwie w każdym terenie. Ich napełnianie się będzie pewniejsze i poziom wody bardziej stabilny, jeżeli zadbamy przy wyborze lokalizacji o odpowiedni układ terenu

przyległego, wielkość zlewni doprowadzającej do nich wodę oraz rodzaj gruntu na jakim są posadowione. Dotychczasowe doświadczenia np. Nadleśnictwa Stuposiany, pokazały, że nowo wybudowane zbiorniki napełniły się bardzo szybko, a woda utrzymuje się w nich mimo największych długotrwałych fal upałów. Podobne realizacje przeprowadziły Nadleśnictwa: Nawojowa i Piwniczna. Szczególnie Nadleśnictwo Piwniczna wykazało się dużą pomysłowością w adaptacji naturalnych zagłębień terenu w kierunku tanich, niewielkich, ale świetnie wkomponowanych w krajobraz zbiorników. Jest to przykład działań adaptacyjnych potwierdzających, że na dużych wysokościach nad poziomem morza też jest możliwe gromadzenie wody. Nie bez znaczenia pozostaje tu fakt, że zbiorniki te zlokalizowane są z reguły w intensywnie zacienionych miejscach, gdzie parowanie jest znacznie mniejsze. Kilka przykładów przedstawiono poniżej.



Fotografia 114. i Fotografia 115. Miejsca na mikrozbiorniki zasilane spływem powierzchniowym przygotowane w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ).



Fotografia 116., Fotografia 117., Fotografia 118. i Fotografia 119. Przykłady wykorzystania naturalnego ukształtowania terenu do realizacji zbiornika retencyjnego lub kałuży ekologicznej w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ).



Fotografia 120. Zbiorniki w Nadleśnictwie Nawojowa niedługo po wybudowaniu (niewielka jeszcze sukcesja na brzegach), wypełnione po pierwszych większych deszczach (archiwum CKPŚ).



Fotografia 121. Mikroretencja w bezodpływowych zagłębieniach terenu – kaskada zbiorników w szerokim wąwozie w Nadleśnictwie Piwniczna (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 wykorzystywać 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 mikrozelewni sprzyja wykorzystaniu do zasilania wodą zbiornika nie tylko z cieków lub rowów stale prowadzących wodę, ale i innych nawet bardzo niewielkich cieków okresowych. W przypadku obiektów już istniejących również jest często możliwość wykorzystania cieków wcześniej omijających obiekt lub wpadających poniżej obiektu.

Bardzo ciekawe możliwości daje wykorzystanie potencjału wód spływających po drogach i szlakach zrywkowych w pobliżu danego zbiornika. Niekiedy właściwe, przemyślane ukierunkowanie wody na zbocza wodospustami może powodować zwiększony spływ powierzchniowy wód opadowych bezpośrednio do zbiornika lub/i cieków powyżej obiektu. Dodatkowo można tworzyć muldy i grobelki prowadzące wodę ze stoku bezpośrednio do zbiornika albo do trasy naturalnego spływu wody do obiektu.



Fotografia 122. Zbiornik retencyjny w Nadleśnictwie Piwniczna na spływ powierzchniowy zaraz po wybudowaniu, dodatkowo zasilany wodą spływającą z leśnej drogi (archiwum CKPŚ).



Fotografia 123. Końcowy ze zbiorników kaskadowych w Nadleśnictwie Baligród zasilanych z cieku a dodatkowo także wodą doprowadzoną z rowu przydrożnego – na pierwszym planie widoczne miejsce zasilania zbiornika wodą z rowu, fot. M. Mikulska.

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 ilości 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. Dobrze sprawdzać się tu mogą 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 rzucany 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 obniżenia zwierciadła wody w czaszy utrzymuje się najdłużej, stanowiąc miejsce schronienia dla organizmów wodnych. Ponadto, w sytuacji zagrożenia całkowitego wyschnięcia wody w zbiorniku i konieczności przeniesienia żyjących tam organizmów (szczególnie gatunków chronionych) tego typu obniżenia dna sprzyjają koncentracji organizmów ułatwiając ich wyłowienie.

Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku adaptacji obiektów na cel retencji wody i rozwoju różnorodności biologicznej w ekosystemie leśnym dawnych wielkoobszarowych stawów hodowlanych o stosunkowo niewielkim piętrzeniu, płytkiej wodzie i płaskim dnie. 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.



Fotografia 124. Ekspansja roślinności na płaskim dnie zbiornika (jeden z górnych stawów w kompleksie) w Nadleśnictwie Szprotawa, fot. K. Guzek.



Fotografia 125. Niezróżnicowany profil dna dawnego zbiornika w Nadleśnictwie Szprotawa, fot. K. Guzek.

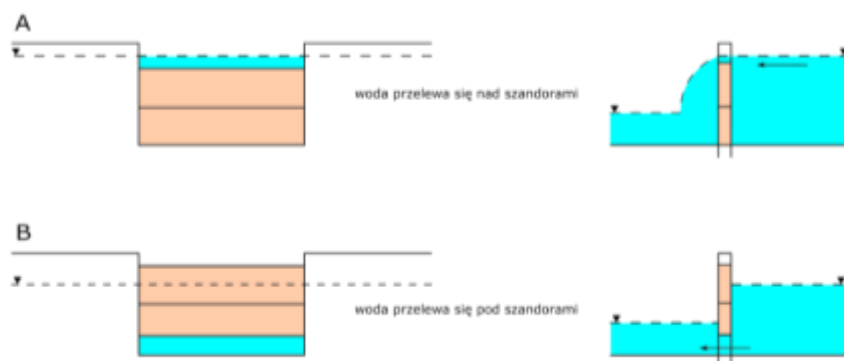
Celowe jest ukształtowanie profilu dna w sposób tarasowy, prowadzący do koncertowania wody w czasie wysychania zbiornika na coraz mniejszym obszarze kosztem zmniejszania się powierzchni lustra wody. Obszary o większej głębokości zapewniają niższą temperaturę przy dnie, a przede wszystkim dają szansę na utrzymanie się wody dłużej w akwie podczas susz, co być może umożliwi przetrwanie organizmom wodnym do czasu kolejnych opadów. Przy przebudowie zbiornika, zalecanym rozwiązaniem jest projektowanie obszarów przegłębianych,

o dużo niższej rzędnej od pierwotnego dna i dna koryta na wylocie. Przegłębienie może sięgać nawet do poziomu warstw wodonośnych, występujących w gruncie przy niewypełnionej wodą czasy zbiornika.

Miejsca zagłębień w dnie będą szybciej ulegały zamuleni. Tym procesom również można w pewnym stopniu przeciwdziałać w sposób techniczny, szczególnie w przypadku zbiorników wyposażonych w upust denny (spust). Upust można wykorzystać do oczyszczania zagłębienia z namulów. Tego typu rozwiązania są bardzo tanie i proste w obsłudze.

Po czwarte – **zadbać o właściwy dobór konstrukcji budowli piętrzących i ich właściwe użytkowanie**. Najczęściej stosowane rozwiązania w przypadku małych obiektów to proste bezobsługowe przetamowania z kamieni lub ścianki drewnianej powodujące niewielkie podpiętrzenie wody w korycie cieków lub rowu umożliwiające dopływ części wody do zbiornika czy mokradła. Znacznie rzadziej, szczególnie w przypadku obiektów górskich, stosowane są zastawki, którymi przez regulowanie poziomu wody stwarza się większe możliwości zarządzania nią w zależności od potrzeb w danym okresie.

W celu ograniczania zamulenia zbiorników czy koryt rowów, kanałów i cieków, bardzo ciekawe możliwości daje zastosowanie zastawki z przepływem wody pod zasuwą (szandorem). Rozwiązanie zapewnia ciągłość przepływu przy niżówkach, natomiast przy większym przepływie woda ma możliwość przelania się górą do koryta, nie stwarzając ryzyka uszkodzenia budowli podczas wezbrania. W tym rozwiązaniu rumosz wleczony i cięższe frakcje rumoszu zawieszonego w większości kierowane są do koryta, zapewniając ciągłość jego przemieszczania. W okresie zimowym dodatkowo ułatwia przepływ pod zamarzniętą taflą lodu. W przypadku, gdzie występuje znikomy transport rumoszu wleczonego w korycie, takie rozwiązanie może być niekorzystne, bo na powierzchni wody gromadzi się biomasa, tj. liście, patyki, trawy i inne części organiczne niemające możliwości odpływu. Nie jest to także zalecane przy tworzeniu obszarów mokradłowych, gdyż przy niskich przepływach dochodzi do odwodnienia terenów cennych przyrodniczo. To rozwiązanie konstrukcyjne wymaga świadomego sterowania w różnych okresach roku oraz stanach hydrologicznych. Dwie omawiane pozycje szandoru na zastawce pokazuje rysunek poniżej.



Rysunek 101. Różne pozycje szandorów na zastawce – rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.

Warto także w niektórych sytuacjach zastosować na wlocie do zbiornika lub pomiędzy zbiornikiem wstępnym a głównym, zaporę przeciw liściom i kamieniom wleczonym po dnie. Takie rozwiązanie składające się z niezbyt ściśle postawionej palisady z okrągłaków wbitych w dno na dopływie do zbiornika.

Tego rodzaju połączenie progu z zaporą przeciwrumoszową ma wspomagać sedymentację i ograniczenie dostawania się osadów do zbiornika głównego. Jednak na ciekach, którymi migrują ryby zapora taka będzie ograniczać możliwości ich migracji. W przypadku zbiorników na cieku naturalnym rozwiązanie w takiej formie nie może być stosowane.

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 fitoplanktonowych (powodujących tzw. zakwity wód) i beztlenowych (saprobiontów), gromadzenie się znacznej ilości materii organicznej (namulów), ograniczenie dostępu światła słonecznego do roślinności w dnie zbiornika powodująca jej obumieranie, aż w końcu stopniowe wypłylenie akwenu.

Czynniki sprzyjające eutrofizacji to przede wszystkim dostawa ścieków i odpadów oraz niewłaściwie prowadzona gospodarka rolna:

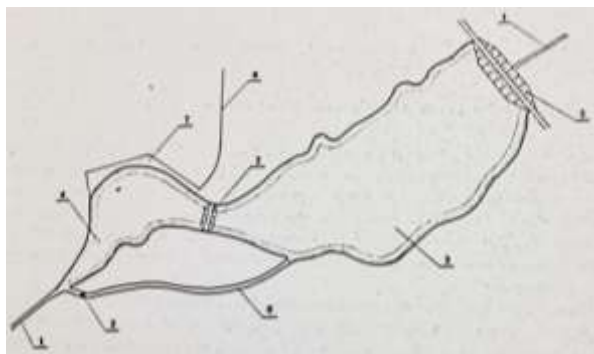
- ✓ uprawa gruntów ornych w bezpośrednim sąsiedztwie cieku/zbiornika,
- ✓ brak stref buforowych, ograniczających dopływ biogenów z pól,
- ✓ niewłaściwy kierunek uprawy roli na stokach,
- ✓ intensywna produkcja rolna (bez przedplonów i poplonów),
- ✓ produkcja zwierzęca w tym wypas bydła.

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.

Warto tu zwrócić uwagę, że **znaczenie stosowania zbiorników wstępnych jest niedoceniane.** Ich zadaniem jest przechwytywanie i odkładanie rumoszu zawieszonego i wleczonego, który łatwo (bez konieczności spuszczenia wody ze zbiornika głównego) jest usunąć. Roślinność naczyniowa celowo nasadzana w czaszy zbiornika wstępnego przechwytyuje i wiąże pierwiastki biogenne oczyszczając tym samym wodę. Prace odmuleniowe i konserwacyjne na zbiornikach wstępnych, ze względu na ich wielkość mają mniejszy zakres, choć powinny być prowadzone częściej niż na zbiorniku głównym. Jednakże zabiegi te są relatywnie proste i tanie i pozwalają

na bieżąco kontrolować i wpływać na stan obiektu głównego. Dodatkowo zbiorniki te wyposażone są w infrastrukturę np. drogową ułatwiając te prace.



1. - rzeka
2. - zapory
3. - zbiornik
4. - zbiornik wstępny
5. - jaz wlotowy
6. - kanał odprowadzający wody wielkie i przepływy w okresie czyszczenia zbiornika
7. - stanowisko i urządzenia do czyszczenia zbiornika
8. - droga dojazdowa

Rysunek 102. Zbiornik ze zbiornikiem wstępnym zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo, 1993].

Jak postępuje proces eutrofizacji i jaką rolę może odegrać w jego hamowaniu zbiornik wstępny dobrze ilustruje analiza procesów zachodzących na pierwszych zbiornikach w kaskadowych układach przelewowych. Przykład przedstawia zdjęcie poniżej.



Fotografia 126. Mały zbiornik wstępny przed większym zbiornikiem głównym w Nadleśnictwie Przasnysz (archiwum CKPŚ).



Fotografia 127. Dwa zbiorniki w kaskadzie – lustro wody drugiego zbiornika jest niezarośnięte (archiwum CKPŚ).

Ciekawym rozwiązaniem, możliwym do zastosowania na zbiornikach, które może dodatkowo wspomagać oczyszczanie wody, są pływające wyspy. Sztuczna wyspa to z reguły drewniana kratownica, tratwa pokryta albo matą z włókien kokosowych, jutową, lub ułożonych naprzemiennie ściętych łodyg trzciny lub słomy. Nasadza się na niej roślinność naczyniową. Przykładowe gatunki roślin możliwe do zastosowania: jeżogłówka gałęziasta, kosaciec żółty, manna mielec, manna zwyczajna, pałka szerokolistna, pałka wąskolistna, sit rozpierzchły, tatarak zwyczajny, trzcina pospolita, turzyca brzegowa. Wyspy te symulują warunki podobne jak w naturalnej ostoi - stanowi miejsce dla rozwoju roślinności i dla gniazdowania ptaków. Tego typu platformę o dowolnym kształcie i wielkości można stosować praktycznie na każdym zbiorniku wodnym. Należy ją zakotwiczyć w dnie.



Fotografia 128. Pływająca wyspa - efekt jeszcze bez roślinności [http://old.zpkww.pl].



