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)

Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych

PODRĘCZNIK WDRAŻANIA PROJEKTU

Cz. I. Zakres rzeczowy

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)

Warszawa 2025

Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych

UNIWERSYTET ROLNICZY im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

CENTRUM INNOWACJI Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie sp. z o. o.

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU ROLNICZEGO W KRAKOWIE

Recenzenci
Prof. dr hab. inż. Mariusz Sojka (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu)
Dr hab. inż. Anna Klamerus-Iwan, prof. URK (Uniwersytet Rolniczy w Krakowie)

Redaktor Naczelny Wydawnictwa
Dr hab. inż. Andrzej Wałęga, prof. URK

Redakcja naukowa:
Dr hab. inż. Leszek Książek, prof. URK
Dr hab. inż. Ewelina Zając, prof. URK

Redakcja naukowa rozdziałów:
Prof. dr hab. inż. Piotr Herbut
Dr hab. Renata Kędzior, prof. URK
Dr hab. inż. Tomasz Kowalik, prof. URK
Dr hab. inż. Leszek Książek, prof. URK
Prof. dr hab. inż. Jarosław Lasota
Dr hab. inż. Dariusz Młyński, prof. URK
Dr hab. inż. Ewelina Zając, prof. URK

Projekt graficzny okładki
Anna Podczaszy

Fotografia na okładce
Archiwum CKPŚ

Opracowanie redakcyjne i korekty
Iwona Pisiewicz-Leftwich

Projekt graficzny makiety, skład i łamanie
Regina Wojtyłko

Opracowanie graficzne ilustracji
Zespół Wydawnictwa URK

Adaptacja tekstu na potrzeby osób z niepełnosprawnością wzroku
Andrzej Kaczmarczyk

Copyright © Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych 2025

Wydawca:
Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
31-425 Kraków, al. 29 Listopada 46
tel. (12) 662 51 51, 662 51 57
e-mail: wydawnictwo@urk.edu.pl
www.wydawnictwo.urk.edu.pl

Spis treści

WSTĘP 7

PODSTAWOWE INFORMACJE I ZAKRES DZIAŁAŃ W PROJEKTACH 9

I. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja (MRN3) – Podstawowe informacje 10

II. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja (MRG3) – Podstawowe informacje 11

III. Typy działań realizowanych w nadleśnictwach 12

Działania z zakresu małej retencji oraz przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach nizinnych 13

1. Działania z zakresu małej retencji na terenach nizinnych MRN3 14

1.1. Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRN3 14

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym MRN3 14

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRN3 15

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach nizinnych MRN3 16

2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRN3 16

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRN3 16

Działania z zakresu małej retencji oraz przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach górskich 17

1. Działania z zakresu małej retencji na terenach górskich MRG3 18

1.1 Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRG3 18

1.2 Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym MRG3 18

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRG3 19

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach górskich MRG3 19

2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRG3 19

2.2 Zabudowa przeciwerozyjna dróg i szlaków zrywkowych MRG3 20

Obiekty i działania, które nie mogą być realizowane w Projekcie MRG3 20

IV. Monitoring środowiskowy – Działania w projektach realizowane przez Partnerów UAM i UPP 21

V. Monitoring inwestycyjny. Działania w Projektach realizowane przez Partnera – Centrum Ochrony Mokradeł 22

UWARUNKOWANIA I OGRANICZENIA DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTÓW 23

I. Uwarunkowania prawne i proceduralne 24

II. Uwarunkowania przyrodnicze – zagrożenia i zalecenia ochronne 27

III. Uwarunkowania hydrotechniczne – wpływ budowli i regulacji rzek na ekosystemy wodne 32

1. Zbiorniki retencyjne i stopnie wodne 32

2. Regulacja rzek i potoków 32

3. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków 35

4. Doświadczenia EkoFunduszu i Klubu Przyrodników 40

IV. Terminy i wykonawstwo robót 41

WYTYCZNE DO REALIZACJI OBIEKTÓW I DZIAŁAŃ W RAMACH PROJEKTÓW 45
I. Charakterystyka metod przyjętych w Projektach 46
1. Metody przyrodnicze 46
2. Metody techniczne i przyrodniczo-techniczne 50
3. Przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z gwałtownym spływem wód opadowych na obszarach o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu 52
II. Zalecenia dla nadleśnictw na etapie przygotowania do realizacji 55
III. Działania i obiekty przewidziane do realizacji 58
1. Działania z zakresu małej retencji 59
1.1. Budowa, przebudowa lub rozbudowa zbiorników i polderów zalewowych 63
1.1.1. Rodzaje realizowanych w ramach Projektów zbiorników wodnych 63
1.1.2. Elementy konstrukcyjne zbiorników, typy rozwiązań preferowane w Projektach 79
1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym 86
1.2.1. Elementy konstrukcyjne w przywracaniu funkcji obszarom mokradłowym 92
2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej 139
2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej 139
2.1.1. Zabezpieczenie skarp i brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury 140
2.1.2. Rozbiórka i modernizacja budowli niedostosowanych do wód wezbraniowych 167
2.2. Zabudowa przeciwerozyjna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich 183
2.2.1. Zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu zrębów 183
2.2.2. Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg 187
IV. Adaptacja obiektów do zmian klimatu 192
1. Dostosowanie obiektów do bardzo niskich stanów wody i susz 192
1.1. Rozwiązania możliwe do zastosowania w zbiornikach wodnych 193
1.2. Rozwiązania możliwe do zastosowania w budowlach piętrzących i komunikacyjnych 201
1.3. Rozwiązania możliwe do zastosowania w przypadku cieków naturalnych oraz rowów 206
1.4. Przechwycenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych 208
2. Dobre praktyki i nietypowe rozwiązania związane z gwałtownymi opadami i wezbraniami 211
2.1. Adaptacja dawnych obiektów 211
2.2. Ograniczenie ryzyka zatkania przepustów rumoszem 212
2.3. Przepust z umocnionym przelewem na powierzchni drogi 213
2.4. Dodatkowe przelewy na wody wezbraniowe 214
2.5. Barierki na mostach i przepustach 215
2.6. Drewniane zapory przeciwrumowiskowe na ścieżkach spływu wód powierzchniowych 219

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ 221

Załącznik nr 1 do Podręcznika 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) 236

Załącznik nr 2 do Podręcznika 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 górskich – kontynuacja (MRG3) 249

LITERATURA 263

SPIS RYSUNKÓW 268

SPIS FOTOGRAFII 273

O podręczniku

Prezentowany Podręcznik stanowi kompendium wiedzy z zakresu praktycznych aspektów realizacji projektów małej retencji i jest odpowiedzią na wyzwania, z którymi muszą zmierzyć się wszystkie osoby realizujące projekty przyrodnicze, współfinansowane ze środków europejskich. Poza złożonością wynikającą z ich specyfiki, projekty te objęte są dodatkowym reżimem w zakresie szeroko pojętego wydatkowania środków publicznych i obowiązków wynikających z zawartej umowy o dofinansowanie.

Zaprezentowane w publikacji rozwiązania to efekt kilkudziesięcioletnich doświadczeń Lasów Państwowych, których początki w zakresie realizacji projektów małej retencji sięgają lat 90. ubiegłego wieku.

WSTĘP

Nasilenie ekstremalnych zjawisk pogodowych stawia zupełnie nowe wyzwania przed inwestorami, projektantami i wykonawcami infrastruktury związanej z retencjonowaniem wód i przeciwdziałaniem erozji wodnej. Kiedy naturalna zdolność retencjonowania wody w zlewni maleje, tworzą się szybkie drogi odpływu wód opadowych i roztopowych na powierzchni terenu. Dlatego niezbędne są działania podejmowane w celu minimalizacji ryzyka powodzi i suszy. Należy podkreślić, że działania zwiększające bezpieczeństwo przeciwpowodziowe oraz łagodzące skutki suszy są tożsame, gdyż odnoszą się do tego samego zadania – retencjonowania wody. Rekomendowanym rozwiązaniem jest zarządzanie spływem wód opadowych oparte na podejściu „źródło–ścieżka–odbiornik":

- „u źródła", czyli zatrzymywanie wody w miejscu wystąpienia opadu;
- „na ścieżce", czyli w systemach rowów i małych cieków;
- „w odbiorniku", czyli w ciekach i na obszarach zagrożonych powodziami.

Podstawowym elementem działań „u źródła" jest magazynowanie wody w okresach zwiększonego zasilania opadami i/lub roztopami. Działania te dotyczą źródłowych odcinków cieków i potoków, a także odbudowy pasywnej retencji terenowej (glebowej/krajobrazowej), w tym mokradeł, stawów czy też oczek wodnych zarówno na terenach leśnych, jak i innych, np. rolniczych.

Działania „na ścieżce" odnoszą się do zlewni poprzez struktury retencyjno-mokradłowe, renaturyzację i odtworzenie meandrowania cieków, ale też przywracanie terenów zalewowych. Działania te można określić jednym terminem „opóźnienia dynamicznego", które dodatkowo sprzyja poprawie warunków siedliskowych dla organizmów wodnych i od wód zależnych oraz zwiększaniu zasobów wodnych w zlewni, co jest szczególnie ważne z punktu widzenia ochrony przed suszą i redukcji kulminacji fali powodziowej.