Fotografia 129. Zasiedlone wyspy, fot. L. Iwanowski [www.hydrolech.com.pl].

1.2. Rozwiązania możliwe do zastosowania w budowlach piętrzących i komunikacyjnych.

Niestety obecnie nadal część obiektów poprzecznych w korycie cieku projektowana jest w sposób nie uwzględniający niskich stanów wody. W tym zakresie praktyki projektowe są negatywnie opiniowane przez wielu autorów artykułów, wytycznych czy dobrych praktyk w zakresie obiektów inżynierii wodnej. Nadmienić należy, że w ostatnich latach na wielu ciekach występowały stany wody nigdy wcześniej nienotowane, zarówno w zakresie stanów niskich, jak i wysokich. **Dlatego, przy wszystkich typach obiektów retencyjnych powinny być uwzględnione rozwiązania konstrukcyjne uwzględniające zarówno ryzyko wystąpienia wezbrań katastrofalnych, jak i ekstremalnie niskich stanów wód, w tym również pod kątem zachowania ciągłości ekologicznej cieku.**

Powyższe budowle w przypadku niskiego poziomu wody w korycie mogą stać się barierami nie do przebycia dla organizmów wodnych. Częstą wadą projektową dla tych obiektów może być ich całkowicie płaski przekrój poprzeczny dna i nadmierna szerokość skutkującą przepływem wody bardzo płytką warstwą.



Fotografia 130. Błędnie zaprojektowana rzędna dna ograniczająca migrację ryb podczas niszów [Kosicki 2011].

Posadowienie skrzynek/rurociągów na tej samej rzędnej jest dużym błędem, bo brak koncentracji przepływu w jednej przestrzeni tworzy barierę migracyjną organizmów przy niskich stanach wody. Dodatkowo często się zdarza, że łączna szerokość światła budowli jest dużo szersza niż naturalne koryto cieku. Rozwiązaniem zarówno przy

istniejących przepustach tego typu jak i przy projektowaniu nowych przepustów jest dodanie ścianek ukierunkowujących przepływ do jednej komory przy niskich stanach wody.

Podobny problem występuje także w odniesieniu do **brodów**. Ma to miejsce w sytuacjach, gdy bród cechuje się płaską płaszczyzną pokładu, rozprawiającą ciekłą warstwę wody po całej swojej powierzchni.

Tymczasem, wystarczy lekkie, kilkuprocentowe, obustronne nachylenie płaszczyzny poprzecznej obiektu ku środkowi, koncentrujące wodę nawet przy bardzo niskich stanach do postaci strużki zwiększającej zdolności przepływu (układ litery „V” o bardzo dużym kącie rozwarcia).



Fotografia 131. Bród drewniano-kamienny koncentrujący wodę pośrodku – Nadleśnictwo Jeleśnia, fot. J. Smarczewski, 2021.

W przypadku bardzo małych brodów na małych ciekach, często o dużej dynamice przepływów, również warto zadbać o przelewy na małą wodę, jak na zdjęciach poniżej. Nawet jak ciek okresowo prowadzi wodę jest to rozwiązanie korzystne.



Fotografia 132. Przelew na małą wodę w środkowej części brodu Nadleśnictwo Jawor (archiwum CKPŚ).

wybicie się, a innym organizmom na przetrwanie w czasie niskiej wody. Ponadto, jest to doskonale rozwiązanie przeciwerozyjne, gdyż w niecce wypadowej wytracana jest energia spadającej wody, jednocześnie umocnienie kamienne ogranicza erozję denną poniżej progu.

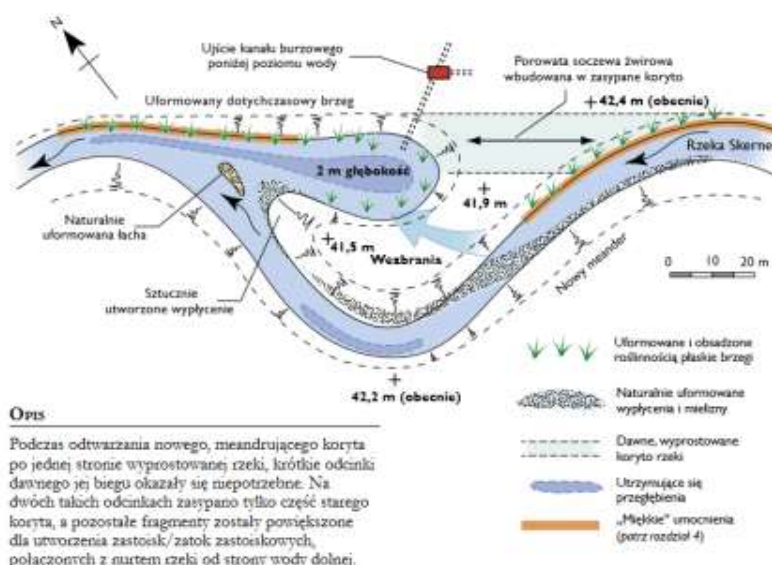


Fotografia 136. Podmyty próg w rok po wybudowaniu. Brak umocnienia niecki wypadowej (archiwum CKPŚ).

Widoczna na zdjęciu powyżej erozja denną poniżej progu obniżyła poziom dna odsłaniając podstawę progu i podwyższając jego wysokość. Dlatego, podpieranie nawet niskich progów gurtami w celu stworzenia niecki wypadowej poniżej i ustabilizowania dna powinno być stałą praktyką. Można także zastosować przy progach wcześniej wybudowanych. Należy pamiętać, że konstrukcje na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę muszą umożliwiać migrację ryb. Dlatego należy stosować przelewy na małą wodę oraz elementy przepławek, w szczególności naturalnych tj. rampy denne, pochylne w formie konstrukcji o zwiększonej szorstkości: narzuty kamienne, rygle, struktury głazów lub inne rozwiązania jak wcześniej wspomniane kaskady bardzo niskich progów z narzutem kamiennym.

1.3. Rozwiązania możliwe do zastosowania w przypadku cieków naturalnych oraz rowów

W zależności od ukształtowania i dostępności terenu możliwe jest tworzenie zatok zastoiskowych lub mikrozbiorników/kałuż ekologicznych. W przypadku cieków silnie meandrujących często wykorzystuje się do ich utworzenia starego odciętego meandru, starorzecza lub innego pobliskiego obniżenia terenu tuż przy korycie. Funkcją zatoki zastoiskowej jest głównie umożliwienie rozrodu i żerowania organizmom w spokojnej wodzie, a w przypadku niżówek i susz, o ile głębokość zatoki jest większa niż koryta cieku, może się ona okazać miejscem przetrwania 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 dłuższy czas.



Rysunek 105. Odtwarzanie zatok zastoiowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].

Takie rozwiązanie zostało zastosowane przez Nadleśnictwo Międzyzlesie. Na silnie erodującym i meandrującym cieku została stworzona zatoka zastoiowa.



Fotografia 137. Zatoka zastoiowa/mikrozbiornik i zastawki na dopływie – Nadleśnictwo Międzyzlesie (archiwum CKPŚ).

Podobnym rozwiązaniem są mikrozbiorniczki. 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 rodzaju podłoża.



Fotografia 138. i fotografia 139. Małe zbiorniki boczne w Nadleśnictwie Łądek Zdrój (archiwum CKPŚ).

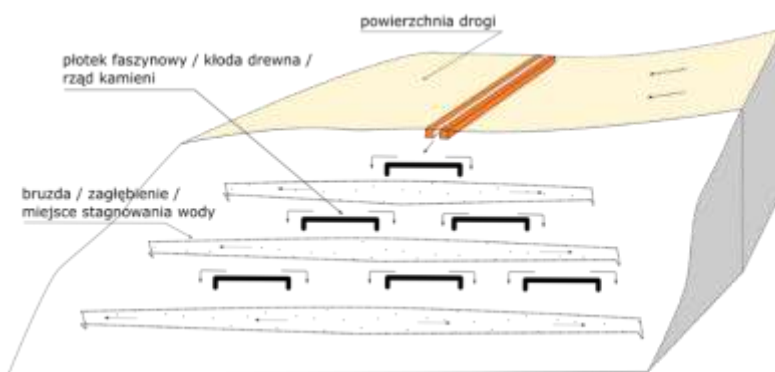
1.4. Przechwycenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych.

Woda odprowadzana jest wodospustami z powierzchni drogi lub szlaku zazwyczaj na stok, łącząc dwie funkcje: ochronę nawierzchni drogi przed erozją oraz spowolnienie spływu i jak najdłuższe zmagazynowanie wody w środowisku. Realizacja pierwszego celu jest stosunkowo prosta – zapewnia ją sam montaż wodospustu, ale efektywne zatrzymanie wody w ściółce leśnej lub otoczeniu nie jest takie oczywiste. Na bardzo stromych stokach woda spływająca z wodospustu zwartym strumieniem może tworzyć wyłobienie erozyjne i w niewielkim stopniu wsiąkając w ściółkę. Aby temu przeciwdziałać można stosować na takich zboczach rozpraszacze wody, jak na przykładach poniżej.



Fotografia 140. i Fotografia 141. Płotki faszynowe przeciwoerozyjne rozpraszające wodę na stok (archiwum CKPŚ).

Tego rodzaju płotki faszynowe muszą być odpowiednio podparte, by nie uległy wyłamaniu. Mogą to też być poziome belki, kamienie lub garby ziemne. Ich działanie można zwielokrotnić stosując na zboczu kilka rzędów takich elementów. Poniżej płotków zaleca się też wykonać zagłębienia, dołki, bruzdy wzdłuż stoku, gdzie woda będzie się wlewać i stagnować.



Rysunek 106. Rozłożenie na stromym stoku elementów rozpraszających wodę na coraz większą szerokość, dodatkowo z zastosowaniem bruzd - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.

Ciekawym sposobem zatrzymywania wody w środowisku są doły/niecki chłonne (infiltracyjne) lub kałuże ekologiczne, których głównym zadaniem jest przyjęcie nadmiaru wody spływającej drogą w miejscach, szczególnie gdzie trudno jest ją odprowadzić na stok. Te rezerwuary wód mogą mieć charakter kałuż ekologicznych, czyli płytkich zbiorników/zagłębień z reguły posadowionych na gruntach słaboprzepuszczalnych, gdzie woda stagnuje i tworzy dogodne miejsca bytowania dla organizmów i zasilając ekosystem w okresach susz. Niecki, doły lub rowy chłonne (infiltracyjne), z reguły głębsze, zlokalizowane na gruntach przepuszczalnych i o głębokim zaleganiu wód gruntowych, często poniżej dna wypełnione żwirem/tłuczniem, których głównym celem jest szybka infiltracja/pochłanianie wody oraz ich oczyszczenie.



Fotografia 142. Doły chłonne i kałuże przejmujące wodę odprowadzaną rowkami z drogi (archiwum CKPŚ).

Warto zwrócić uwagę, że sytuacja terenowa wokół trasy drogi często sprzyja odprowadzeniu wody do istniejących już obiektów tj. zbiornik, rów, ciek lub przy niewielkim nakładzie pracy daje możliwość stworzeniu nowych miejsc magazynowania i infiltracji wody.

2. Dobre praktyki i nietypowe rozwiązania związane z gwałtownymi opadami i wezbrzeniami

Wiele opisanych wcześniej rozwiązań np. zbiorniki suche, rezerwa powodziowa i przelewy awaryjne na zbiornikach, umocnienia brzegów, wodospusty na drogach i inne stanowi element dostosowywania infrastruktury do gwałtownych spływów/przepływów wód. Intencją tego rozdziału jest uwypuklenie rozwiązań nietypowych, a wpływających na bezpieczeństwo budowli.

2.1. Adaptacja dawnych obiektów

Jednym z przykładów są zrealizowane w Nadleśnictwie Międzylesie zbiorniki suche na cieku z przelewami szczelinowymi (nieprzerwywającymi 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.



Fotografia 143. Widok na zaporę czołową dawnego zbiornika na cieku do spławu drewna w Nadleśnictwie Międzylesie, przerobionego na zbiornik przeciwpowodziowy (archiwum CKPŚ).



Fotografia 144. V-kształtny przelew wody ze zbiornika przeciwpowodziowego w Nadleśnictwie Międzylesie, umożliwiający przejście rumowiska i samoczynne napełnianie i opróżnianie obiektu (archiwum CKPŚ).

W przypadku przegród poprzecznych cieków, poza oczywistymi dość rozwiązaniami powszechnie już stosowanymi (opisanymi we wcześniejszej części opracowania) tj.: zwiększenie światła przepustów, stosowanie przekroi niekołowych, rezygnacja z przepustów wielootworowych, zwiększenie światła pod mostami, stosowanie brodów zamiast przepustów itd., warto też zwrócić uwagę na rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo obiektów podczas przepływów katastrofalnych.

2.2. Ograniczenie ryzyka zatkania przepustów rumoszem

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 konstrukcję przepustu

okularowego w Nadleśnictwie Świeradów, którego dzisiaj już na mocy obowiązujących przepisów nie można by było wybudować.



Fotografia 145. Opróżniona z zalęgającego rumoszu wysoko położona na zboczu góry zapora w Nadleśnictwie Świeradów. (archiwum CKPŚ).

Zmieniły się nie tylko przepisy dotyczące budowy przepustów i zapór przeciwrumowiskowych, ale także podejście projektantów oraz dostępność nowoczesnych materiałów budowlanych, dzięki czemu nie ma już konieczności budowy tych obiektów. Poniższe zdjęcia z przebudowy przepustu na obiekt łukowy o dużym świetle pokazują, że zastosowanie przepustów o naturalnym dnie, szerokości koryta i dużej przepustowości ogranicza ryzyko zatkania światła przepustu i nie przerywa ciągłości transportu rumowiska, czyniąc tym samym ten obiekt bezpiecznym i bezobsługowym.

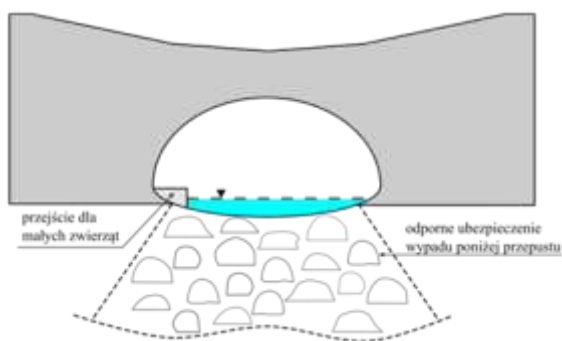


Fotografia 146. i Fotografia 147. Przebudowa przepustu na nowoczesną konstrukcję odporną na zatkanie rumoszem Nadleśnictwa Baligród (archiwum CKPŚ).

2.3. Przepust z umocnionym przelewem na powierzchni drogi

Rozwiązanie wywodzi się z czasów, gdy stosowane prefabrykaty betonowe nie miały wystarczających średnic, a wodę katastrofalną starano się tak ukierunkować, by nie zniszczyła przepustu i drogi w jego otoczeniu. Na powierzchni drogi nad przepustem o zbyt małym dla stanów ekstremalnych świetle, uformowany był przelew V-kształtny,

kierujący wodę przelewającą się górą przez koronę drogi na solidnie przygotowany wypad poniżej budowli. Działał on podobnie do przelewu powierzchniowego (awaryjnego), zaś teren powyżej przepustu zmieniał się niejako w zbiornik okresowy. To rozwiązanie zależne jest od ukształtowania terenu, nie jest możliwe do zastosowania w każdej sytuacji. Również teraz, mimo dostępności konstrukcji rurociągów o właściwe dowolnej średnicy może być w niektórych sytuacjach stosowane. Nawet w przepustach jednootworowych i dużych średnicach podczas powodzi może dojść do zatkania rumoszem.



Rysunek 107. Schemat przepustu z przelewem górnym.



Fotografia 148. Straty powodziowe w 1997 r. – rozmyty przepust o zbyt małym świetle (archiwum CKPŚ).

2.4. Dodatkowe przelewy na wody wezbraniowe

Oczywiście w przypadku przepustów najlepszym możliwym rozwiązaniem jest wykonanie rurociągów o bardzo dużym świetle. Niemniej jednak sytuacja terenowa i wezbrania katastrofalne mogą wymagać jeszcze większego przekroju na wody katastrofalne, niż jest w stanie zapewnić pojedynczy rurociąg. Wówczas do rozważenia jest rozwiązanie prezentowane na poniższych zdjęciach - dodatkowe boczne rurociągi posadowione wyżej i pracujące tylko przy wyższych stanach wody. Co do zasady przepusty wielootworowe są niedopuszczane w obu Projektach, jednak w ww. specyficznych sytuacjach, po uzgodnieniu z CKPŚ, przy braku możliwości zastosowania innych rozwiązań, taki obiekt właściwie mostowy może być zrealizowany.



Fotografia 149. Przykłady wielootworowych przepustów z rezerwową przepustowością na wody powodziowe [Kosicki 2011].

2.5. Barierki na mostach i przepustach

Konstrukcja barierki na obiektach mostowych lub przepustach wydaje się mało istotna z perspektywy bezpieczeństwa całego obiektu. Analiza strat powodziowych pokazuje jednak, że w wielu przypadkach do zerwania przeprawy mostowej lub wymycia znacznych wyrw w korpusie drogi dochodzi wówczas, gdy obiekt ten posiada zbyt gęstą i mocno utwardzoną barierkę. Dzieje się tak w sytuacjach, gdy potężne masy wody nie mieszczą się już w świetle obiektu, a dodatkowo woda niesie dużą ilość rumoszu drzewnego w postaci gałęzi, konarów a nawet całych drzew i śmieci. 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 zapórę podnoszącą dodatkowo poziom wody. Siła naporu jest tak duża, że może dojść do zniszczenia całego obiektu wraz z przyczółkami. Najbardziej zagrożone są obiekty drewniane, o małej masie, często filarach ulokowanych w korycie. 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.



Fotografia 150. Rumosz niesiony wodą w czasie katastrofalnego wezbrania osadzony na moście (archiwum CKPŚ)



Fotografia 151. Zerwany most w Nadleśnictwie Łądek Zdrój. (archiwum CKPŚ).

Poniżej przedstawiono przykład pozornie mało wytrzymałego mostu drewnianego na szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Zdroje, który przetrwał powódź w 1997 roku, w stanie nienaruszonym, pomimo gwałtownego wezbrania i przelewania się mas wody aż o 1 m powyżej jego korony. 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, ma duże światło oraz nie posiada filarów.



Fotografia 152. Mostek w Nadleśnictwie Zdroje ocalały w stanie nienaruszonym po przejściu fali powodziowej o metr nad nim w 1997 roku, fot. B. Noga (archiwum CKPŚ).

Oczywiście, nie w każdym przypadku rezygnacja z budowy barierki jest dopuszczalna i na niektórych obiektach mostowych i przepustach barierki muszą być wykonane. Jeśli barierka jest niezbędnym elementem budowli to można ją zaprojektować w taki sposób, by z jednej strony zapewniała bezpieczeństwo przechodniom i pojazdom, a z drugiej - była możliwie „ażurowa”, a wolne przestrzenie dawały jak najwięcej miejsca na przepływ rumoszu w czasie wezbrań. Należy także odpowiednio dobrać przekroje i wytrzymałości barierki.

Na poniższych zdjęciach widać różnice w „gęstości” zabudowy barieriek. 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. Istotne jest również sposób ich mocowania.



Fotografia 153. Ażurowa barierka na szczycie przepustu (archiwum CKPŚ).



Fotografia 154. Gęsto szczeblowana barierka na moście. (archiwum CKPŚ).

Reasumując, w terenie górskim i podgórskim oraz niekiedy na terenach nizinnych, zagrożonych dużymi wezbrańmi, należy projektować barierki w sposób

minimalistyczny, ale zgodny z wymaganiami zapewnienia bezpieczeństwa ruchu pieszego i kołowego oraz rozważyć wprowadzenie działań wspomagających bezpieczeństwo powodziowe obiektów.

2.6. Drewniane zapory przeciwrumowskowe na ścieżkach spływu wód powierzchniowych

W przypadku silnie zagłębionych wąwozów, wyerodowanych jarach, a nawet na nieczynnych szlakach zrywkowych, które przekształciły się w cieki/rynny okresowo prowadzące wodę, specyficzną formą zabudowy przeciwerozylnej posiadającą pewne aspekty przeciwpowodziowe są zapory belkowe drewniane. Ich zadaniem jest wyłapanie rumoszu drewnianego i mineralnego oraz stopniowe jego deponowanie powyżej zapory aż do naturalnego zablźniania się dna wąwozu. Dzięki temu następuje spłycenie wąwozu i zmniejszenie spadku podłużnego dna, ale co najważniejsze rumosz nie dostaje się do koryt cieków. Są to konstrukcje nietrwałe, różnej wielkości, które mają się rozpaść doprowadzając do związania rumoszu w trwałe podłoże.



Fotografia 155. Niewielkie zapory przeciwrumowskowe rozłożone w wyerodowanym wąwozie na cieku okresowym. W Nadleśnictwie Limanowa (archiwum CKPŚ).

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 obiekty posiadające tylko przednią ścianę główną bez ściany tylnej. Wtedy bale ścian pochylają się ku tyłowi.

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ



Fotografia 156. Zapora belkowa kaszycowa z drewna w Leśnictwie Przysietnica (archiwum CKPŚ).

W Projektach rekomendowane jest podejście zlewniowe, w tym kontekście warto zwrócić uwagę na możliwe synergiczne, pozytywne oddziaływanie wielu zabiegów i obiektów, które można wykonać w zlewni m.in. w celu zwiększenia bezpieczeństwa powodziowego obiektów komunikacyjnych lub retencji wody.

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

Pojęcie	Definicja	Źródło
Bród	wyraźne spłylenie i zmniejszenie spadku koryta cieków/rowu, o twardym i równym dnie, wykorzystywane jako miejsce przepraw pieszych lub kołowych.	Wolski P., Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
Brzegosłon	konstrukcja służąca do umocnienia środkowej i górnej części skarpy koryta rzeki o szerokości dna większej niż 5 m. Składa się z warstwy ściółki wiklinowej (zdolnej do odrastania) i kieszek przytwierdzonych palikami do podłoża.	Jędryka E., 2006, Proekologiczne budowle wodne, Rozwiązania konstrukcyjne, dostosowanie do parametrów hydraulicznych cieków i uwarunkowań przyrodniczo – krajobrazowych, wyd. IMUZ, Falenty.
Budowle piętrzące	budowle umożliwiające stałe lub okresowe piętrzenie wód powierzchniowych ponad przyległy teren lub naturalny poziom zwierciadła wód.	Art. 16 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz. U. z 2023 r. poz. 1478, z późn. zm.).
Bystrotok	budowla stanowiąca krótki odcinek rowu/cieku o dużym, większym od krytycznego spadku dna, służąca do przeprowadzenia wody z poziomu wyższego na niższy w ten sposób, że strumień nie odrywa się od dna, umocniona i ukształtowana tak, aby koryto nie ulegało erozji, oraz służąca do złagodzenia spadku dna rowu/cieku.	Zał. do Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 czerwca 2020 r. w sprawie sposobu prowadzenia ewidencji urządzeń melioracji wodnych oraz zmeliorowanych gruntów i ustalania obszaru, na który urządzenia melioracji wodnych wywierają korzystny wpływ. (Dz.U. z 2020 r. poz. 1165).
Bystrze	budowla stabilizująca dno koryta wykonywana z narzutu kamiennego o szorstkiej powierzchni i o łagodnym spadku, skonstruowana tak, aby zachowana została ciągłość biologiczna cieków.	http://www.ratujmyrzeki.pl/o-rzekach/dobre-praktyki Zespół ekspertów pod kierownictwem Biedroń I., Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania, Kraków kwiecień 2018.
Ciągłość biologiczna cieków	niezakłócona możliwość migracji organizmów wodnych	Słownik hydrologiczny, Katedra Geoinżynierii i gospodarki wodnej, Politechnika Krakowska https://iigw.pl/new/strony/sownik.htm
Ciek naturalny	rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy naturalnymi lub uregulowanymi korytami.	Art. 16 pkt 5 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. z 2023 r. poz. 1478, z późn. zm.).

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

Ciek okresowy	ciek, w którym woda płynie co roku lub prawie co roku na wiosnę lub późną jesienią oraz w czasie łagodnych zim, tj. w okresie wysokich stanów wody gruntowej. Ciek okresowy zasilany jest przez wody gruntowe i roztopowe. W latach wyjątkowo mokrych nie wysycha. Ma wyraźnie ukształtowane koryto.	Wolski P., Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2002.
Ciek stały (stałe prowadzący wodę)	ciek stale zasilany wodami podziemnymi, a okresowo wodą roztopową i deszczową. Prowadzi wodę przez cały rok.	Wolski P., Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2002.
Dylowanka	nawierzchnia z dyli lub okrągłaków drewnianych ułożonych prostopadle do osi drogi, służąca zabezpieczeniu terenu szlaku komunikacyjnego przed erozją.	https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/aprint/32648/200-lat-Centralnej-Administracji-Drogowej-Monografia-drogownictwa-na-Podkarpaciu-cz3 200 lat Centralnej Administracji Drogowej - Monografia drogownictwa na Podkarpaciu cz.3. 1, GDDKiA
Elementy habitatowe	elementy stanowiące przestrzeń bytowania ryb i innych organizmów wodnych takie jak: głazy, kamienie, odsypiska, przegłębienia, pnie powalonych drzew, umocnienia brzegowe wykonane z materiałów naturalnych. Głazy, sztuczne wyspy, pomosty drewniane stanowią elementy habitatowe dla ptactwa wodnego.	Łapuszek M., Podstawy rewitalizacji dolin rzecznych, Politechnika Krakowska, Wyd. Środowiskai Energetyki Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej, Kraków 2023.
Grobla	nasyp z ziemi, drewna, kamieni itp., usypanych w celu spiętrzenia wody w rzece, rozdzielnia wód stojących (np. stawów) lub na terenach podmokłych dla udogodnienia poruszania się.	Wolski P., Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu (słownik pojęć) Przemysław Wolski, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
Gurt	budowla regulacyjna, poprzeczna w korycie ciek, o koronie pokrywającej się z dnem, służąca powstrzymaniu erozji wglębnej.	http://www.ratujmyrzeki.pl/o-rzekach/dobre-praktyki Zespół ekspertów pod kierownictwem Biedroń I., Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania, Kraków kwiecień 2018.
Jaz	budowla hydrotechniczna wykonywana w korytach ciek, w celu spiętrzenia wody, dzielą się na stałe i ruchome.	Borys M., Jędryka E., Warunki techniczne użytkowania budowli Hydrotechnicznych istotnych dla Rolnictwa, Wydawnictwo ITP Falenty 2014.
Kanał	koryta prowadzące wody w sposób ciągły lub okresowy, o szerokości dna co najmniej 1,5 m przy ich ujściu lub ujęciu.	Art. 16 pkt 21 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. z 2023 r. poz. 1478, z późn. zm),
Kaszycal/ konstrukcja kaszycowa	masywne mury oporowe stosowane do umacniania skarp i zboczy, brzegów rzek, potoków i osuwisk, zapewniając stateczność stromym brzegom oraz chroniąc ich podstawę przed rozmyciem. Przestrzenna struktura konstrukcji wypełniona materiałem przepuszczalnym znakomicie wpisuje się w wymagania stawiane konstrukcji, gdzie problemem staje się parcie hydrostatyczne, osiadanie a także hałas i estetyka.	Krzemiński R., Terlikowski W., Kaszyce drewniane - historycznym elementem rewitalizacji zabytków, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska I Architektury, Journal Of Civil Engineering, Environment And Architecture, JCEEA, t. XXXII, z. 62 (2/15), kwiecień-czerwiec 2015.
Kładka	most przeznaczony dla ruchu pieszego.	PN- ISO 6707-1, Budownictwo – terminologia; Arkusz 1 – terminy ogólne.
Korona	górną powierzchnię nieprzelewowej części budowli przeznaczona zwykle dla ruchu pieszego lub kołowego, z wyłączeniem krawężników, parapetów i innych konstrukcji uzupełniających.	opracowanie pod redakcją Sieińskiego E., Śliwińskiego P., Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa 2020.
Maksymalny poziom piętrzenia (Max PP)	poziom zwierciadła spiętrzonej wody z uwzględnieniem stałej rezerwy powodziowej; dla budowli piętrzącej nieposiadającej pojemności powodziowej	§ 1 pkt 3 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