Grupa rozwiązań „w odbiorniku" obejmuje przede wszystkim retencję zbiornikową w dolinach rzek i retencję korytową, która realizowana jest przede wszystkim za pomocą urządzeń wodnych, ale odnosi się również do procesu oczyszczania wód.

Mała wielka retencja w Lasach Państwowych

W latach 1998–2005 Lasy Państwowe podjęły działania z zakresu małej retencji wodnej mające na celu przewrócenie optymalnych warunków siedlisk przesuszonych. Wybudowano 1124 zbiorniki wodne o łącznej pojemności retencyjnej 8,4 mln m^3, wykonano także 2216 obiektów piętrzących – głównie na urządzeniach melioracyjnych. Łączna kwota zrealizowanych przedsięwzięć wyniosła 38,6 mln zł, zaś środki finansowe pochodziły głównie z funduszu leśnego, przy

niewielkim udziale środków: pomocowych z NFOŚiGW, WFOŚiGW, Ekofunduszu i zagranicznych Funduszu Phare.

Kontynuacja działań zapoczątkowanych w 1998 r. znalazła odzwierciedlenie w Projektach małej retencji nizinnej i górskiej, realizowanych w latach 2007–2015 oraz 2016–2023 w ramach środków zewnętrznych Programu Operacyjnego „Infrastruktura i Środowisko". Lasy Państwowe zaplanowały przeznaczenie pozyskanych środków dofinansowania na realizację obiektów małej retencji celem poprawy bilansu wodnego małych zlewni, zminimalizowania skutków suszy w ekosystemach leśnych oraz przeciwdziałania powodziom i podtopieniom o charakterze lokalnym.

Jednym z założeń projektów było wspieranie prośrodowiskowych metod naturalnych (ang. *Nature based solutions*) retencjonowania wody w lasach. W ramach przedsięwzięcia realizowane były również cele pośrednie, polegające na zachowaniu różnorodności biologicznej obszarów wodno-błotnych oraz renaturyzacji bagien i mokradeł.

W ramach zakończonych już projektów małej retencji oraz adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu Lasy Państwowe zrealizowały, począwszy od 2007 r., działania mające na celu rozwijanie systemów małej retencji oraz ochronę przed erozją wodną o wartości ponad 860 mln zł, w wyniku których zretencjonowano ponad 47,4 mln m^3 wody.

Obecnie procedowane projekty stanowią kontynuację działań dotyczących rozwoju małej retencji nizinnej oraz przeciwdziałania erozji wodnej na terenach nizinnych i górskich poprzez realizację ponad 1600 obiektów i kompleksowych zadań, w tym również niewielkich zbiorników retencyjnych (o pojemności do kilkuset tysięcy m^3).

Nowością jest formalny udział partnerów z jednostek naukowych, którymi są: Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (UPP), Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (UAM) oraz Centrum Ochrony Mokradeł.

Zapraszamy do lektury!

PODSTAWOWE INFORMACJE I ZAKRES DZIAŁAŃ W PROJEKTACH

I. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja (MRN3) – Podstawowe informacje

Beneficjent	**PGL LP – Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych**
Podmioty upoważnione[1]	Nadleśnictwa: Augustów, Bielsk, Hajnówka, Łomża, Nurzec, Płaska, Waliły, Brynek, Brzeg, Gidle, Herby, Chrzanów, Katowice, Kędzierzyn, Kluczbork, Kłobuck, Kobiór, Zawadzkie, Koniecpol, Koszęcin, Kup, Lubliniec, Namysłów, Olesno, Olkusz, Prószków, Rudziniec, Rudy Raciborskie, Rybnik, Siewierz, Strzelce Opolskie, Świerklaniec, Tułowice, Turawa, Złoty Potok, Opole, Dabrowa Tarnowska, Dębica, Miechów, Niepołomice, Kolbuszowa, Leżajsk, Mielec, Oleszyce, Sieniawa, Tuszyma, Międzyrzec, Sobibór, Strzelce, Tomaszów, Bełchatów, Brzeziny, Kutno, Kolumna, Piotrków, Skierniewice, Spała, Wieluń, Złoczew, Grotniki, Przedbórz, Lidzbark, Nidzica, Człopa, Durowo, Jastrowie, Okonek, Mirosławiec, Podanin, Potrzebowice, Sarbia, Kaczory, Zdrojowa Góra, Złotów, Krucz, Tuczno, Lipka, Płytnica, Kalisz Pomorski, Babki, Gniezno, Góra Śląska, Jarocin, Koło, Łopuchówko, Oborniki, Przedborów, Czerniejewo, Barlinek, Bogdaniec, Bolewice, Głusko, Kłodawa, Rzepin, Skwierzyna, Choszczno, Sulęcin, Czaplinek, Dretyń, Leśny Dwór, Łupawa, Manowo, Niedźwiady, Szczecinek, Świdwin, Warcino, Karnieszewice, Damnica, Trzebielino, Bydgoszcz, Gniewkowo, Jamy, Miradz, Przymuszewo, Runowo, Solec Kujawski, Włocławek, Zamrzenica, Lutówko, Wołów, Oleśnica Śląska, Lubin, Miękinia, Oborniki Śląskie, Cybinka, Gubin, Lipinki, Nowa Sól, Sulechów, Szprotawa, Torzym, Wymiarki, Choczewo, Elbląg, Kaliska, Kartuzy, Kolbudy, Kościerzyna, Lębork, Lipusz, Lubichowo, Starogard, Strzebielino, Cewice, Dobieszyn, Grójec, Kozienice, Radom, Zagnańsk, Daleszyce, Garwolin
Partnerzy	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu Centrum Ochrony Mokradeł
Okres realizacji projektu	2024–2028

[1] Stan na marzec 2025 r., zgodny z umową o dofinansowanie Projektu. Wykaz podmiotów upoważnionych może ulec zmianie w trakcie realizacji Projektu.

II. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja (MRG3) – Podstawowe informacje

Beneficjent	**PGL LP – Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych**
Podmioty upoważnione[2]	Nadleśnictwa: Andrychów, Bielsko, Jeleśnia, Prudnik, Sucha, Ujsoły, Ustroń, Węgierska Górka, Wisła, Brzesko, Gorlice, Gromnik, Krościenko, Krzeszowice, Limanowa, Łosie, Myślenice, Nawojowa, Nowy Targ, Piwniczna, Stary Sącz, Baligród, Bircza, Brzozów, Dynów, Kańczuga, Lubaczów, Lutowiska, Rymanów, Strzyżów, Ustrzyki Dolne, Bystrzyca Kłodzka, Jugów, Kamienna Góra, Lądek Zdrój, Lwówek Śląski, Międzylesie, Szklarska Poręba, Świeradów, Wałbrzych, Zdroje, Złotoryja
Partnerzy	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu Centrum Ochrony Mokradeł
Okres realizacji projektu	2024–2028

Cele Projektów i zakres rzeczowy

Głównym celem Projektów jest wzmocnienie odporności na zagrożenia związane ze zmianami klimatu w nizinnych i górskich ekosystemach leśnych.

Działania ukierunkowane są na zapobieganie powstawaniu lub minimalizację negatywnych skutków zjawisk naturalnych związanych z tymi zmianami tj.: powodzi i podtopień, suszy i pożarów oraz erozji wodnej.

Cel główny zostanie osiągnięty poprzez realizację następujących celów szczegółowych:

1. Rozwój systemów małej retencji poprzez wykonanie obiektów i kompleksowych zadań gromadzących wodę do końca 2028 r.
2. Rozwój systemów związanych z przeciwdziałaniem zbyt intensywnym spływom powodującym nadmierną erozję wodną na terenach nizinnych i górskich poprzez wykonanie obiektów do końca 2028 r.

W Projektach wyznaczono również dodatkowe cele związane z działaniami edukacyjnymi oraz monitoringiem, tj.:

1. Wzrost wiedzy na temat wpływu małej retencji wodnej na środowisko poprzez opracowanie metodologii oceny wpływu na podstawie monitoringu środowiska wybranych zadań do 2028 r.

[2] Stan na marzec 2025 r., zgodny z umową o dofinansowanie Projektu. Wykaz podmiotów upoważnionych może ulec zmianie w trakcie realizacji Projektu.

2. Zwiększenie efektywności działań w zakresie adaptacji do zmian klimatu poprzez opracowanie dobrych praktyk realizacji działań retencyjnych do końca 2028 r.
3. Podniesienie świadomości ekologicznej społeczeństwa poprzez realizację wydarzeń edukacyjnych dla min. 800 uczestników (MRN3) i dla min. 500 uczestników (MRG3) do końca 2028 r.

W Projekcie MRN3 planuje się wykonanie łącznie ok. 1 030 sztuk obiektów i kompleksowych zadań oraz osiągnięcie pojemności o wartości ok. 7 065,2 tys. m^3.

W Projekcie MRG3 planuje się wykonanie łącznie ok. 628 sztuk obiektów i kompleksowych zadań oraz osiągnięcie pojemności o wartości ok. 358 tys. m^3.

Działania w projektach retencyjnych uwzględniają likwidację historycznych odwodnień terenów podmokłych w celu odtwarzania prawidłowego uwodnienia mokradeł oraz ochronę gleb i siedlisk hydrogenicznych, a także likwidację innych antropogenicznych zaburzeń retencji oraz odwracanie działań zwiększających erozję zmian w krajobrazie.