	maksymalny poziom piętrzenia jest równy normalnemu poziomowi piętrzenia.	
Minimalny poziom piętrzenia (Min PP)	najniższy poziom zwierciadła spiętrzonej wody umożliwiający prawidłową pracę budowli piętrzącej.	§ 1 pkt 1 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).
Most	budowla przeznaczona do przeprowadzenia drogi nad przeszkodą, w której co najmniej jedno przęsło znajduje się nad wodami powierzchniowymi.	§ 4 pkt. 17 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz.U. z 2022 r. poz. 1518)
Nadzwyczajny poziom piętrzenia (NadPP)	najwyższy dopuszczalny, krótkotrwały poziom zwierciadła spiętrzonej wody ponad maksymalnym poziomem piętrzenia.	§ 1 pkt 11 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).
Namuły (grunty zastoiskowe i organiczne)	grunty powstałe w procesie akumulacji osadów w bezodpływowych zagłębieniach terenowych lub na tarasach rzecznych, gdzie osadzają się mineralne cząstki gruntowe tworząc muły jeziorne lub mady rzeczne, bardzo często obok cząstek mineralnych osadzają się w znacznej ilości cząstki humusowe, powstają wtedy utwory organiczne, tzw. namuły.	Wiłun Z., Zarys geotechniki, WKiŁ Warszawa, 2010.
Nasyp	forma terenu pochodzenia antropogenicznego. Wał usypany z ziemi, jego kształt i wielkość zależą od wymagań technicznych związanych z celem, dla którego został usypany. Na ogół ma on kształt regularny.	Wolski P., Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2002.
Normalny poziom piętrzenia (NPP)	najwyższy poziom zwierciadła wody w normalnych warunkach użytkowania budowli piętrzącej.	§ 1 pkt 2 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).
Oczko wodne	niewielkie, trwałe lub okresowe zbiorniczki wodne, często rozproszone w krajobrazie pól, łąk lub w lesie. Zwykle małe i płytkie.	Makles M., Pawlaczyk P., Stańko R., Podręcznik najlepszych praktyk ochrony mokradeł, Warszawa 2014.
Opaska brzegowa	rodzaj budowli regulacyjnej, stosowanej w hydrotechnice, której funkcją jest umocnienie i zabezpieczenie przed erozją istniejącego brzegu cieków lub zbiornika wodnego. Opaska brzegowa jednym bokiem przylega do wody a drugim (przeciwnym) do istniejącego brzegu.	Borys M., Jędryka E., Warunki techniczne użytkowania budowli Hydrotechnicznych istotnych dla Rolnictwa, Wydawnictwo ITP Falenty 2014.
Opóźniacz odpływu	urządzenia stosowane w ciekach i kanałach/rowach otwartych w celu zatrzymania i opóźnienia spływu wody z górnej części zlewni; mogą być stosowane jako budowle pojedyncze lub działać w kaskadzie.	Paluch J., Paluch A., Palczyński M., Pulikowski K. 2005., Zwiększenie retencji i poprawa jakości wód za pomocą opóźniaczy odpływu, Monografia. 68. Wyd. AR. Wrocław.
Ostrogi (deflektory)	budowle regulujące wchodzące od brzegu w koryto cieków, poprzecznie do nurtu. Ostrogi mają na celu odepchnięcie prądu wody atakującego brzeg oraz zamulanie przestrzeni położonych między nimi. Stosuje się je przede wszystkim na rzekach nizinnych.	Wolski P., Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu (słownik pojęć), Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
Osuwisko	osunięcie się gruntu w dół wzdłuż krzywoliniowej powierzchni poślizgu.	Wiłun Z., Zarys geotechniki, WKiŁ Warszawa, 2010.
Pojemność Powodziowa stała zbiornika	pojemność zbiornika przeznaczoną do wykorzystania przy przechodzeniu fali powodziowej, zawartą między normalnym poziomem piętrzenia a maksymalnym poziomem piętrzenia.	§ 1 pkt 12 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

Pojemność Użytkowa zbiornika	to pojemność zbiornika przeznaczoną do wykorzystania dla ustalonych celów tego zbiornika, zawartą między minimalnym poziomem piętrzenia a normalnym poziomem piętrzenia.	§ 1 pkt 11 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).
Pojemność Powodziowa forsowana zbiornika	pojemność zbiornika zawartą między maksymalnym poziomem piętrzenia a nadzwyczajnym poziomem piętrzenia;	§ 1 pkt 11 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).
Potok górski	ciek naturalny płynący, z wykształconą doliną, w którym występują duże spadki, lecz bardziej wyrównane niż w bystrotokach. Potoki górskie szybko reagują na deszcz i prowadzą duże ilości rumowiska.	Radecki-Pawlik A., Podstawy hydrogeomorfologii cieków górskich; dla biologów, ekologów oraz inżynierów kształtowania środowiska (wraz z przykładami obliczeniowymi), Wydawnictwo BEL Studio; Rok wydania: 2006.
Próg	budowla wystająca ponad dno położone z obu stron budowli na tej samej rzędnej, w celu spiętrzenia wody w korycie.	Jędryka E., 2006, Proekologiczne budowle wodne, Rozwiązania konstrukcyjne, dostosowanie do parametrów hydraulicznych cieków i uwarunkowań przyrodniczo – krajobrazowych, wyd. IMUZ, Falenty.
Przełębiecie (płoso)	przełębiecie w korycie rzeczonym, powstające u podnóża wklęsłego brzegu koryta na zakolach lub w sąsiedztwie naturalnych przeszkód (np. powalonych drzew), w wyniku erozji. W jego obrębie następuje zmniejszenie prędkości przepływu. Zwykle dominuje laminarny typ nurtu, a czasem nawet „niedostrzegalny” (wydaje się, że woda stagnuje).	Szoszkiewicz K., Jusik S., Adynkiewicz-Piragas M., Gebler D., Achtenberg K., Radecki-Pawlik A., Okruszko T., Giełczewski T., Pietruczuk K., Przesmycki M., Nawrocki P., Podręcznik oceny wód płynących w oparciu o Hydromorfologiczny Indeks Rzeczny. Warszawa: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2017.
Przelew	urządzenie upustowe umożliwiające odprowadzenie powierzchniowe wody z górnych warstw zbiornika. Przelew może być umieszczony w korpusie przelewowej części budowli lub poza nią jako przelew stokowy.	opracowanie pod redakcją Sieńskiego E., Śliwińskiego P., Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa 2020.
Przepławka	obiekt umożliwiający wędrówkę wstępującą (w górę rzeki) oraz wędrówkę zstępującą (w dół rzeki) organizmów wodnych przez przeszkody, takie jak stopnie wodne, jazy.	Furdyna A. i inni, Przepławki dla ryb: projektowanie, wymiary, monitoring, Fundacja WWF Polska, Warszawa 2016.
Przepływ	objętość wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta rzeki w jednostce czasu, wyrażany w m³/s.	Słownik dla mediów, najważniejsze pojęcia i zwroty w hydrologii. METEO IMGW – PIB (meteo.imgw.pl) https://imgw.pl/sites/default/files/inline-files/slownik-dla-mediow_chok.pdf
Przepływ biologiczny/ nienaruszalny	przepływ minimalnej ilości wody, niezbędnej do utrzymania życia biologicznego w cieku wodnym.	Art. 4 pkt 27 Ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. 2024 r. poz. 82).
Przepływ miarodajny	przepływ, na podstawie którego projektuje się budowle hydrotechniczne.	§ 3 pkt 12 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz.U. z 2007 r., Nr 86, poz. 579).
Przepust	budowla przeznaczona do przeprowadzenia przeszkody przez drogową budowlę ziemną.	§ 4 pkt. 17 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz.U. z 2022 r. poz. 1518).
Przepust z piętrzeniem	budowla komunikacyjna mająca nad sobą nasyp drogowy i służąca do przeprowadzenia rowu/cieku, zaopatrzona na wlocie w urządzenie piętrzące.	Zał. do Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 czerwca 2020 r. w sprawie sposobu prowadzenia ewidencji urządzeń melioracji wodnych oraz zmeliorowanych gruntów i ustalania obszaru, na który urządzenia melioracji wodnych wywierają korzystny wpływ (Dz.U. z 2020 r. poz. 1165).

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

Rów	sztuczne koryta prowadzące wodę w sposób ciągły lub okresowy, o szerokości dna mniejszej niż 1,5 m przy ujściu.	Art. 16 pkt 47 Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo Wodne (Dz. U z 2023 r. poz. 1478, ze zm.).
Rumowisko rzeczne	materiał skalny różnej wielkości (od głazów po piasek) transportowany przez rzekę.	Wolski P., Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu (słownik pojęć), Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
Rumowisko unoszone	drobne ziarenka zwięzłych skał, które unosi woda. Ziarenka te wymieszane są z wodą w całym przekroju. Część z nich trudno osiada nawet w wodzie stojącej.	Trybała M., Gospodarka wodna w rolnictwie Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1996.
Rumowisko wleczone	średnie i grubsze cząstki skał, przemieszczane po dnie lub tuż nad dnem. W korytach naturalnych największy ruch obserwujemy w czasie wezbrań, przy czym ruch ten może być ograniczony do strefy blisko nurtu lub przy wyższych stanach, może zachodzić na całym dnie.	Trybała M., Gospodarka wodna w rolnictwie Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1996.
Spust denny	podwodne urządzenie upustowe w korpusie budowli piętrzącej. Służące do przepuszczenia wody pod ciśnieniem. Pozwala na całkowite opróżnianie zbiornika.	opracowanie pod redakcją Sieńskiego E., Śliwińskiego P., Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa 2020.
Starorzecza	małe zbiorniki wodne powstające przez naturalne odcięcie od nurtu zakoli rzek w ramach naturalnej dynamiki koryta rzeczna, stopniowo ulegające naturalnemu zamuleni i zanikowi. Z czasem tracą kontakt z głównym nurtem rzeki, chociaż w okresie wysokich stanów wód, okresowo dochodzi między nimi do wymiany wody z rzeką.	Makles M., Pawlaczek P., Stańko R., Podręcznik najlepszych praktyk ochrony mokradeł, Warszawa 2014.
Staw (zbiornik bezodpływowy)	płytkie zbiorniki wody (najczęściej do 2 m głębokości), bezodpływowe, zasilane głównie przez opady atmosferyczne oraz płytkie wody podziemne.	Główny Urząd Statystyczny Warszawa 2020 r. https://stat.gov.pl/metainformacje/sownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/4295,pojecie.html
Stopień	budowla łącząca uskokiem dwa różne poziomy dna rowu.	Zał. do Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 czerwca 2020 r. w sprawie sposobu prowadzenia ewidencji urządzeń melioracji wodnych oraz zmeliorowanych gruntów i ustalania obszaru, na który urządzenia melioracji wodnych wywierają korzystny wpływ (Dz.U. z 2020 r. poz. 1165).
Szlak operacyjny /zrywkowy	pasy powierzchni leśnej pozbawione drzew i krzewów, odpowiedniej szerokości i w odpowiednich odstępach, udostępniające wnętrze drzewostanu, przeznaczone do różnych prac z zakresu pielęgnowania lasów, zabiegów ochrony lasu, kontroli i taksacji lasu i prac z pozyskania drewna. Ze względu na rodzaj wykonywanych prac wyróżnia się: 1. Szlaki operacyjne do zrywki drewna, 2. Szlaki operacyjne, które poza wyżej wymienioną funkcją służą również do wykonywania operacji technologicznych, takich jak ścinka, okrzesywanie, przerzynka, zrębkowanie.	Zarządzenie NR 26 Dyrektora Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Gdańsku z dnia 4.07.2012 w sprawie zasad udostępniania drzewostanów siecią szlaków operacyjnych w nadleśnictwach nadzorowanych przez RDLP w Gdańsku zn. spr: ZG- 710-20/13.
Terasa zalewowa/taras zalewowy	równia zalewowa, przylegający do koryta ciekłu obszar dna doliny, który jest zatapiany przez wody wezbraniowe nie rzadziej niż raz na 1-5 lat.	Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J., Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich, Ministerstwo Środowiska Departament Zasobów Wodnych. (https://straznicy.wwf.pl/wp-content/uploads/2020/07/Zasady-dobrej-praktyki-w-utrzymaniu-rzek-i-potokow-gorskich.pdf).

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

Terasa nadzalewowa	wyżej położona powierzchnia w dnie doliny, która może być zatapiana przez wody wezbraniowe rzadziej niż raz na 5 lat.	Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J., Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich, Ministerstwo Środowiska Departament Zasobów Wodnych. (https://straznicy.wwf.pl/wp-content/uploads/2020/07/Zasady-dobrej-praktyki-w-utrzymaniu-rzek-i-potokow-gorskich.pdf).
Torfowisko	specyficzny ekosystem, w którym występuje roślinność torfotwórcza i w którym możliwe jest odkładanie torfu. Pokład torfu jest zazwyczaj ważnym elementem składowym żywego torfowiska. Torfowiska rozwijają się zazwyczaj w miejscach stale obfitujących w wodę. Specyficzną własnością torfowisk jest zdolność akumulacji wody, która może stanowić do 97% jego świeżej masy.	Makles M., Pawlaczek P., Stańko R., Podręcznik najlepszych praktyk ochrony mokradeł, Warszawa 2014.
Umocnienia biotechniczne	umocnienia techniczne uzupełnione roślinami lub elementami zdolnymi do wegetacji (żywakami), które dzięki możliwości rozwoju osiągają większą trwałość. Dobór powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną, należy dobierać gatunki o pożądanym właściwościach biotechnicznych.	Zespół ekspertów pod kierownictwem Biedroń I., Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania, MGGP, Kraków kwiecień 2018.
Umocnienia faszynowe	umocnienia, które wykonuje się z wiązek gałęzi wierzby (kiszek faszynowych), ułożonych w płytkich rowach wykopanych równolegle do brzegu rzeki. Zabezpieczenie to jest niezwykle skuteczne przy ochronie przeciwoerozyjnej długich skarp brzegowych.	Bednarczyk S., Duszyński R., Hydrauliczne i hydrotechniczne podstawy regulacji i rewitalizacji rzek, Gdańsk 2008.
Umocnienia roślinne (biologiczne)	techniki obejmujące szeroki wachlarz sposobów ochrony brzegu przed erozją za pomocą obsiewu lub nasadzeń roślinnością. Najczęściej w technice tej wykorzystuje się trawy, rośliny strączkowe, krzewy oraz drzewa. Roślinność rozwijająca się na odsłoniętych obszarach gruntu pomaga chronić ten obszar przed erozją powierzchniową, zapobiega wymywaniu cząstek gruntu przez spływające wody opadowe.	Bednarczyk S., Duszyński R., Hydrauliczne i hydrotechniczne podstawy regulacji i rewitalizacji rzek, Gdańsk 2008.
Umocnienia techniczne	budowle wykonane z materiałów naturalnych (głazy kamienne, tłuczeń, faszyna, drewno, włókna naturalne, itp.) lub technicznych (beton, materiały stalowe, materiały z tworzyw sztucznych, itp.).	Zespół ekspertów pod kierownictwem Biedroń I., Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania, MGGP, Kraków kwiecień 2018.
Urządzenia upustowe	samodzielne budowle służące do przepuszczania spiętrzonej wody, posiadająca przelewy i spusty.	§ 3 pkt 3 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz.U. z 2007 r., Nr 86, poz. 579).
Urządzenia wodne	urządzenia lub budowle służące do kształtowania zasobów wodnych lub korzystania z tych zasobów.	Art. 16 pkt 65 Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo Wodne (Dz. U z 2023 r. poz. 1478, ze zm.)
Wodospusty	urządzenie odprowadzające wodę opadową z korony drogi, które wbudowane jest w konstrukcję nawierzchni na drogach o pochyleniu podłużnym większym niż 2%, nachylony w stosunku do osi drogi 30%.	https://www.encyklopedialesna.pl/haslo/wodospust t/ Autor Grzegorz Trzciniński.
Wody podziemne	wszystkie wody znajdujące się pod powierzchnią ziemi w strefie nasycenia, w tym wody gruntowe pozostające w bezpośredniej styczności z gruntem lub podglebiem.	Art. 16 pkt 68 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz. U. z 2023 r. poz. 1478, późn. zm.).

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

Wysokość piętrzenia	różnica rzędnej maksymalnego poziomu piętrzenia i rzędnej zwierciadła wody dolnej, odpowiadającej średniemu niskiemu przepływowi z wielolecia.	§ 1 pkt 22 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).
Zapora	przegroda wzniesiona w celu powstrzymania wody, podniesienia poziomu wody, utworzenia zbiornika lub ochrony przed powodzią.	PN- ISO 6707-1, Budownictwo – terminologia; Arkusz 1 – terminy ogólne.
Zapora przeciwrumowiskowa	zapora przeznaczona głównie do zatrzymywania rumowiska, osłabiająca na pewnym odcinku rzeki jej erozyjną działalność.	Węglarczyk S. (SW), Słownik Hydrologiczny Katedry Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej Politechnika Krakowska, (https://iigw.pl/new/strony/sownik.htm)
Zapora ziemna	zapora wykonana z naturalnych materiałów masowych, zwykle miejscowych bez dodatków wiążących. Zapora może być wykonana jako jednorodna lub ze strefowym rozmieszczeniem gruntu.	opracowanie pod redakcją Sieńskiego E., Śliwińskiego P., Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa 2020.
Zastawka	budowla piętrząca do regulacji poziomu wody w korycie rowu o świetle mniejszym lub równym 1,5 m.	Załącznik do Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 czerwca 2020 r. w sprawie sposobu prowadzenia ewidencji urządzeń melioracji wodnych oraz zmeliorowanych gruntów i ustalania obszaru, na który urządzenia melioracji wodnych wywierają korzystny wpływ (Dz.U. z 2020 r. poz. 1165).
Zbiornik zaporowy	powstały w wyniku przegrodzenia koryta i doliny cieku budowlą piętrzącą, zazwyczaj groblą ziemną z budowlą upustową. Po wykonaniu budowli następuje podpiętrzenie wody i zalanie części doliny. Do tego typu zbiorników można zaliczyć podpiętrzone stawy i jeziora, gdy wykonana jest zapora ziemna (grobla).	Mioduszeński W., Stawy, małe zbiorniki wodne, Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 2014.
Zbiornik boczny	zlokalizowany w dolinie poza korytem cieku. Na rzece buduje się urządzenie piętrzące umożliwiające doprowadzenie wody do zbiornika. Urządzenie upustowe umożliwia natomiast opróżnienie stawu. W dolinach większych cieków, gdy staw znajduje się na gruntach słabo przepuszczalnych wystarczające jest napełnienie stawu jedynie w okresach występowania wyższych stanów wody w rzece. Zamiast budowli z urządzeniami regulacyjnymi natężenie przepływu wody, można zainstalować budowlę ujściową z progiem stałym.	Mioduszeński W., Stawy, małe zbiorniki wodne, Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 2014.
Zbiornik kopany	powstały w wyniku wykonania wykopu w naturalnym podłożu przy wysokim położeniu wód podziemnych. Nie występuje tu zalanie powierzchni terenu, a poziom wody w stawie układa się na wysokość otaczających go wód gruntowych.	Mioduszeński W., Stawy, małe zbiorniki wodne, Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 2014.
Zbiornik suchy	wykorzystywany w ochronie przeciwpowodziowej. Jego zadaniem jest obniżanie szczytu fali powodziowej. Zbiornik taki powstaje dzięki budowie zapory, której przelewy i spusty nie mają zamknięć. Pomiędzy powodziami woda przepływa w sposób naturalny przez czaszę zbiornika i spusty. Przy dopływie wody i przepływie większym niż zdolność przepustowa spustów następuje gromadzenie wody w zbiorniku. Przy dużych odpływach woda może	opracowanie pod redakcją Sieńskiego E., Śliwińskiego P., Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa 2020.

SPIS RYSUNKÓW

	przelewać się także przez przelewy powierzchniowe. Zmniejszenie wielkości dopływu wody ze zlewni doprowadza do opróżnienia zbiornika.	
Zbiornik wodny	naturalne zagłębienie terenu, sztucznie utworzona czasza w dolinie rzeki lub potoku albo specjalna budowla przeznaczona do magazynowania wody.	opracowanie pod redakcją Sieińskiego E., Śliwińskiego P., Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa 2020.
Źródła/źródliko	naturalne wypływy wód podziemnych na powierzchnię skorupy ziemskiej. Razem z fragmentem cieku odprowadzającego wodę tworzą ekosystem o unikalnych właściwościach nazywany obszarem źródliskowym .	Makles M., Pawlaczyk P., Stańko R., Podręcznik najlepszych praktyk ochrony mokradeł, Warszawa 2014.

SPIS RYSUNKÓW

<i>Rysunek 1. Schemat zalecanego przekroju koryta.....</i>	<i>25</i>
<i>Rysunek 2. Schemat doliny gdzie konieczne jest zwiększenie przepustowości koryta.</i>	<i>26</i>
<i>Rysunek 3. Zwiększenie przepustowości koryta – odtworzenie terasy.....</i>	<i>26</i>
<i>Rysunek 4. Zachowanie morfologii koryta w pracach związanych z utrzymaniem wód.</i>	<i>26</i>
<i>Rysunek 5. Schemat ukształtowania i lokalizacji bystrza</i>	<i>27</i>
<i>Rysunek 6. Przykład obudowy biologicznej potoku o korycie rozwartym w obrębie szyi: 1 - pasy korytowe; 2 - pasy przykorytowe [Prochal 1968].....</i>	<i>37</i>
<i>Rysunek 7. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na katastrofalnie wielką wodę 1 - pasy korytowe 2 - pasy przykorytowe 3 – zalesienia [Prochal, 1968].</i>	<i>37</i>
<i>Rysunek 8. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na średnią wielką wodę 1 - pasy korytowe 2 - pasy przykorytowe 3 - trwałe użytki zielone [Prochal 1968].</i>	<i>37</i>
<i>Rysunek 9. Różnorodne ukształtowanie brzegów zbiornika [Żbikowski i Żelazo 1993].</i>	<i>54</i>
<i>Rysunek 10. Zbiornik małej retencji dla ochrony płazów i gadów [Nadleśnictwo Stuposiany].....</i>	<i>54</i>
<i>Rysunek 11. Zbiornik zasilany infiltracyjnie z cieku a) przy cieku naturalnym oraz b) przy cieku spiętrzonej [Mioduszeński 2014].</i>	<i>55</i>
<i>Rysunek 12. Zbiornik boczny, zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo 1993]....</i>	<i>57</i>
<i>Rysunek 13. Przykłady zwiększenia retencji koryt małych cieków naturalnych lub rowów: a) w obrębie istniejącego koryta, b) w granicach koryta rzeki z grobelkami, c) koryto cieku (rowu) poszerzone po obu stronach, e) profil podłużny cieku [Mioduszeński 2014].</i>	<i>59</i>
<i>Rysunek 14. i Rysunek 15. Schematy działania polderów zalewowych [RZGW Kraków].....</i>	<i>61</i>
<i>Rysunek 16. Niskie zapory ziemne i wały przeciwpowodziowe dostosowane do wymagań ekologicznych [Żbikowski i Żelazo 1993].....</i>	<i>63</i>

Rysunek 17. Mnich drewniany, piętrzenie 1,5 m, światło 30x60 cm [Mioduszewski 2003].....	64
Rysunek 18. Studnia piętrząco-upustowa w grobli ziemnej - rys. Biuro Projektowo-Wykonawcze „Hydrotechnika”.....	65
Rysunek 19. Typy przepławek naturopodobnych [Nawrocki, 2016].....	67
Rysunek 20. Przekształcenie jazu ruchomego w rampę denną ryglową jako próg ochronny [Nawrocki, 2016].....	68
Rysunek 21. Przykład ostrożnego podejścia do podpiętrzania wody na mokradle w ramach renaturyzacji prowadzonej przez Klub Przyrodników w rezerwacie „Jeziora Chrościckie” – rys. P. Włodarczyk, na podstawie Herbichowa i in. [2007].....	74
Rysunek 22. Zastawka bez wzmocnienia (A) i z oczepem spinającym (B) - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.....	77
Rysunek 23. Przykłady umocnień zastawki - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.....	78
Rysunek 24. Zastawka stosowana do małych piętrzeń [Biedroń 2018, na podstawie Żbikowski 1969].....	78
Rysunek 25. Zastawki z bali drewnianych (a) i z płyty metalowej (b) [Biedroń 2018, na podstawie Mioduszewski 2003].....	78
Rysunek 26. Zastawka drewniana stosowana na torfach a) przekrój podłużny, b) przekrój poprzeczny [Jędryka 2006].....	79
Rysunek 27. Jazy zastawkowe stosowane na małych ciekach a) z bali poziomych, b) z bali pionowych, c) ze ścianki kamiennej [Żbikowski 1961].....	80
Rysunek 28. Prosta przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej jedynie zastrzałami [Pawlaczyk i in. 2005].....	83
Rysunek 29. Przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej zastrzałami oraz dodatkowymi palami i okrąglakami [Pawlaczyk i in. 2005].....	83
Rysunek 30. Prosty próg z pionowych desek z frezem [Pawlaczyk i in. 2005].....	86
Rysunek 31. Prosty próg z pionowych desek z frezem wzmocniony poprzecznie zamocowanymi balami [Jermaczek i in. 2009].....	87
Rysunek 32. Podwójny próg z pionowych desek z narzutem kamiennym [Pawlaczyk 2005], [Jermaczek i in. 2009], [Makles i in. 2014].....	87
Rysunek 33. Podwójny próg z belek z wyciętym przelewem i narzutem kamiennym [Jermaczek i in. 2009].....	88
Rysunek 34. Próg ze ścianki szczelnej [Dębski 1971].....	89
Rysunek 35. Próg drewniano-faszynowy wys. 0,3 m, szer. 4,0 m [Dębski 1971].....	90
Rysunek 36. Próg drewniany z wypadem kamiennym [Biedroń 2018 na podstawie Jędryka 2006].....	90
Rysunek 37. Próg kamienny [Ślizowski 1990].....	91
Rysunek 38. Przykłady progów z kamienia [Mioduszewski 2003].....	92
Rysunek 39. Palisada w „ząbki” [Jędryka 2006].....	92
Rysunek 40. Progi o konstrukcji mieszanej [Jędryka 2006].....	93
Rysunek 41. Próg z piasku, żwiru lub otoczków umocnionych narzutem kamiennym na włókninie [Jędryka 2006].....	93
Rysunek 42. Próg z walców faszynowych i narzutu kamiennego [Wołoszyn 1974]..	93