Niniejsze opracowanie stanowi uaktualnioną i uzupełnioną wersję podręcznika wdrażania projektów małej retencji w lasach z poprzedniej edycji programu. Celem tych materiałów pomocniczych jest wsparcie wykonawców – pracowników nadleśnictw wdrażających projekt – w podejmowaniu decyzji o działaniach i ich planowaniu. W trakcie realizacji projektu planowane jest opracowanie i przekazanie wykonawcom nowego podręcznika dobrych praktyk, który poza katalogiem działań będzie zawierał bardziej rozbudowaną część planistyczną oraz rozdziały o teoretycznych podstawach diagnozowania lokalnej sytuacji ekohydrologicznej i priorytetyzacji wyboru metod retencji.

III. Typy działań realizowanych w nadleśnictwach

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

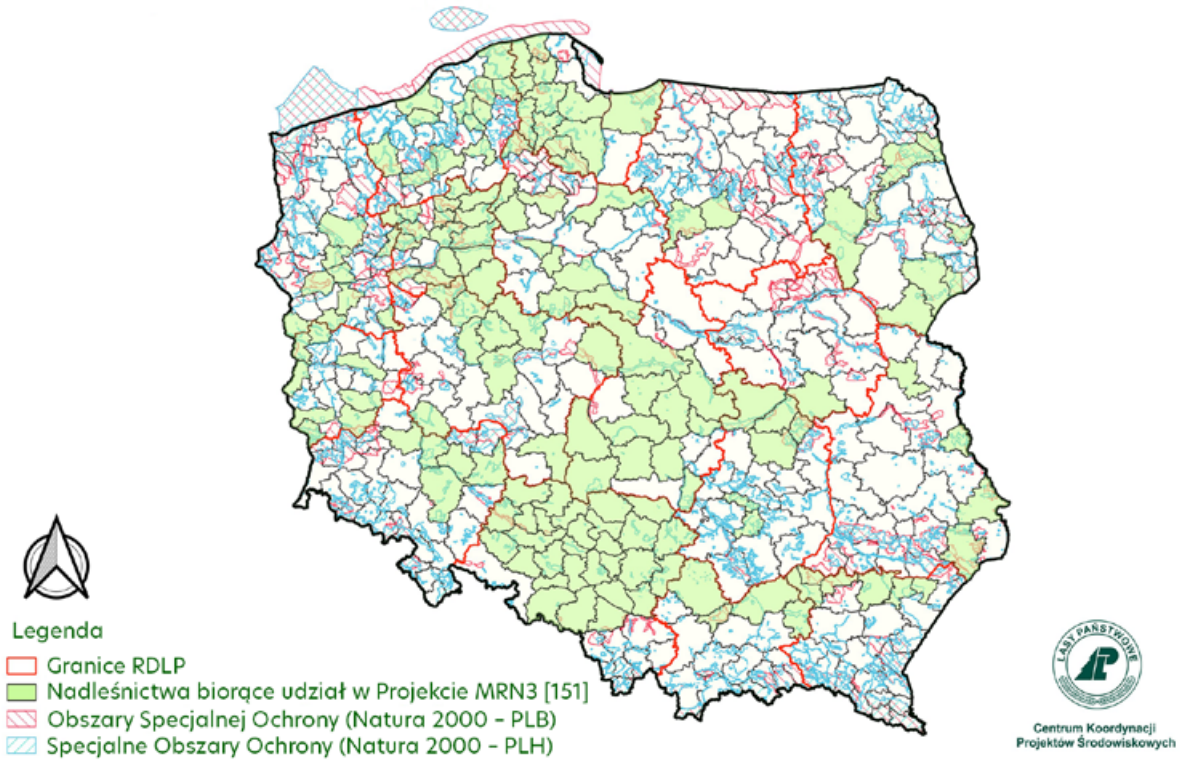
- budowę, rozbudowę, przebudowę, odbudowę małych urządzeń piętrzących oraz gromadzących wodę, w szczególności zastawek, progów, przetamowań koryt, przepustów z piętrzeniem, zastosowanych w celu spowolnienia odpływu wód powierzchniowych i/lub stworzenia tzw. retencji korytowej oraz rozlewisk; możliwym działaniem uzupełniającym jest przy tym odcinkowa likwidacja lub ograniczenie oddziaływania istniejącej infrastruktury odwadniającej (rowy, dreny), której funkcjonowanie wpływa na zmniejszenie retencji wody w krajobrazie;
- 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);
- budowę, rozbudowę, przebudowę, odbudowę zbiorników małej retencji oraz zbiorników suchych;
- unaturalnianie koryt poprzez odtwarzanie naturalnej hydromorfologii i trasy (remeandrowanie cieków naturalnych), tworzenie zróżnicowanych siedlisk w korycie, np. układ bystrze-ploso, oraz odtwarzania terenów zalewowych;
- meandrowanie rowów;

- zabezpieczenie obiektów infrastruktury leśnej przed skutkami nadmiernej erozji wodnej związanej z nawalnymi opadami oraz/lub wezbraniami;
- wprowadzanie rozwiązań ograniczających spływ powierzchniowy wody i erozję wodną związaną z nawalnymi opadami oraz wezbraniami (zabudowa przeciwerozyjna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich).

Projekty zakładają 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 (uniemożliwiającego dalsze użytkowanie obiektu), bądź pełni ją w sposób niewystarczający, ale daje możliwość rozbudowy, unowocześnienia lub adaptacji do celów wyznaczonych w Projektach. Przewidziano również realizację nowych obiektów budowlanych, w miejscach, gdzie występują ku temu dogodne warunki zarówno wodne, gruntowe, terenowe, jak i przyrodnicze, a także likwidację infrastruktury, w szczególności melioracyjnej, np. rowów, na tych obszarach, gdzie działania takie pozytywnie wpłyną na stosunki wodne.

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

Poniżej przestawiono 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). Obszar, do którego odnoszą się działania przewidziane na terenach nizinnych, zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja (MRN3), stan na marzec 2025

1. Działania z zakresu małej retencji na terenach nizinnych MRN3

Zakres działań na terenach nizinnych, w celu spowolnienia odpływu wody oraz odtwarzania stosunków wodnych na obszarach mokradłowych, obejmuje działania przedstawione poniżej.

1.1. Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRN3

- zbiorniki zaporowe lub boczne zasilane ciekami[3] naturalnymi okresowymi bądź 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;
- zbiorniki bezodpływowe (kopane), zasilane głównie ze spływów powierzchniowych i wód opadowych lub na terenach zalewowych.

Ww. zbiorniki retencyjne mogą zostać wyposażone w niezbędną infrastrukturę umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych, jednak ich podstawową funkcją ma być funkcja retencyjna.

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym MRN3

- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa, zastawek progów i innych przetamowań na rowach, kanałach, ciekach naturalnych okresowo prowadzących wodę;
- budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa urządzeń piętrzących – jazów, zastawek, progów i innych przetamowań na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę pod bezwzględnym warunkiem zapewnienia drożności cieku dla ryb, w szczególności poprzez zastosowanie przepławek naturopodobnych, jak rampy/pochylnie kamienne[4];
- 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 opóźniaczy odpływu;
- zapobieganie odwadnianiu i odtwarzanie stosunków wodnych odpowiednich dla danego typu mokradła w wyniku działań technicznych, w szczególności poprzez przeciwdziała-

[3] Cieki naturalne w rozumieniu ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2023 poz. 1478 ze zm., art. 16) – rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy naturalnymi lub uregulowanymi korytami.

[4] Zapis dotyczący bezwzględnego warunku zapewnienia drożności cieku dla ryb stosuje się wyłącznie do retencji korytowej. W przypadku obszarów mokradłowych (rozlewisk) należy przeanalizować potrzeby i możliwości zachowania ciągłości ekologicznej.

nie odpływowi wód zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych oraz poprzez doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych;
- adaptacja istniejących systemów melioracyjnych do pełnienia funkcji retencyjnych w szczególności poprzez łagodzenie spadków istniejących rowów, poszerzanie koryt rowów głównie w zasięgu oddziaływania budowli piętrzących, przebudowę rowów melioracyjnych na rowy bezodpływowe, czasowe lub trwałe blokowanie odpływu z systemów drenarskich, montaż urządzeń regulujących poziom wody w studniach drenarskich;
- przeciwdziałanie fragmentacji 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 usuwanie lub przesuwanie budowli przegradzających koryto, doprowadzenie wód do starorzeczy, modernizacje budowli na polderach zalewowych;

Działania mogą zostać uzupełnione zasypywaniem rowów melioracyjnych wszędzie tam, gdzie jest to możliwe.

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, dojazdów pożarowych oraz innych elementów infrastruktury drogowej niezwiązanej z celami Projektu;
- budowa infrastruktury turystycznej, w tym pieszej, rowerowej, oraz wykonywanie nasadzeń ozdobnych i małej architektury;
- przedsięwzięcia na obszarach źródliskowych oraz na glebach hydrogenicznych polegające na wykonywaniu prac ziemnych trwale przekształcających obszar, takich jak zbiorniki wodne, z 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 przyrody[5], 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[6];
- stopnie i kaskady na ciekach naturalnych;

[5] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2024 poz. 1478 ze zm.).