Rysunek 43. Kaskada niskich progów drewnianych lub drewniano-faszynowych stabilizujących profil podłużny dna [Żelazo i Popek 2014].	94
Rysunek 44. Próg drewniano - kamienny [Wołoszyn 1994].	94
Rysunek 45. Stopień z palisad drewnianych [Biedroń 2018 na podstawie Jędryka 2006].	95
Rysunek 46. Gurty [Biedroń 2018 na podstawie Wołoszyn i in 1994].	95
Rysunek 47. Przykładowy schemat sieci drenarskiej - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.	99
Rysunek 48. Studnia piętrząca na zbieraczu przed wylotem - rys. P. Włodarczyk na podstawie Mioduszeński [2003].	100
Rysunek 49. Opóźniacz odpływu, rzut z góry i przekrój podłużny [J. Paluch 2005] (rys. udostępniony przez prof. Juliana Palucha, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu).	103
Rysunek 50. Układ bystrze – przegłębienie (przełup) w rzece o podłożu żwirowym [Bojarski i in. 2005].	104
Rysunek 51. Schemat naprzemiennego rozmieszczania deflektorów/ostróg z materiałów naturalnych - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.	106
Rysunek 52. Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno – żwirowym na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].	107
Rysunek 53. Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno – żwirowym usytuowane pod kątem ostrym do nurtu na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].	107
Rysunek 54. Konstrukcje faszynowo – palowe [Żelazo i Popek 2014].	108
Rysunek 55. Żywa tama faszynowa [Begemann i Schiechl 1999].	109
Rysunek 56. Tama szkieletowa z chrustem i sadzonkami wierzbowymi. [Biedroń 2018 na podstawie: Begemann, Schiechl 1999].	109
Rysunek 57. Schemat żywych ostróg pośrednich [Begemann i Schiechl 1999].	110
Rysunek 58. Odtwarzanie zatok zastoiskowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].	111
Rysunek 59. Odtworzenie fragmentu dawnego koryta rzeki Cole, Coleshill, Anglia [Krukowski 2006].	111
Rysunek 60. Odtworzenia terenów zalewowych na przykładzie rzeki Little Ouse, Thetford, Anglia [Krukowski 2006].	112
Rysunek 61. Różne rodzaje drenów faszynowych [Schiechl 1973].	115
Rysunek 62. Stroma skarpa przed i po zabudowie biologicznej [https://www.themillcreekalliance.org/restoration-principles-of-design].	115
Rysunek 63. Skarpa umocniona zrzesami wierzbowymi a) na skarpie, b) w szczelinach bruku układanego na sucho [Begemann i Schiechl 1999].	116
Rysunek 64. i Fotografia 65 Krzewiaste umocnienia tarasowe na skarpie/osuwisku [Begemann i Schiechl 1999].	116
Rysunek 65. Odwodnienie skarpy w wyniku zastosowania nasypu z porostem wierzbowym [Begemann i Schiechl 1999].	117
Rysunek 66. Umocnienie żłobkowe [Begemann i Schiechl 1999].	117

Fotografia 66 i Rysunek 67. Drewniane rusztowanie na skarpie wzmocnione nasadzeniami wierzbowymi [Begemann i Schiechtl 1999].....	118
Rysunek 68. i Rysunek 69. Żywe wiązki faszynowe na brzegu rzeki [Arun Bhakta Shrestha i in. 2012].....	119
Rysunek 70. Przekrój przez brzeg umocniony płótkiem plecionym [Krukowski 2006].	121
Rysunek 71. Schemat deskowania krawędzi brzegu [Krukowski 2006]	121
Rysunek 72. Schemat płotki plecionego [Krukowski 2006].....	121
Rysunek 73. Brzegosłon krzyżowy z lewej - przekrój poprzeczny, z prawej – rzut z góry [Begemann i Schiechtl 1999].	121
Rysunek 74. Przekrój poprzeczny żywego narzutu kamiennego [Begemann i Schiechtl 1999].....	123
Rysunek 75. Kaszyce z nasadzeniami zabezpieczające osuwisko wzdłuż brzegu rzeki [Arun Bhakta Shrestha 2012].....	125
Rysunek 76. Namulacze – przekrój poprzeczny [Duszyński 2007, zmienione].	126
Rysunek 77. Faszynowa opaska brzegowa i przekrój poprzeczny przez wiązkę faszyny [Duszyński 2007, zmienione].	127
Rysunek 78. Przekrój poprzeczny kaszycy [Begemann i Schiechtl 1999].	127
Rysunek 79 i Rysunek 80. Zabezpieczenie brzegów za pomocą karp [Todd Rexine i in. 2010].....	129
Rysunek 80. Tama faszynowa [Begemann i Schiechtl 1999].	130
Rysunek 81. Szkic brodu z Nadleśnictwa Łosie.	133
Rysunek 82. Typowe kształty przekroju poprzecznego nowoczesnych przepustów. [Wysokowski i Howis 2008].	135
Rysunek 83 i Rysunek 84 Przepusty zagłębione [Przybyła 2002].	137
Rysunek 85. Przepusty/przejścia zespolone: a) ze ścieżką dwustronną w przepuście kołowym b) ze ścieżką jednostronną c) ze ścieżką dwustronną w przepuście prostokątnym d) ze ścieżką (półką) jednostronną w przepuście prostokątnym e) ścieżki w przewodzie podwójnym [Bajkowski i Marzysz 2004]	137
Rysunek 86. Przepust ze ściętym rurociągiem i pochyltym przyczółkiem nie wymagający umocnień technicznych w Nadleśnictwie Tułowice. [https://tulowice.katowice.lasy.gov.pl/mrn2].....	138
Rysunek 87. Przepust umocniony kamieniem łamanym z nasadzeniami w korycie w Nadleśnictwie Komańcza. [https://komancza.krosno.lasy.gov.pl/projekty-i-fundusze]	138
Rysunek 88. Schemat bystrza jednolitego na rzece Böhme (Niemcy) [Radecki-Pawlik 2008, 2009].....	139
Rysunek 89. Bystrze z kamienia łamanego, stabilizujące dno [Begemann i Schiechtl 1999].....	141
Rysunek 90. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu Vincenta [Radecki-Pawlik 2008, 2009].	141
Rysunek 91. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości na rzece Kahl z ubezpieczeniem dna dolnego w formie niecki [Radecki-Pawlik 2008, 2009].	141

<i>Rysunek 92. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu austriackiego (Radecki-Pawlik 2008, 2009).</i>	142
<i>Rysunek 93. Projekt przebudowy jazu stałego na przepławkę dla ryb [Mokwa i Wiśniewolski 2008].</i>	142
<i>Rysunek 94. Przebudowa stopni betonowych - bystrze z kamieni ułożonych na płycie dennej starego progu [Żelazo i Popek 2014].</i>	143
<i>Rysunek 95. Przebudowa stopni betonowych- kaskada stopni z luźno ułożonych głazów i kamieni [Żelazo i Popek 2014].</i>	143
<i>Rysunek 96. Płotki drewniano-ziemne z nasadzeniami : a, d, c, d - pojedyncze, e, f, g - podwójne [Prochal 1968].</i>	145
<i>Rysunek 97. 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 małe rozlewiska, w których woda utrzymuje się przez pewien czas - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.</i>	145
<i>Rysunek 98. Przekroje typowych wodospustów a - drewniany z bali, b - drewniany z krawędziaków typ I, c - drewniany z krawędziaków typ II, f - z kamienia lub drewna [Drogi Leśne 2006].</i>	147
<i>Rysunek 99. Dylówka z żerdzi dębowych [Drogi leśne 2006].</i>	149
<i>Rysunek 100. Dylówka z faszyny [Drogi Leśne 2006].</i>	149
<i>Rysunek 101. Różne pozycje szandorów na zastawce – rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.</i>	155
<i>Rysunek 102. Zbiornik ze zbiornikiem wstępnym zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo, 1993].</i>	157
<i>Rysunek 103. V-kształtny przekrój poprzeczny bystrza [Radecki-Pawlik 2008, 2009].</i>	160
<i>Rysunek 104. Progi kamienne z naprzemiennymi przelewami - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.</i>	160
<i>Rysunek 105. Odtwarzanie zatok zastoiskowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006].</i>	162
<i>Rysunek 106. Rozłożenie na stromym stoku elementów rozprowadzających wodę na coraz większą szerokość, dodatkowo z zastosowaniem bruzd - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.</i>	164
<i>Rysunek 107. Schemat przepustu z przelewem górnym.</i>	167

SPIS FOTOGRAFII

<i>Fotografia 1. Odtwarzająca się łacha korytowa po wykonaniu bystrza o zwiększonej szorstkości [Pierzgalski i in. 2007/8].</i>	24
<i>Fotografia 2. Koryto cieku umocnione ożywionym narzutem kamiennym.</i>	27
<i>Fotografia 3. Zabezpieczenie brzegu gabionami w celu ochrony zabudowy.</i>	28
<i>Fotografia 4. Ochrona brzegów rzeki wyłącznie przez wykonanie głowic ostróg [Krukowski, 2006].</i>	28

<i>Fotografia 5 i Fotografia 6. Zabudowa biologiczna brzegów stan przed realizacją (zdjęcie z lewej) i 10 lat po realizacji (zdjęcie z prawej) [Begemann i Schiechl 1999].</i>	38
<i>Fotografia 7. Ścieżka spływów powierzchniowych na dawnym szlaku zrywkowym (archiwum CKPŚ)</i>	41
<i>Fotografia 8 Zabudowa przeciwoerozyjna w trasie spływów powierzchniowych (archiwum CKPŚ)</i>	41
<i>Fotografia 9. Zbiornik z nieregularną linią brzegową, łagodnymi i ostrymi skarpami, przegłębieniami, wyspami z zacieniem i nasłonecznieniem brzegów w Nadleśnictwie Tychowo, 2015 (archiwum CKPŚ).</i>	54
<i>Fotografia 10. Zbiornik w trakcie realizacji w Nadleśnictwie Stuposiany, widoczne urozmaicenie dna. Brzegi zbiornika wyłożone są matą z włókien naturalnych, wspomagającą proces równomiernej sukcesji roślinnej (archiwum CKPŚ)</i>	54
<i>Fotografia 11. Zbiornik z nieregularną linią brzegową w Nadleśnictwie Lipka, fot. J. Smarczewski, 2021.</i>	55
<i>Fotografia 12. Zbiornik śródpolny zasilany głównie spływem powierzchniowym w Nadleśnictwie Ustrzyki Dolne, 2015 (archiwum CKPŚ).</i>	55
<i>Fotografia 13. Zbiorniki zasilany infiltracyjnie wodą z rowu w Nadleśnictwie Jastrowie (archiwum CKPŚ).</i>	56
<i>Fotografia 14. Zbiornik zasilany spływami powierzchniowymi, w tym korytem kierującym wodę z wysoczyzny lub drogi w Nadleśnictwie Piwniczna, 2015 (archiwum CKPŚ)</i>	56
<i>Fotografia 15. Zbiornik zasilany spływami powierzchniowymi w Nadleśnictwie Bielsko, 2015 (archiwum CKPŚ)</i>	56
<i>Fotografia 16. Zbiorniki zaporowe w Nadleśnictwie Brynek, fot. J. Smarczewski, 2021.</i>	57
<i>Fotografia 17. Zbiornik boczny bez piętrzenia wody w korycie cieku naturalnego w Nadleśnictwie Jastrowie, fot. J. Smarczewski, 2021.</i>	58
<i>Fotografia 18. Płytkie zbiorniki kaskadowe Nadleśnictwo Jawor 2015 (archiwum CKPŚ)</i>	58
<i>Fotografia 19. Zbiorniki w układzie kaskadowym w Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ)</i>	58
<i>Fotografia 20. Zbiorniki na rowie w Nadleśnictwie Syców, fot. J. Smarczewski, 2023.</i>	59
<i>Fotografia 21. Zbiorniki na połączeniu rowów w Nadleśnictwie Głogów, fot. J. Smarczewski, 2021.</i>	59
<i>Fotografia 22. Zbiorniki na rowie w Nadleśnictwie Krucz (archiwum CKPŚ).</i>	59
<i>Fotografia 23. i Fotografia 24. Budowa i modernizacja zbiorników wodnych w Uroczysku Las Miejski na terenie Leśnictwa Zielony Dwór w Nadleśnictwie Giżycko. Stan przed realizacją (z lewej) i po modernizacji (z prawej) [https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/2837/object/3031/budowa-i-modernizacja-zbiornikow-wodnych-w-uroczysku-las-miejski-na]</i>	60
<i>Fotografia 25. i Fotografia 26. Odtworzenie i zasilenie w wodę „Stawów Bobrowickich” w Nadleśnictwie Szprotawa, fot. M. Krzak i M. Swędrak</i>	

[https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/3413/object/3828/budowa-urzadzen-retencyjnych-malej-retencji-wodnej-w-zlewni-rzeki-rudy].	60
Fotografia 27. i Fotografia 28. Suchy zbiornik w Nadleśnictwie Śnieżka z przelewem szczelinowym [https://www.youtube.com/watch?v=0KC01khUkeY].	61
Fotografia 29. Przelew górny w zbiorniku w Nadleśnictwie Oborniki Śląskie, fot. J. Smarczewski, 2021.	64
Fotografia 30. Przelew górny w Nadleśnictwie Wałbrzych, 2015 (archiwum CKPŚ).	64
Fotografia 31. Doprowadzalniki wody do zbiorników umocnione narzutem kamiennym i palisadą drewnianą w Nadleśnictwie Syców, 2021 [https://sycow.poznan.lasy.gov.pl/widget/aktualnosci?p_p_id=101_INSTANCE_sE8O].	65
Fotografia 32. Nawet małe zastawki ulegają naporowi wody jeśli pozbawione są wzmocnień zastrzałem, oczepem i podparciem od dołu umocnieniem, fot. Z. Filipek (archiwum CKPŚ).	77
Fotografia 33. Wzmocnienia wykorzystane przy budowie zastawki w Nadleśnictwie Oława, fot. K. Jata, 2023.	78
Fotografia 34. i Fotografia 35. Zastawki drewniane w Nadleśnictwie Celestynów, fot. J. Smarczewski, 2021.	79
Fotografia 36. Jaz zastawkowy z kilkoma przęsłami i szandorami w Nadleśnictwie Sieraków, fot. J. Smarczewski, 2023.	80
Fotografia 37. Widoczna erozja dna i skarp prowadząca do osłabienia konstrukcji oraz wygięcie progu pod naporem wody, (archiwum CKPŚ.)	82
Fotografia 38. Dobrze ubezpieczony próg z pojedynczej ścianki szczelnej, fot. Z. Filipek (archiwum CKPŚ).	83
Fotografia 39. Piętrzenie stałe – ścianka szczelna podparta bystrzem w Nadleśnictwie Maskulińskie, 2015 (archiwum CKPŚ).	84
Fotografia 40. Zarastający rów odwadniający dzięki zastosowaniu przetamowań ziemno-drewnianych w Nadleśnictwie Szklarska Poręba, 2015 (archiwum CKPŚ).	85
Fotografia 41. Próg drewniany na rowie odprowadzającym wodę z torfowisk po zboczu oraz rumosz drzewny wrzucany do rowu celem przyspieszenia zarastania w Nadleśnictwie Świeradów, 2010 (archiwum CKPŚ).	85
Fotografia 42. Prosta przegroda drewniana w Nadleśnictwie Różańsko, 2015 (archiwum CKPŚ).	86
Fotografia 43. Próg drewniany z przelewem z okrągłaków, fot. I. Biedroń [Biedroń 2018].	88
Fotografia 44. Próg ze ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Polanów, Fot. J. Smarczewski 2021.	89
Fotografia 45. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Okonek, fot. J. Smarczewski, 2023.	91
Fotografia 46. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Polanów, fot. J. Smarczewski, 2021.	91
Fotografia 47. Gurt z palisady osadzonej na równo z dnem (archiwum CKPŚ).	96
Fotografia 48. Gurt ubezpieczający próg – gurt zabezpieczony narzutem kamiennym. – rozwiązanie podobne do rys na rycinie a (archiwum CKPŚ).	96

Fotografia 49. Przetamowanie ziemne, fot. M. Goździk (archiwum CKPŚ).	96
Fotografia 50. Przetamowanie ziemno-kamienne z wykorzystaniem ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Szczytno (archiwum CKPŚ).	96
Fotografia 51. Efekt po wykonaniu zastawki, element dużo większego przedsięwzięcia realizowanego pod nazwą „Rów Oleśnicki” w Nadleśnictwie Oława, fot. K. Jata, 2023.	97
Fotografia 52. Efekt realizacji kompleksu przetamowań w Nadleśnictwie Okonek, fot. J. Smarczewski, 2023.	97
Fotografia 53. i Fotografia 54. Przypadkowo odkryty betonowy zbieracz sieci drenarskiej pod drogą na zdrenowanym w okresie przedwojennym zboczu, obecnie miejscowo porośniętym torfowcem (dawne uproduktywnienia terenu) w Nadleśnictwie Wałbrzych (archiwum CKPŚ).	98
Fotografia 55. Sukcesja roślinna na zablizniającym się rowie i rozpadające się przetamowanie – skutecznie spełniło swoją rolę – Nadleśnictwo Szklarska Poręba (archiwum CKPŚ).	102
Fotografia 56. Efekty odcinkowego zasypywania rowów podnoszące poziom wody na mokradłach – Nadleśnictwo Świeradów, 2015 (archiwum CKPŚ).	102
Fotografia 57. i Fotografia 58. Sukcesywnie zasypywany rumoszem drzewnym i zarastający rów odwadniający – Nadleśnictwo Szklarska Poręba, fot. R. Bartosz (archiwum CKPŚ).	102
Fotografia 59. i Fotografia 60. Opóźniacze odpływu na rowach w Nadleśnictwie Ruszów, fot. R. Majewicz.	103
Fotografia 61. i Fotografia 62. Deflektory nurtu drewniano-kamienne w górskim terenie w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ).	106
Fotografia 63. Okładzina z płatów darniowych [Begemann i Schiechl 1999].	114
Fotografia 64. Warstwa długiej słomy (mulcz) z siewem na mokro (hydroobsiew) [Begemann i Schiechl 1999].	114
Rysunek 64. i Fotografia 65 Krzewiaste umocnienia tarasowe na skarpie/osuwisku [Begemann i Schiechl 1999].	116
Fotografia 66 i Rysunek 67. Drewniane rusztowanie na skarpie wzmocnione nasadzeniami wierzbowymi [Begemann i Schiechl 1999].	118
Fotografia 67 Brzegoston wierzbowy na potoku Muczne wykonany w 2014 r., fot. P. Schetyński, [www.twojebieszczady.net].	118
Fotografia 68 Ten sam fragment ciekłu w trakcie pierwszego sezonu wegetacyjnego (archiwum CKPŚ).	118
Fotografia 69. Brzeg umocniony warstwą chrustu i sadzonkami wierzbowymi [Begemann i Schiechl 1999].	120
Fotografia 70. Płotek ze zrzesów wierzbowych tuż po wykonaniu [Begemann i Schiechl 1999].	120
Fotografia 71. Ukorzenione zrzesy wierzbowe [Begemann i Schiechl 1999].	120
Fotografia 72. Umocnienie z siatki jutowej z sitowiem i sadzonkami pędowymi [Begemann i Schiechl 1999].	122
Fotografia 73. Murek kamienny bez zaprawy w Nadleśnictwie Łądek Zdrój, fot. M. Goździk.	122

<i>Fotografia 74. Murek kamienny bez zaprawy w Nadleśnictwie Węgierska Górka, fot. M. Goździk.....</i>	<i>122</i>
<i>Fotografia 75. Narzut kamienny z dużych głazów układany mechanicznie – Czechy (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>123</i>
<i>Fotografia 76. Narzut kamienny nieożywiony klinowany mniejszymi frakcjami (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>123</i>
<i>Fotografia 77. Ukorzeniony zrzez wierzbowy w narzucie (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>124</i>
<i>Fotografia 78. Zabezpieczony faszyną narzut kamienny z nasadzeniami wierzbowymi (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>124</i>
<i>Fotografia 79. Kratownica drewniana poniżej przepustu pod drogą gminną – kratownica pełni rolę ubezpieczenia wypadu i jednocześnie brodu umożliwiającego wjazd drogą leśną pod górę w Nadleśnictwie Zdroje, fot. R. Majewicz.....</i>	<i>124</i>
<i>Fotografia 80. Kratownica ożywiona wierzbą poniżej brodu w Nadleśnictwie Bielsko na gruntach mineralnych szkieletowych podatnych (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>124</i>
<i>Fotografia 81. Kaszyca z pędami wierzby zabezpieczająca osuwisko pod drogą podcinane przez ciek. Nadleśnictwo Stuposiany (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>125</i>
<i>Fotografia 82. Powalony świerk zabezpieczający podmyty brzeg [Begemann i Schiechl 1999].....</i>	<i>126</i>
<i>Fotografia 83. Kaszyca w Nadleśnictwie Baligród, fot. J. Smarczewki, 2021.....</i>	<i>128</i>
<i>Fotografia 84. Kaszyca w Nadleśnictwie Nawojowa (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>128</i>
<i>Fotografia 85. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nowy Targ, fot. J. Smarczewski, 2021.....</i>	<i>128</i>
<i>Fotografia 86. Ożywiony narzut kamienny w Nadleśnictwie Stuposiany (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>128</i>
<i>Fotografia 87. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nawojowa. (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>129</i>
<i>Fotografia 88. Zabezpieczenie brzegu wklęsłego głazami, fot. Montgomery County Department of Environmental Protection.....</i>	<i>130</i>
<i>Fotografia 89. Zniszczony betonowy przepust okularowy na nieużytkowanym szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Cisna, przerywający ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>131</i>
<i>Fotografia 90. Miejsce po rozebranych betonowym przepuście, w którym przywrócono ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Cisna (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>131</i>
<i>Fotografia 91. Zniszczony betonowy jaz przerywający ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Krasieczyn (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>131</i>
<i>Fotografia 92. Bystrze o zwiększonej szorstkości w miejscu rozebranego betonowego jazu w Nadleśnictwie Krasieczyn, przywracające ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>131</i>
<i>Fotografia 93. Bród piętrzący w Nadleśnictwie Choczewo, fot. J. Smarczewski, 2021.....</i>	<i>133</i>
<i>Fotografia 94. Bród piętrzący, którego funkcją jest także zatrzymanie wody na obszarach mokradłowych w Nadleśnictwie Strzałowo, fot. A. Ryś.....</i>	<i>133</i>
<i>Fotografia 95. Bród drewniano-kamienny w Nadleśnictwie Baligród (archiwum CKPŚ).....</i>	<i>134</i>

Fotografia 96. Przepust/most z naturalnym dnem w Nadleśnictwie Lubaczów, fot. J. Smarczewski, 2021	136
Fotografia 97. Przepust ze ścieżką jednostronną w Nadleśnictwie Łądek Zdrój, 2014 (archiwum CKPŚ)	137
Fotografia 98. Bystrze regularne na rzece Pielach (fot. S. Schmutz).	140
Fotografia 99. Bystrze kaskadowe typu „plaster miodu”, fot. M. Ulmer.	140
Fotografia 100. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych Nadleśnictwo Wisła, fot. J. Smarczewski, 2021	144
Fotografia 101. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych w Nadleśnictwie Jugów (archiwum CKPŚ)	144
Fotografia 102. Przegroda drewniana wypełnione gałęziówką ubezpieczona narzutem kamiennym w Nadleśnictwie Łądek Zdrój (archiwum CKPŚ).	144
Fotografia 103. Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych w Nadleśnictwie Wisła, fot. J. Smarczewski, 2021.	146
Fotografia 104. Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych w Nadleśnictwie Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ).	146
Fotografia 105. Narzut z głazów na szlaku zrywkowym (archiwum CKPŚ).	146
Fotografia 106. Wodospust z okrągłaków w Nadleśnictwie Gorlice, 2015 (archiwum CKPŚ).....	147
Fotografia 107. Wodospust odprowadzający wodę z drogi do lasu Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ).	147
Fotografia 108. Wodospust z pojedynczego okrągłaka (archiwum CKPŚ).	147
Fotografia 109. Wodospust z kantówek Nadleśnictwie Lwówek Śląski (archiwum CKPŚ).....	147
Fotografia 110. Wodospust na terenie Nadleśnictwa Bystrzyca Kłodzka [Las Polski 8/2010].....	148
Fotografia 111. i Fotografia 112. Doły chłonne wykonane w Nadleśnictwie Jugów, fot.: J. Goliasz, R. Majewicz.....	148
Fotografia 113. Dylowanka na drodze leśnej w Nadleśnictwie Jeleśnia, fot. J. Smarczewski, 2021	149
Fotografia 114. i Fotografia 115. Miejsca na mikroziorniki zasilane spływem powierzchniowym przygotowane w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ). ..	151
Fotografia 116., Fotografia 117., Fotografia 118. i Fotografia 119. Przykłady wykorzystania naturalnego ukształtowania terenu do realizacji zbiornika retencyjnego lub kałuży ekologicznej w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ).	151
Fotografia 120. Zbiorniki w Nadleśnictwie Nawojowa niedługo po wybudowaniu (niewielka jeszcze sukcesja na brzegach), wypełnione po pierwszych większych deszczach (archiwum CKPŚ).	152
Fotografia 121. Mikroretencja w bezodpływowych zagłębieniach terenu – kaskada zbiorników w szerokim wąwozie w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ). ...	152
Fotografia 122. Zbiornik retencyjny w Nadleśnictwie Piwniczna na spływ powierzchniowy zaraz po wybudowaniu, dodatkowo zasilany wodą spływającą z leśnej drogi (archiwum CKPŚ).	153

<i>Fotografia 123. Końcowy ze zbiorników kaskadowych w Nadleśnictwie Baligród zasilanych z cieków a dodatkowo także wodą doprowadzoną z rowu przydrożnego – na pierwszym planie widoczne miejsce zasilania zbiornika wodą z rowu, fot. M. Mikulska.</i>	153
<i>Fotografia 124. Ekspansja roślinności na płaskim dnie zbiornika (jeden z górnych stawów w kompleksie) w Nadleśnictwie Szprotawa, fot. K. Guzek.</i>	154
<i>Fotografia 125. Niezróżnicowany profil dna dawnego zbiornika w Nadleśnictwie Szprotawa, fot. K. Guzek.</i>	154
<i>Fotografia 126. Mały zbiornik wstępny przed większym zbiornikiem głównym w Nadleśnictwie Przasnysz (archiwum CKPŚ).</i>	157
<i>Fotografia 127. Dwa zbiorniki w kaskadzie – lustro wody drugiego zbiornika jest niezarośnięte (archiwum CKPŚ).</i>	157
<i>Fotografia 128. Pływająca wyspa - efekt jeszcze bez roślinności [http://old.zpkww.pl].</i>	158
<i>Fotografia 129. Zasiedlone wyspy, fot. L. Iwanowski [www.hydrolech.com.pl].</i>	158
<i>Fotografia 130. Błędnie zaprojektowana rzędna dna ograniczająca migrację ryb podczas niszówek [Kosicki 2011].</i>	158
<i>Fotografia 131. Bród drewniano-kamienny koncentrujący wodę pośrodku – Nadleśnictwo Jeleśnia, fot. J. Smarczewski, 2021.</i>	159
<i>Fotografia 132. Przelew na małą wodę w środkowej części brodu Nadleśnictwo Jawor (archiwum CKPŚ).</i>	159
<i>Fotografia 133. Próg powyżej brodu ukierunkowujący wodę na bród (archiwum CKPŚ).</i>	160
<i>Fotografia 134. Próg z obniżonym przelewem w Nadleśnictwie Solec Kujawki, fot. J. Smarczewski, 2023.</i>	160
<i>Fotografia 135. Kaskada bardzo niskich progów łatwa do pokonania dla organizmów wodnych, z nieckami poniżej progów, brak przelewów na małą wodę (archiwum CKPŚ).</i>	160
<i>Fotografia 136. Podmyty próg w rok po wybudowaniu. Brak umocnienia niecki wypadowej (archiwum CKPŚ).</i>	161
<i>Fotografia 137. Zatoka zastoiskowa/mikrozbiornik i zastawki na dopływie – Nadleśnictwo Międzyzlesie (archiwum CKPŚ).</i>	162
<i>Fotografia 138. i fotografia 139. Małe zbiorniki boczne w Nadleśnictwie Łądek Zdrój (archiwum CKPŚ).</i>	163
<i>Fotografia 140. i Fotografia 141. Płotki faszynowe przeciwoerozyjne rozpraszające wodę na stok (archiwum CKPŚ).</i>	163
<i>Fotografia 142. Doły chłonne i kałuże przejmujące wodę odprowadzaną rowkami z drogi (archiwum CKPŚ).</i>	164
<i>Fotografia 143. Widok na zaporę czołową dawnego zbiornika na cieku do spławu drewna w Nadleśnictwie Międzyzlesie, przerobionego na zbiornik przeciwpowodziowy (archiwum CKPŚ).</i>	165
<i>Fotografia 144. V-kształtny przelew wody ze zbiornika przeciwpowodziowego w Nadleśnictwie Międzyzlesie, umożliwiający przejście rumowiska i samoczynne napełnianie i opróżnianie obiektu (archiwum CKPŚ).</i>	165