[6] Zob. przypis 4.

- 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;
- ujęcia wód podziemnych;
- przepompownie/przepompownie melioracyjne.

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach nizinnych MRN3

2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRN3

- budowle stabilizujące osuwiska oraz zabezpieczenia skarp narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy, mające na celu ochronę infrastruktury leśnej, wykonane metodami przyjaznymi środowisku, takimi jak geotekstylia, nasadzenia, darniowanie, drenaże oraz z materiałów naturalnych, w szczególności drewna, kamienia, faszyny;
- 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;
- wykonanie nowych budowli komunikacyjnych w miejscu samowolnych lub historycznie istniejących przejazdów powstałych wskutek 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. 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 rewitalizację fragmentów cieków naturalnych.

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

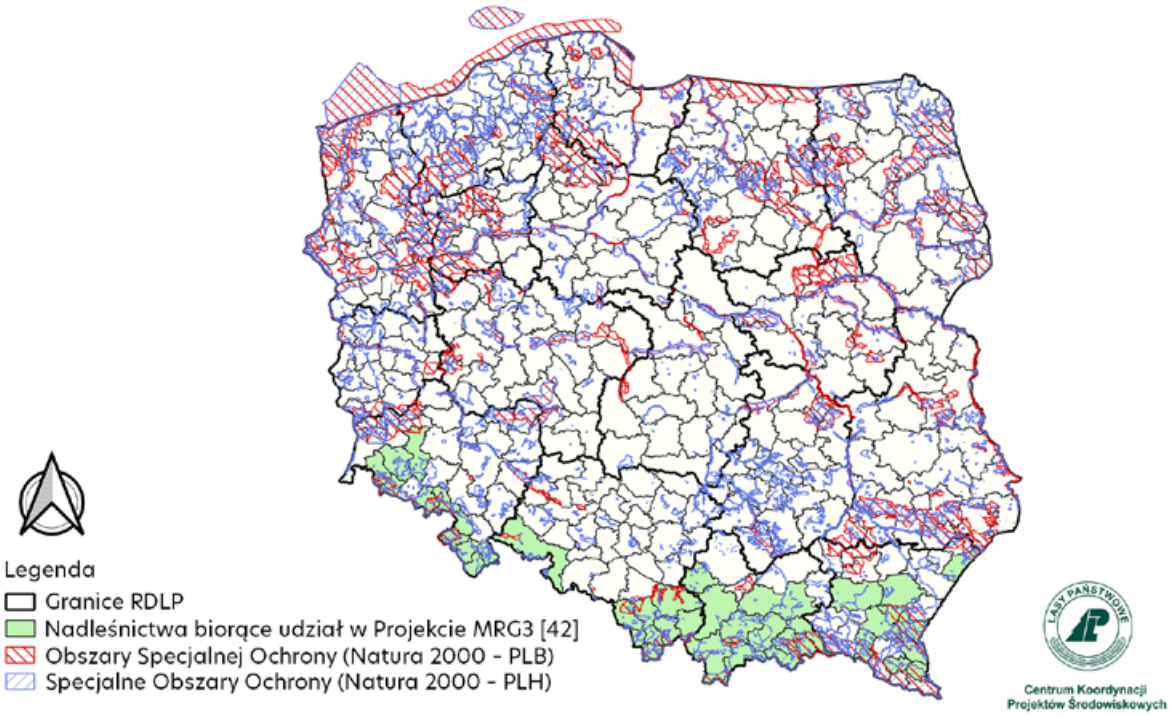
- przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych;
- wszelka zabudowa koryt oraz skarp i osuwisk niesąsiadująca z infrastrukturą leśną;
- obustronna zabudowa brzegów cieków naturalnych prowadząca do kanalizacji cieku poza koniecznym umocnieniem budowli hydrotechnicznych 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 przestawiono 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). Obszar, do którego odnoszą się działania przewidziane na terenach górskich, przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja (MRG3), stan na marzec 2025

1. Działania z zakresu małej retencji na terenach górskich MRG3

1.1. Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników MRG3

- zbiorniki zaporowe lub boczne zasilane ciekami[7] 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;
- zbiorniki bezodpływowe (kopane), zasilane głównie ze spływów powierzchniowych i wód opadowych lub na terenach zalewowych.

Ww. zbiorniki retencyjne mogą zostać wyposażone w niezbędną infrastrukturę umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych, jednak ich podstawową funkcją ma być funkcja retencyjna.

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 stosunków wodnych odpowiednich dla danego typu mokradła 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, poszerzanie koryt rowów głównie w zasięgu oddziaływania budowli piętrzących, przebudowę rowów melioracyjnych na rowy bezodpływowe, montaż urządzeń regulujących poziom wody w studniach drenarskich;
- przeciwdziałanie fragmentaryzacji siedlisk mokradłowych rozdzielonych infrastrukturą drogową poprzez budowę przejazdów, w tym dylowanek, przepustów, rurociągów, których celem jest umożliwienie przepływu wody między siedliskami podmokłymi;

[7] Cieki/cieki naturalne w rozumieniu ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2023 poz. 1478 ze zm.) zob. przypis 3.

- renaturyzacja i meandryzacja cieków naturalnych;
- odtwarzanie terenów zalewowych;

Działania mogą zostać uzupełnione zasypywaniem rowów melioracyjnych wszędzie tam, gdzie jest to możliwe.

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, dojazdów pożarowych oraz innych elementów infrastruktury drogowej niezwiązanej z celami Projektu;
- budowa infrastruktury turystycznej, w tym pieszej, rowerowej, oraz wykonanie nasadzeń ozdobnych i małej architektury;
- przedsięwzięcia na glebach hydrogenicznych polegające na wykonywaniu prac ziemnych trwale przekształcających obszar, takich jak zbiorniki wodne, z 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 przyrody[8];
- 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;
- ujęcia wód podziemnych;
- przepompownie/przepompownie melioracyjne.

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej na terenach górskich MRG3

2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRG3

- budowle stabilizujące osuwiska oraz zabezpieczenia skarp narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy, mające na celu ochronę infrastruktury leśnej, wykonane metodami przyjaznymi środowisku, takimi jak geotekstylia, nasadzenia, darniowanie, drenaże oraz z materiałów naturalnych, w szczególności drewna, kamienia, faszyny;

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

- 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 rewitalizację fragmentów cieków naturalnych.

2.2. Zabudowa przeciwerozyjna dróg i szlaków zrywkowych MRG3

- zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu pozyskania drewna (np. płotki drewniane ograniczające spływ wód i transport rumowiska łącznie z zabudową biologiczną);
- zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg (budowa wodospustów, dylowanek, 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 niesąsiadująca 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 mostów, kładek, przepustów, brodów niespełniających założeń projektu, np. wyłącznie do 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 betonu bez wyraźnego technicznego uzasadnienia.

IV. Monitoring środowiskowy - Działania w projektach realizowane przez Partnerów UAM i UPP

W ramach Projektów zaplanowano tzw. monitoring środowiskowy, którego realizatorami są Partnerzy Projektów – uczelnie wyższe: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu i Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu oraz wybrane jednostki PGL LP – nadleśnictwa. W ramach zadania zostaną przeprowadzone następujące działania:

1. Partnerzy Projektów określą wyjściowy stan zachowania elementów środowiska przyrodniczego w miejscu wykonywania zadań objętych monitoringiem.
2. CKPŚ zrealizuje wspólne zamówienie na zakup urządzeń do monitoringu wilgotności gleby, pomiaru poziomu wód gruntowych w obszarze wykonywania kompleksowych zadań mokradłowych oraz zadań zbiornikowych dla nadleśnictw uczestniczących w monitoringu środowiskowym.
3. Partnerzy Projektu będą prowadzili bieżący monitoring i analizę danych oraz wykonają ekspercką ocenę potencjalnych skutków – przekształceń warunków środowiskowych, w trzech obszarach:
   - monitoring poziomu wody gruntowej i wilgotności gleby;
   - opis warunków hydrologicznych;
   - bioróżnorodność (m.in. analizy geobotaniczne, zdjęcia fitosocjologiczne, kartowanie roślinności, analizy struktury roślinności, analiza wilgotności siedlisk itd.).
4. Partnerzy przygotują opracowania, w tym:
   - metodologię pozwalającą na oszacowanie ilości (pojemności) retencjonowanej wody powierzchniowej i glebowej pod wpływem działań retencyjnych;
   - opracowanie dotyczące stanu roślinności na terenach podmokłych, gdzie prowadzone są działania retencyjne;
   - opracowanie dotyczące określenia wpływu terenów, na których są prowadzone działania retencyjne, na warunki wilgotnościowe przyległych terenów (np. zmiana kondycji drzewostanów);
   - opracowanie dotyczące określenia jakości retencjonowanej wody w zbiornikach.

Przygotowanie metodologii oceny wpływu dostarczy wiedzy, na ile realizowane działania retencyjne, w tym również zbiornikowe, są skuteczne w dobie zmieniającego się klimatu. Obecnie, z uwagi na brak ogólnokrajowych standardów i uniwersalnych metodyk, ocena wpływu małej retencji wodnej na środowisko nie jest uniwersalna i jednolita. W związku z tym efekty realizacji poszczególnych inwestycji są trudne do porównania.