<i>Fotografia 145. Opróżniona z zalęgającego rumoszu wysoko położona na zboczu góry zaporą w Nadleśnictwie Świeradów. (archiwum CKPŚ).</i>	166
<i>Fotografia 146. i Fotografia 147. Przebudowa przepustu na nowoczesną konstrukcję odporną na zatkanie rumoszem Nadleśnictwa Baligród (archiwum CKPŚ).</i>	166
<i>Fotografia 148. Straty powodziowe w 1997 r. – rozmyty przepust o zbyt małym świetle (archiwum CKPŚ).</i>	167
<i>Fotografia 149. Przykłady wielootworowych przepustów z rezerwową przepustowością na wody powodziowe [Kosicki 2011].</i>	167
<i>Fotografia 150. Rumosz niesiony wodą w czasie katastrofalnego wezbrania osadzony na moście (archiwum CKPŚ).</i>	168
<i>Fotografia 151. Zerwany most w Nadleśnictwie Łądek Zdrój. (archiwum CKPŚ).</i>	168
<i>Fotografia 152. Mostek w Nadleśnictwie Zdroje ocalały w stanie nienaruszonym po przejściu fali powodziowej o metr nad nim w 1997 roku, fot. B. Noga (archiwum CKPŚ).</i>	169
<i>Fotografia 153. Ażurowa barierka na szczycie przepustu (archiwum CKPŚ).</i>	169
<i>Fotografia 154. Gęsto szczeblowana barierka na moście. (archiwum CKPŚ).</i>	169
<i>Fotografia 155. Niewielkie zapory przeciwrumowiskowe rozłożone w wyerodowanym wąwozie na cieku okresowym. W Nadleśnictwie Limanowa (archiwum CKPŚ).</i>	170
<i>Fotografia 156. Zaporą belkowa kaszycowa z drewna w Leśnictwie Przysietnica (archiwum CKPŚ).</i>	171

LITERATURA

200 lat Centralnej Administracji Drogowej - Monografia drogownictwa na Podkarpaciu cz.3. 1, GDDKiA. Dostępne na:

<https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/aprint/32648/200-lat-Centralnej-Administracji-Drogowej-Monografia-drogownictwa-na-Podkarpaciu-cz3>

Arun Bhakta Shrestha, Ezee GC, Rajendra Prasad Adhikary, Sundar Kumar Rai, Resource Manual on Flash Flood Risk Management, Module 3: Structural Measures International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, 2012.

Bajkowski S., Marzysz P., 2004, Możliwości wykorzystania przepustów drogowych na przejścia dla zwierząt, Acta Scientiarum Polonorum, Architektura 3 (2).

Bednarczyk S., Duszyński R., 2008, Hydrauliczne i hydrotechniczne podstawy regulacji i rewitalizacji rzek, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.

Begemann W., Schiechl H. M., 1999, Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym, wyd. Arkady, Warszawa.

Biedroń I. (kier.), 2018, Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania, Grupa MGPP, na

zlecenie Ministerstwa Środowiska, Kraków. Dostępne na: <http://www.ratujmyrzeki.pl/orzekach/dobre-praktyki>

Biedroń I. (kier.), Pawlaczyk P. (red.), 2020, Podręcznik dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych, Kraków.

Bobiński E. i in., 1992, Ochrona przed powodzią, IMUZ, Falenty.

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. Dostępne na: <https://straznicy.wwf.pl/wp-content/uploads/2020/07/Zasady-dobrej-praktyki-w-utrzymaniu-rzek-i-potokow-gorskich.pdf>

Borys M., Jędryka E., 2014, Warunki techniczne użytkowania budowli Hydrotechnicznych istotnych dla Rolnictwa, Wydawnictwo ITP, Falenty.

Czech A., 2000, Bóbr - gryzący problem? Towarzystwo na rzecz Ziemi, Oświęcim.

Czech A., 2000, Bóbr, Monografie przyrodnicze, Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodników, Świebodzin.

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, wyd. SGGW, Warszawa.

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.

Furdyna A. i inni, 2016, Przeplawki dla ryb: projektowanie, wymiary, monitoring, Fundacja WWF Polska, Warszawa.

Główny Urząd Statystyczny Warszawa 2020 r. Dostępne na: <https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/4295,pojecie.html>

Herbichowa M., Pawlaczyk P., Stańko R., 2007, Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu, Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.

Illicki P., 1987, Warunki techniczne prowadzenia robót z zakresu melioracji i gospodarki wodnej na terenach o szczególnych wartościach przyrodniczych, PIOŚ, Warszawa.

Jelonek M., Engel J., Sobieszczak 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, maszynopis, Kraków - Słońsk – 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 Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, Kraków-Poznań.

Jermaczek A., Wołajko L., Misztal K., 2009, Poradnik ochrony mokradł w górach, Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.

Jędryka E., 2003, Renaturyzacja małych cieków wodnych, IMUZ, IMUZ, Falenty.

Jędryka E., 2006, Proekologiczne budowle wodne, Rozwiązania konstrukcyjne, dostosowanie do parametrów hydraulicznych cieków i uwarunkowań przyrodniczo – krajobrazowych, wyd. IMUZ, Falenty.

Kampania na rzecz przyjaznych metod ochrony przeciwpowodziowej. Towarzystwo na rzecz Ziemi, Oświęcim, 2004.

Kardel I. i in., 2011, Mała retencja, planowanie, realizacja, eksploatacja, BIGRAF, Warszawa.

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.

Kosicki A.J., 2011, Metody hydraulicznego projektowania przepustów z uwzględnieniem morfologii cieku i wymogów związanych ze swobodnym przepływem ryb. „Gospodarka Wodna”, nr 3.

Krukowski M. (red.), 2006, Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków. Praktyczny podręcznik. Tłumaczenie i polska adaptacja publikacji Manual of River Restoration Techniques, Polska Zielona Sieć, Wrocław-Kraków.

Krzemiński R., Terlikowski W., 2015, Kaszyce drewniane - historycznym elementem rewitalizacji zabytków, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska I Architektury,

Journal Of Civil Engineering, Environment And Architecture, JCEEA, t. XXXII, z. 62 (2/15).

Łapuszek M., 2023, Podstawy rewitalizacji dolin rzecznych, Politechnika Krakowska, Wydz. Środowiskai Energetyki Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej, Kraków.

Makles M., Pawlaczyk P., Stańko R., 2014, Podręcznik Najlepszych Praktyk Ochrony Mokradeł, CKPŚ, Warszawa.

Marcisz K., Bąk M., Kołaczek P., Lamentowicz M., Wochal D., 2024, Historia lasu i mokradeł zapisana w torfowiskach. Jak chronić torfowiska w lasach? Pod red. Lamentowicz M., Konczal. S. Wydawnictwo Naukowe ArcheoGraph, Łódź.

Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Departament Europejskiego Funduszu Społecznego, Szczegółowy Opis Priorytetów programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027, Wersja SZOP.FERS.006.

Mioduszeński W., 2003, Mała retencja, Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego, wyd. IMUZ, Falenty.

Mioduszeński W., 2008, Mała retencja w lasach elementem kształtowania i ochrony zasobów wodnych, Woda dla lasu, las dla wody, Studia i materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej pod red. Anderwald D., wyd. Leśny Zakład Doświadczalny SGGW, Rogów, R. 10. Zeszyt 2 (18)/2008.

Mioduszeński W., 2014, Stawy małe zbiorniki wodne, wyd. PWRiL, Warszawa.

Mokwa M., Wiśniewolski W., 2008, Ochrona ichtiofauny w rzekach z zabudową hydrotechniczną, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław.

Montgomery County Department of Environmental Protection

Nawrocki P. (red.), 2016, Przeplawki dla ryb – projektowanie, wymiary i monitoring, Tłumaczenie i polska adaptacja publikacji Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau 1996 Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle, na podstawie tłumaczenia angielskiego FAO 2002 Fish passes – design, dimensions and monitoring, WWF Polska, Warszawa.

Paluch J., Palczyński M., Paruch A., Pulikowski K., 2005, Zwiększanie retencji i poprawa jakości wód za pomocą opóźniaczy odpływu. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

Pawlaczyk P., Herbichowa M., Stańko R., 2005, Ochrona torfowisk bałtyckich. Przewodnik dla praktyków, teoretyków i urzędników, Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.

PN- ISO 6707-1, Budownictwo – terminologia; Arkusz 1 – terminy ogólne.

Praca zbiorowa Pierzgalski E., Niemtur S., Bartnik W., Radecki-Pawlik A., Koncepcja programowo-przestrzenna 2007/8, Przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich związanej ze wpływem wód opadowych, Utrzymanie potoków górskich i związanej z nimi infrastruktury w dobrym stanie, maszynopis, BULiGL, Warszawa.

Prochal P., 1968, Budownictwo wodne, tom I, Regulacja rzek i potoków, Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 (FEnIKS).

Prus P., Popek Z., Pawlaczyk P., 2018, Dobre praktyki utrzymania rzek, wyd. WWF Polska, Warszawa.

Przybyła B., 2002, Renaturyzacja rzek, Wędkarz polski.

Radecki-Pawlik A., 2006, Podstawy hydrogeomorfologii cieków górskich; dla biologów, ekologów oraz inżynierów kształtowania środowiska (wraz z przykładami obliczeniowymi), Wydawnictwo BEL Studio.

Radecki-Pawlik A., 2009, Bystrza jako bliskie naturze rozwiązanie utrzymania koryt rzeki i potoków górskich. Nauka Przyroda Technologie tom 3, zeszyt 3. Dostępne na: www.npt.up-poznan.net

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.

Schiecht H. M., 1973, Sicherungsbauweisen im Landschaftsbau – Munchen, Callwey-Verlag.

Sieński E. (red.), Śliwiński P., 2020, Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa.

Słownik dla mediów, najważniejsze pojęcia i zwroty w hydrologii, METEO IMGW – PIB (meteo.imgw.pl). Dostępne na: https://imgw.pl/sites/default/files/inline-files/slownik-dla-mediow_chok.pdf

Słownik hydrologiczny, Katedra Geoinżynierii i gospodarki wodnej, Politechnika Krakowska. Dostępne na: <https://iigw.pl/new/strony/slownik.htm>

LITERATURA

Szoszkiewicz K., Jusik S., Adynkiewicz-Piragas M., Gebler D., Achtenberg K., Radecki-Pawlik A., Okruszko T., Giełczewski T., Pietruczuk K., Przesmycki M., Nawrocki P., 2017, Podręcznik oceny wód płynących w oparciu o Hydromorfologiczny Indeks Rzeczny, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa.

Ślizowski R., 1990, Bystrza w świetle badań czechosłowackich, Zesz. Nauk. AR Krak., nr 240 Melioracje 14.

Tobolski K., 2000, Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa.

Todd Rexine, Dan Kalmon, Daniel Tix, 2010, Mississippi Watershed Management Organization. 2010. A Guide to Bank Restoration Options for Large River Systems: Part II Bioengineering Installation Manual MWMO Watershed Bulletin 2010-3.

Trybała M., 1996, Gospodarka wodna w rolnictwie Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Turczynowicz S., 1956, Melioracje i zagospodarowanie torfowisk, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Węglarczyk S. (SW), Słownik Hydrologiczny Katedry Geoinżynierji i Gospodarki Wodnej Politechnika Krakowska. Dostępne na: <https://iigw.pl/new/strony/slownik.htm>

Wiłun Z., 2010, Zarys geotechniki, WKiŁ Warszawa.

Wolski P., 2002, Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Wołoszyn J., 1974: Regulacja rzek i potoków. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

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., 1961, Małe budowle wodne, część I, jazy i zapory, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Łódź – Warszawa.

Żbikowski A., Żelazo J., 1993, Ochrona środowiska w budownictwie wodnym, Materiały informacyjne, wyd. Falstaff, Warszawa.

Żelazo J., Popek Z., 2014, Podstawy renaturyzacji rzek, wyd. SGGW, Warszawa.

Akty prawne wewnętrzne, krajowe i zagraniczne:

Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz.U.UE.L.2000.327.1) - Ramowa Dyrektywa Wodna.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Dz.U.UE.L.2010.20.7) - Dyrektywa Ptasia.

Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (Dz.U.UE.L.1992.206.7) - Dyrektywa Siedliskowa.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. z 2019 r. poz. 1725).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. 2007 nr 86 poz. 579).

Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz.U. 2022 poz. 1518).

Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (t.j. Dz.U. z 2020 r. poz. 2187 ze zm.).

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 1336 ze zm.).

Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (t.j. Dz.U. z 2023 r. poz. 1478 ze zm.).

Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 530).

Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (t.j. Dz. U. 2024 r. poz. 82).

Załącznik do Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 czerwca 2020 r. w sprawie sposobu prowadzenia ewidencji urządzeń melioracji wodnych oraz zmeliorowanych gruntów i ustalania obszaru, na który urządzenia melioracji wodnych wywierają korzystny wpływ (Dz.U. z 2020 r. poz. 1165).

Załącznik do Zarządzenia nr 81 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 23 grudnia 2019 r. w sprawie wprowadzenia "Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu" w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych.

Zarządzenie nr 26 Dyrektora Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Gdańsku z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie zasad udostępniania drzewostanów siecią szlaków operacyjnych w nadleśnictwach nadzorowanych przez RDLP w Gdańsku.

Źródła internetowe:

<http://old.zpkww.pl>

https://sycow.poznan.lasy.gov.pl/widget/aktualnosci?p_p_id=101_INSTANCE_sE8O

<https://www.encyklopedialesna.pl/haslo/wodospust/>

<https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/2837/object/3031/budowa-i-modernizacja-zbiornikow-wodnych-w-uroczysku-las-miejski-na>

<https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/3413/object/3828/budowa-urzadzen-retencyjnych-malej-retencji-wodnej-w-zlewni-rzeki-rudy>

<https://www.themillcreekalliance.org/restoration-principles-of-design>

<https://www.youtube.com/watch?v=0KC01khUkeY>

<https://www.hydrotech.com.pl/>

<https://www.twojebieszczady.net/>