V. Monitoring inwestycyjny. Działania w Projektach realizowane przez Partnera – Centrum Ochrony Mokradeł

W ramach Projektów zaplanowano tzw. monitoring inwestycyjny, którego realizatorem jest Partner Projektów – Centrum Ochrony Mokradeł. W ramach monitoringu inwestycyjnego planuje się przeprowadzenie następujących działań:

1. Weryfikacja merytoryczna zadań zgłoszonych do Projektów MRN3 i MRG3 uzupełniona o szczegółową weryfikację wybranych koncepcji działań retencyjnych realizowanych na obszarach będących w zarządzie PGL LP, szczególnie na rzecz renaturyzacji obszarów podmokłych oraz odtwarzania mokradeł i poprawy warunków wodnych torfowisk, jak również działań zbiornikowych; w wyniku tej weryfikacji zostaną wydane rekomendacje dotyczące zaakceptowania zgłoszonego działania do realizacji w Projektach, konieczności jego modyfikacji lub odrzucenia jako niespełniającego założeń Projektów.
2. Monitoring z obecnością w terenie wybranych zadań dla Projektów MRN3 i MRG3 na różnych etapach ich realizacji na obszarach będących w zarządzie PGL LP, szczególnie na rzecz renaturyzacji obszarów podmokłych oraz odtwarzania mokradeł i poprawy warunków wodnych torfowisk, jak również działań zbiornikowych.
3. Opracowanie dobrych praktyk realizacji zadań retencyjnych, szczególnie na rzecz renaturyzacji obszarów podmokłych oraz odtwarzania mokradeł i poprawy warunków wodnych torfowisk, jak również działań zbiornikowych, m.in. w oparciu o materiały i wiedzę zdobytą w wyniku weryfikacji koncepcji i monitoringu wybranych zadań retencyjnych.
4. Prowadzenie działań informacyjno-promocyjnych w przedmiocie realizacji szeroko pojętych zadań małej retencji, zgodnie z wytycznymi FENiKS.

Weryfikacja zadania umożliwi odpowiednią realizację, a także zweryfikowanie skuteczności podejmowanych działań retencyjnych oraz zapewni możliwość ich adaptacji i opracowania dobrych praktyk, które będą mogły być szeroko rozpowszechnione.

UWARUNKOWANIA I OGRANICZENIA DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTÓW

I. Uwarunkowania prawne i proceduralne

Projekty są 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".

Powyższy Program wskazuje na zasadność kontynuowania działań związanych z adaptacją lasów do zmian klimatu poprzez wzmacnianie odporności na zagrożenia wynikające z tych zmian, np. poprzez rozbudowę systemów małej retencji oraz przeciwdziałanie zbyt intensywnym spływom wody, powodującym nadmierną erozję wodną, ale także przywracanie właściwych stosunków wodnych na siedliskach mokradłowych.

Głównym celem ww. zadań jest wzmocnienie odporności ekosystemów leśnych na zagrożenia związane ze zmianami klimatu oraz zwiększenie możliwości zapobiegania zagrożeniom naturalnym (głównie powodziom i suszom) i reagowania na nie.

Zgodność Projektów z dyrektywami unijnymi

Realizacja obu Projektów musi uwzględniać zapisy następujących dyrektyw UE:

- Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW)[9],
- Dyrektywy o ocenach oddziaływania na środowisko[10],
- Dyrektywy Siedliskowej[11] i Ptasiej[12].

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

Ramowa Dyrektywa Wodna

Ramowa Dyrektywa Wodna to akt prawa europejskiego, którego nadrzędnym celem jest zachowanie i poprawa stanu wód powierzchniowych i podziemnych, zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym. Ramowa Dyrektywa Wodna jest wdrażana w Polsce przede wszystkim w postaci przeglądu i aktualizacji planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy.

Zgodnie z RDW, jednolite części wód (JCW) dzieli się na jednolite części wód powierzchniowych (JCWP) i podziemnych (JCWPd). Pod względem klasyfikacji jakości wód JCWP dzieli się na:

[9] Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20090625:PL:HTML

[10] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0092

[11] Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:PL:HTML

[12] Dyrektywa 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 w sprawie ochrony dzikiego ptactwa. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0147

- naturalne,
- silnie zmienione,
- sztuczne.

Dla naturalnych części wód wyznacza się stan ekologiczny, natomiast dla silnie zmienionych i sztucznych części wód – ich potencjał ekologiczny. Drugim komponentem klasyfikacji jakości wód jest stan chemiczny.

Głównym celem gospodarowania zasobami wodnymi jest niepogarszanie dobrego stanu ekologicznego i chemicznego JCWP lub poprawienie potencjału ekologicznego i słabego stanu chemicznego tych wód, a w przypadku JCWPd – niepogarszanie ich dobrego stanu, w tym ilościowego, a także niepogarszanie stanu chemicznego.

W dyrektywie zdefiniowano 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, położono szczególny nacisk na skład gatunkowy i ilość organizmów wodnych i od wody zależnych, tj. na 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.

Dyrektywy Siedliskowa i Ptasia

Dyrektywa Siedliskowa zawiera cztery załączniki, w których wymienia się siedliska, gatunki roślin i zwierząt (z wyłączeniem ptaków) o znaczeniu europejskim. Ich 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 nieobjęty żadną formą ochrony. Zakwalifikowanie danej powierzchni do SOO lub OSO nie oznacza objęcia jej ochroną ścisłą i zakazu jakiejkolwiek działalności gospodarczej. Głównym celem ochrony tych obszarów jest niezmniejszanie, pod względem powierzchni:

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

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

Ogólny zakres ochrony obszarów sieci Natura 2000 obejmuje m.in.:

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

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 uważane 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 lub 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 i 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 obiektów, wykonawców robót budowlanych, jak i 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 z użyciem prostych środków oraz miejscowych materiałów (m.in. drewno, faszyna, kamień, ziemia). Pozwala to ograniczyć transport niezbędnych materiałów, zmniejszyć koszty inwestycji i zminimalizować ewentualne negatywne skutki przyrodnicze podczas budowy. Budowle te powinny być w miarę możliwości trwałe, samoobsługowe i pełnić swoją funkcję minimum przez tzw. okres trwałości Projektu[13].

Ewentualne wystąpienie przypadków negatywnego wpływu na środowisko naturalne z jednej strony stwarza ryzyko wyłączenia przedsięwzięć z realizacji w Projektach, a z drugiej może powodować konsekwencje wynikające z przepisów prawa, w tym m.in. z ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie, ustawy o ochronie przyrody, np. nakazujące przywrócenie stanu poprzedniego. Nie może również dochodzić do sytuacji, w których nastąpi naruszenie zakazów obowiązujących dla danych form ochrony przyrody.

W celu uniknięcia negatywnych efektów środowiskowych przy realizacji Projektów konieczne jest:

- dokładne weryfikowanie środowiskowych uwarunkowań przyszłej lokalizacji każdego planowanego obiektu małej retencji;
- skrupulatne przestrzeganie przepisów dotyczących obszarowych i indywidualnych form ochrony przyrody;
- ścisłe przestrzeganie procedur związanych z ocenami oddziaływania inwestycji na środowisko, takich jak: 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, hydrobiologami, spe-

[13] Szczegółowe omówienie zagadnienia trwałości znajduje się w Podręczniku wdrażania Projektu, cz. II.

cjalistami w dziedzinie terenów mokradłowych, w tym 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 dotychczasowe gospodarowanie na nich. W wyniku podtopień może wystąpić lokalne zamieranie drzewostanów, wypadanie upraw itp. Stanowi to bowiem nieunikniony efekt tego, że mała retencja ma przywrócić naturalne stosunki wodne. Niekiedy musi więc odwrócić skutki dawnych odwodnień, wykonanych w celu regulacji stosunków wodnych dla uproduktywnienia nieprzydatnych gospodarczo obszarów, zalesienia czy ułatwienia gospodarowania. Aby uniknąć 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, jak również otrzymanie ewentualnych decyzji środowiskowych (jeżeli inwestycja tego wymaga). Powyższe będzie wykonywane przez doświadczone, wyspecjalizowane firmy projektowe działające w obszarze hydrologii, inżynierii wodnej i ochrony środowiska.

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 przyrodniczych technicznych obiektów małej retencji zlokalizowanych w różnych typach środowiskowych, szczególnie w obszarach chronionych (np. Natura 2000). Część tych wskazówek wykracza poza zakres obu Projektów. Niemniej jednak powinny być one realizowane przy finansowaniu z różnych źródeł jako elementy uzupełniające i wspomagające już wykonane 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, intensyfikacja gospodarki rolnej na terenach przyległych, eutrofizacja, zarastanie zbiorników, odcięcie zasilania starorzeczy w wyniku regulacji rzek, naturalna zmiana reżimu przepływów i stanów wody, wzrost temperatur wody, pobory wód podziemnych na cele rolnicze i komunalne, presja rekreacyjna, nowa infrastruktura turystyczna.

Zalecenia ochronne:

- utrzymanie wysokiej jakości ekologicznej wód stojących i zasilających zbiorniki i/lub starorzecza;
- zakaz zabudowy brzegów, likwidowania starorzeczy, likwidacja obudowy brzegów;
- tworzenie roślinnych stref buforowych o zróżnicowanej strukturze (ekotony) wokół zbiorników wodnych oraz utrzymywanie naturalnych zbiorowisk roślinności brzegowej i nadwodnej starorzeczy, w celu ograniczania dopływu nawozów i środków ochrony roślin i zapobiegania eutrofizacji;
- promowanie ekstensywnych form użytkowania w otoczeniu zbiorników wodnych.

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, eutrofizacja, regulacja koryt i brzegów (prostowanie, pogłębianie, uszczelnianie itp.), zasypywanie starorzeczy, degradacja naturalnych form korytowych, takich jak wyspy, łachy (odsypy), przegradzanie cieków i przerwanie ciągłości biologicznej.

Zalecenia ochronne:

- utrzymanie wysokiej jakości ekologicznej wód;
- zakaz regulacji rzek i potoków górskich;
- regulacje rzek uwzględniające ograniczenia i uwarunkowania związane z ochroną przyrody i środowiska;
- zakaz zabudowy brzegów (również dla celów rekreacyjnych);
- tworzenie brzegowych stref buforowych o zróżnicowanej strukturze roślinnej (ekotony) oraz utrzymywanie naturalnych zbiorowisk roślinności brzegowej nieprzekształconych odcinków cieków, w celu ograniczania dopływu nawozów i środków ochrony roślin i zapobieganiu eutrofizacji.

Niżowe i górskie łąki użytkowane ekstensywnie

Zagrożenia: zaniechanie tradycyjnego (ekstensywnego) użytkowania, intensyfikacja gospodarki, zmiana warunków wodnych (odwodnienie), regulacje rzek ograniczające występowanie zalewów.

Zalecenia ochronne:

- liczba i terminy pokosów ustalane indywidualnie dla typu łąki i sposobu jej użytkowania oraz statusu ochrony (np. Natura 2000);
- utrzymanie dla każdego typu łąki odpowiedniego reżimu wodnego; niezbędne mogą okazać się podniesienie poziomu wód gruntowych, w tym doprowadzenie wody (nawodnienia), zakaz oczyszczania niektórych rowów, likwidacja niektórych rowów, utrzymanie okresowych zalewów (zmiana reżimu wód gruntowych lub zalewowych prowadzi do zaniku niektórych siedlisk) itp.;
- prace agrotechniczne wykonywane poza sezonem lęgowym ptaków;
- 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 niskie, przejściowe i wysokie oraz inne tereny mokradłowe

Zagrożenia: działania odwadniające, zmiany stosunków wodnych (obniżenie zwierciadła wody lub zalanie, zmiany reżimu hydrologicznego), eutrofizacja, eksploatacja torfu, zalesianie, zanik użytkowania i sukcesja oraz inne.

Zalecenia ochronne:

- planowanie i realizowanie działań ochronnych w obszarze zlewni, z którą torfowiska, źródliska i inne mokradła są powiązane hydrologicznie;
- dla wszystkich typów torfowisk i innych mokradeł utrzymanie lub przywrócenie optymalnych warunków hydrologicznych dla określonego typu siedliska;
- bezwzględny zakaz odwadniania torfowisk i wydobywania torfu;
- całkowite zablokowanie odpływu wody z torfowisk z wykorzystaniem różnych technik (np. całkowite lub częściowe zasypanie rowów, budowa piętrzeń itp.) oraz zabiegi renaturyzacyjne zmierzające do przywrócenia charakterystycznych zbiorowisk roślinności torfowiskowej;
- zakaz budowy zbiorników wodnych kopanych;
- tworzenie ochronnych stref buforowych i ochrona przeciwpożarowa torfowisk;
- zakaz zabudowy, budowy ujęć wody itp. w obszarach źródliskowych;
- zakaz zalesiania.

Podmokłe siedliska leśne (olsy, łęgi, bory i lasy bagienne)

Zagrożenia: intensyfikacja gospodarki, zmiana warunków wodnych (odwodnienie), regulacje rzek ograniczające naturalne zalewy.

Zalecenia ochronne:

- dla wszystkich typów mokradeł utrzymanie lub przywracanie optymalnych warunków hydrologicznych dla określonego typu siedliska oraz likwidacja wszelkich urządzeń odwadniających;

- wyłączenie z gospodarki leśnej;
- zakaz budowy zbiorników wodnych kopanych;
- bezwzględny zakaz odwadniania torfowisk i wydobywania torfu;
- zakaz regulacji rzek i potoków górskich;
- odtwarzanie naturalnych warunków hydromorfologicznych i zróżnicowania ekologicznego rzek i potoków.

Siedliska leśne na obszarach górskich

Sposób gospodarowania w lasach na obszarach górskich może w znacznym stopniu wpływać na ograniczanie spływu powierzchniowego i w związku z tym zmniejszać ryzyko powodzi na niżej położonych terenach. Poniższe zalecenia ochronne nie dotyczą bezpośrednio ochrony siedlisk lasów górskich, lecz powinny być brane pod uwagę w kompleksowym zarządzaniu retencją i zapobiegniu erozji na terenach górskich.

Zalecenia ochronne:

- na stokach o nachyleniu powyżej 20° dominującą funkcją dojrzałych drzewostanów liściastych i mieszanych powinna być funkcja wodochronna, a nie hodowlana, nastawiona na pozyskanie surowca;
- unaturalnianie drzewostanów;
- prowadzenie gospodarki leśnej metodą zapewniającą ciągłość pokrywy leśnej;
- zwiększanie zasobów martwego drewna;
- zwiększanie szorstkości podłoża m.in. poprzez pozostawianie w lesie kłód drzew wielkogabarytowych położonych w poprzek stoku, także w dolinach rzek i potoków.

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

Dobrze zaprojektowane przedsięwzięcia z zakresu małej retencji służą ochronie i odtwarzaniu siedlisk przyrodniczych oraz populacji gatunków wodno-błotnych, wywierając pozytywny wpływ na środowisko. Źle zaplanowane działania, zwłaszcza te realizowane bez dokładnej analizy uwarunkowań środowiskowych, mogą prowadzić do degradacji cennych wartości przyrodniczych tych terenów. Najczęściej spotykane przykłady negatywnego oddziaływania dotyczą sytuacji opisanych poniżej.

Na mokradłach

- dewastacja lub degradacja cennych siedlisk przez ich zniszczenie podczas prac budowlanych lub zalanie. Ze względu na lokalizację obiektów małej retencji szczególnie narażone na zniszczenie mogą być bardzo cenne przyrodniczo siedliska, takie jak:
  - torfowiska alkaliczne, zasilane wodami podziemnymi, często występujące w dolinach rzecznych w miejscach dogodnych do lokalizacji zbiornika wodnego, a bardzo cenne przyrodniczo, stanowiące ostoje cennych gatunków (np. lipiennik Loesela czy chronione gatunki mchów);
  - źródła i źródliska oraz torfowiska źródliskowe, tj. wszystkie miejsca naturalnego wycieku lub wysączania się wody na powierzchnię ziemi, wraz z kopułami torfowisk;

— łąki z występowaniem cennych i rzadkich gatunków roślin (np. storczyków, mieczyka, kosaćca syberyjskiego);
— strefy brzegowe naturalnych akwenów, zasiedlane przez cenne gatunki, przystosowane do określonego poziomu i zakresu wahań zwierciadła wody;

- nieświadome zniszczenia stanowisk lub siedlisk gatunków chronionych roślin (np. mchy torfowce, włosieniczniki) i zwierząt (np. bezkręgowce, ryby), związanych z ciekami lub ekosystemami wodno-błotnymi albo z terenem przylegającym do lokalizacji inwestycji;
- pogorszenie warunków wodnych ekosystemów wodno-błotnych przyległych do obiektu małej retencji, np. budowa progu piętrzącego lub zastawki, z jednoczesnym oczyszczeniem i konserwacją zamulonych, zarośniętych rowów odwadniających ten ekosystem;
- degradacja ekosystemu mokradłowego w wyniku zasilania wodami o nieodpowiednim pochodzeniu i jakości. Różne typy i rodzaje torfowisk zasilane są wodami określonego pochodzenia (opadowe, gruntowe, powierzchniowe), o różnym odczynie i trofii, stąd np. doprowadzenie na zasilane ubogimi wodami opadowymi torfowisko wysokie eutroficznych wód z szerszej zlewni spowoduje zmianę kierunku sukcesji; podobnie zasilenie oligo- lub mezotroficznych jezior (jeziora lobeliowe, ramienicowe) zasobną w biogeny wodą z rowu odwadniającego torfowisko może zaburzać poziom jego trofii;
- podniesienie poziomu wody na terenach przyległych.

Na ciekach naturalnych

- zniszczenie naturalnych odcinków cieków przez ich regulację, pogłębianie, odmulanie lub inne przekształcenie. Odcinki rzek i strumieni, które zachowały naturalne cechy (np. zróżnicowaną morfologię, naturalne meandry, naturalną florę i faunę rzeczną) nie powinny być przekształcane;
- niekontrolowane wydobycie piasku, żwiru i pojedynczych kamieni z warstwy tworzącej obrukowanie;
- zatrzymanie lub znaczne spowolnienie naturalnego ruchu rumowiska wleczonego;
- utrudnienie lub uniemożliwienie migracji organizmów wodnych, a tym samym przerwanie ciągłości ekologicznej cieku, zwykle w wyniku budowy urządzeń piętrzących. 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 migrujące organizmy wodne);
- w przypadku zbiorników wodnych zlokalizowanych na ciekach w okresach suszy istnieje ryzyko obniżenia poziomu wody w cieku poniżej zbiornika, który nie zapewni zachowania przepływu nienaruszalnego.

III. Uwarunkowania hydrotechniczne – wpływ budowli i regulacji rzek na ekosystemy wodne

1. Zbiorniki retencyjne i stopnie wodne

Aktualne badania wykazują, że duże zbiorniki retencyjne zmieniają reżim hydrologiczny na długich odcinkach rzek powyżej i poniżej zapory i stanowią przeszkodę dla przemieszczania się organizmów wodnych i transportu rumowiska. Dlatego też obecnie rekomenduje się budowę zbiorników o pojemności pozwalającej wyrównać odpływ do wartości średniej z wielolecia. Do zagrożeń wynikających z budowy i eksploatacji dużych zbiorników należą:

- zmiany reżimu wodnego rzek poniżej zbiorników, co może prowadzić do zaburzenia zmienności przepływów. Ograniczenie częstotliwości występowania wysokich stanów wody (okresowych zalewów, tzw. pożądanych powodzi) może pogorszyć stan i warunki funkcjonowania ekosystemów łęgowych i siedlisk lęgowych ptaków poniżej zbiornika, a także wpłynąć negatywnie na unikatowe siedliska związane z miejscami świeżo erodowanymi. Z kolei zmniejszenie występowania niżówek może mieć negatywny wpływ na populacje gatunków związanych z efemerycznie odsłanianymi łachami i mieliznami;
- 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 rzecznego na jeziorny;
- powstawanie sztucznych impulsów wezbraniowych związanych z funkcjonowaniem elektrowni wodnych (ang. *hydropeaking*).

W Projektach przewiduje się budowę głównie mikro- i małych zbiorników [podział według Mioduszewskiego 2014] o pojemności do 500 tys. m^3, z reguły zlokalizowanych na rowach, rzadziej na ciekach naturalnych. Za górną granicę zbiorników małej retencji przyjmuje się pojemność 5 mln m^3. Znaczna część działań dotyczy obiektów już istniejących. Bardzo duży nacisk przy projektowaniu inwestycji kładzie się również na rozwiązania prośrodowiskowe. Biorąc powyższe pod uwagę oraz fakt, że szczególnie w Projekcie na terenach nizinnych (MRN3) dominują działania na mokradłach, wymienione wyżej zagrożenia przyrodnicze są w znacznym stopniu ograniczone lub nie występują.

2. Regulacja rzek i potoków

Zwężenie koryta rzecznego jest jedną z głównych przyczyn znacznej erozji koryt rzek polskich, dlatego należy unikać skracania biegu rzeki (prostowania meandrów), zwężania koryta i koncentracji (skupiania) przepływu. Skutki środowiskowe nieprzemyślanych regulacji rzek to przede wszystkim zubożenie tarlisk ryb, likwidacja siedlisk lęgowych ptaków siewkowych (łach

piaszczystych i wysp) oraz przyspieszona erozja dna, a także zmiana przepływu przy stanach niskich wody.

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

- przeciwerozyjną zabudowę brzegów koryt;
- zabudowę poprzeczną koryt, która lokalnie może prowadzić do erozji poniżej stanowiska dolnego;
- 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, niemniej ma 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 60 cm może stanowić barierę w migracji ryb na rzekach istotnych do bytowania i wędrówek ichtiofauny [Bartnik i in. 2011], a przeszkoda o wysokości 20 cm, pozbawiona szczelin, staje się 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 m.in.:

- odsłonięcie i podmywanie budowli regulacyjnych, jak i filarów mostów;
- ograniczenie możliwości wykorzystania brzegowych ujęć wody;
- obniżanie się zwierciadła wód gruntowych w dnach dolin cieków;
- zmniejszenie zasobności aluwialnych zbiorników wód podziemnych;
- przesuszanie gruntów uprawnych i spadek plonów upraw prowadzonych w dolinach rzek;
- wysychanie starorzeczy oraz 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 nachylenie skarp praktycznie uniemożliwia korzystanie z wody lub przekraczanie rzeki przez większe zwierzęta (poważne niebezpieczeństwo dla zwierząt kopytnych stwarza także zabudowa brzegów gabionami bez porostu roślinnego).

W wyniku konserwacji koryt rzecznych lub prac regulacyjnych naruszone zostaje naturalne zabezpieczenie dna chroniące ciek przed nadmierną erozją, tzw. obrukowanie dna. Wytworzenie się nowej warstwy tworzącej obrukowanie jest możliwe w wyniku działania strumienia wody, wiąże się jednak z obniżaniem się dna cieku.

Żwirowe i piaszczyste łachy korytowe tworzące się w rzece są wyjątkowo obficie zasiedlone przez różnorodne organizmy lądowe i wodne. Wymagają więc szczególnej uwagi i troski. Łachy korytowe są strukturami niezbędnymi do rozwoju makrobentosu oraz powodują utrzy-

manie rzeki w równowadze hydrodynamicznej w odniesieniu do transportowanego materiału dennego.

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

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 (fot. 1).

Fot. 1. Odtwarzająca się łacha korytowa po wykonaniu bystrza o zwiększonej szorstkości, Targaniczanka, 2009 (fot. L. Książek)

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

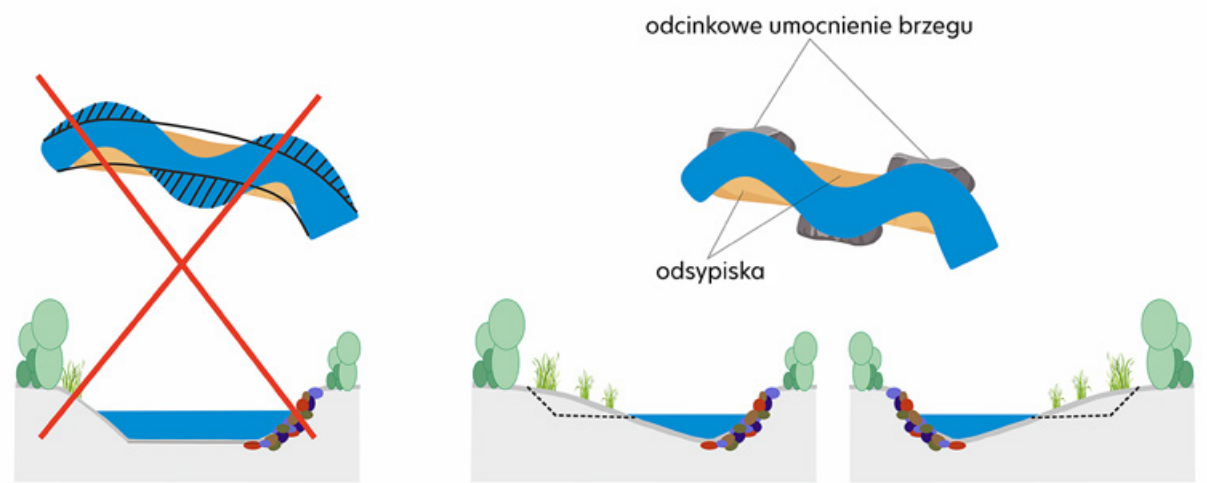
- zmniejszenie bioróżnorodności dolin rzecznych;
- ograniczenie różnorodności struktur koryta i warunków przepływu (głębokości, prędkości, wielkości i dynamiki przepływów, struktury dna i brzegów);
- zmiany stosunków wodnych skutkujące likwidacją siedlisk dla fauny wodnej i nadrzecznej, np. bezkręgowców);
- obniżenie poziomu zwierciadła wody;
- zubożenie bioróżnorodności cieków i terenów zalewowych (homogenizacja siedlisk, likwidacja tarlisk, ograniczenie zalewów);

- rozprzestrzenianie się inwazyjnych gatunków obcego pochodzenia na różnych typach mokradeł;
- zahamowanie procesów samooczyszczania w wyniku redukcji lub utraty siedlisk dla mikroorganizmów i roślin wodnych;
- ograniczenie drożności dolin rzecznych (korytarzy ekologicznych), migracji gatunków, kontaktów populacji;
- zmniejszenie liczby lęgowisk, miejsc bytowania i żerowania ptaków, ssaków, ryb, płazów i gadów;
- obniżenie walorów krajobrazowych.

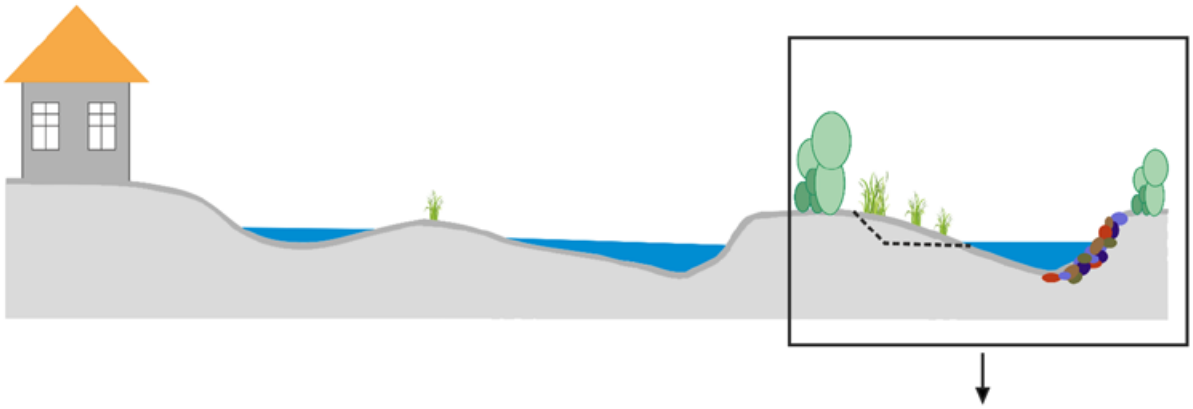
3. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków

Poszukując właściwych rozwiązań opartych na aktualnej wiedzy i uwarunkowaniach przyrodniczych, należy przyjąć jako wyjściowe założenie: **nie pogarszać**. W obecnie realizowanych i planowanych działaniach inżynierskich w korytach cieków naturalnych ustalono następujące zasady:

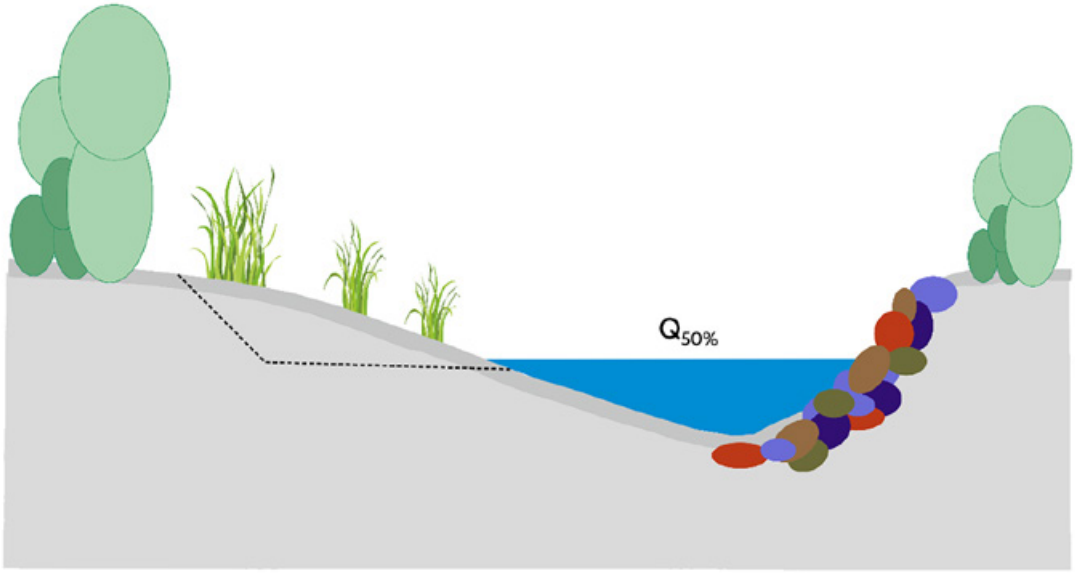
1. W celu ochrony naturalnego koryta odstępuje się od robót ziemnych profilujących go do przekroju trapezowego oraz spadku dna jednolitego na długich odcinkach rzek (ruch ustalony jednostajny). Konieczne i uzasadnione przekorytowania wykonuje się, zachowując lub inicjując powstanie sekwencji bystrze-ploso (rys. 3, 4, 5).
2. Odstępuje się od prostowania koryt poprzez łagodzenie naturalnych meandrów koryta – tamy zastąpiono opaskami umacniającymi tylko brzegi wklęsłe i opartymi o obecny brzeg, z wyjątkiem sytuacji, gdy takie rozwiązanie nie może być zastosowane (rys. 6).



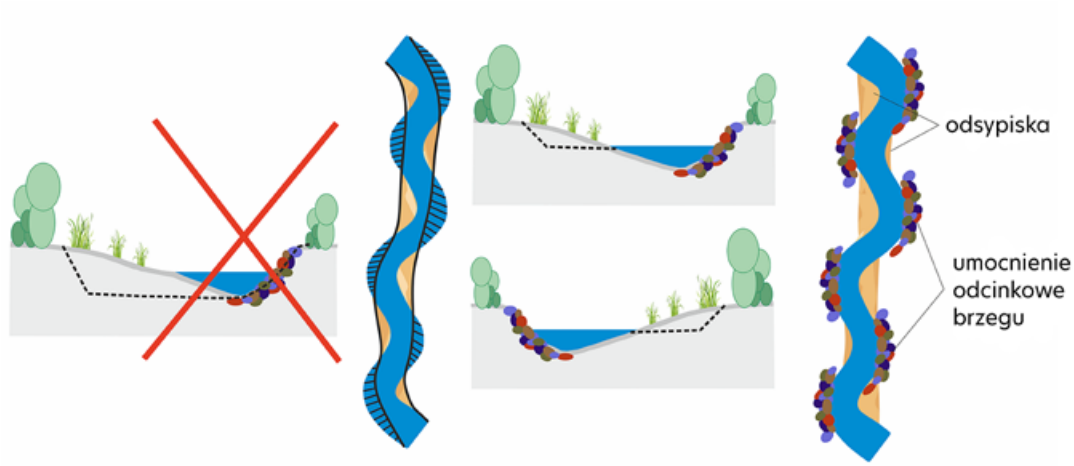
Rys. 3. Schemat zalecanego przekroju koryta (autor: Sz. Radosz, CKPŚ)



Rys. 4. Schemat doliny, gdzie konieczne jest zwiększenie przepustowości koryta (autor: Sz. Radosz, CKPŚ)

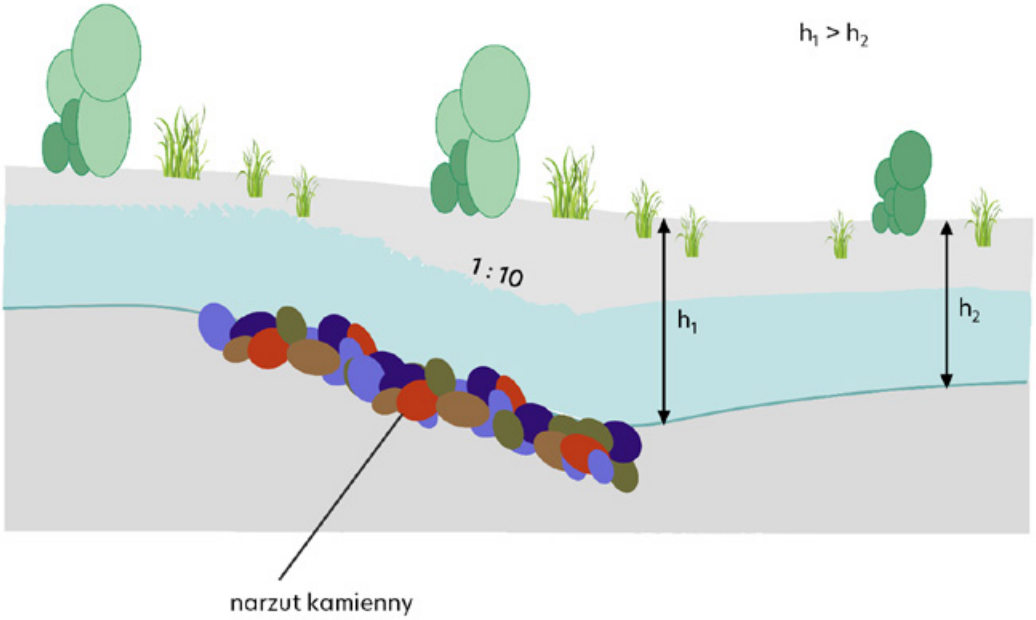


Rys. 5. Zwiększenie przepustowości koryta – odtworzenie terasy (autor: Sz. Radosz, CKPŚ)



Rys. 6. Zachowanie morfologii koryta w pracach związanych z utrzymaniem wód (autor: Sz. Radosz, CKPŚ)

3. Budowle poprzeczne stabilizujące dno koryta zaleca się wykonywać jako bystrza narzutowe o łagodnym spadku (nawet do 1:30), zachowując tym samym drożność biologiczną cieku. Lokalizacja bystrza, jeśli to możliwe, powinna być taka, aby mogło ono spełniać również funkcję szypotu, a nie tylko redukcji spadku i stabilizacji dna. Wykorzystując tę metodę budowy, rezygnuje się z wykonania stopni betonowych i przepławek, nie naruszając walorów krajobrazowych cieku wodnego (rys. 7).



Rys. 7. Schemat ukształtowania i lokalizacji bystrza (autor: Sz. Radosz, CKPŚ)

4. Celem zachowania budowy morfologicznej koryta i dna cieku konstrukcję narzutów kamiennych (fot. 2) realizuje się od dna plosa, co eliminuje konieczność naruszania naturalnego umocnienia dna żwirowego w czasie formowania gródz z tych aluwiów, budowle wykonywane są bez gródz, podobnie jak w korytach dużych rzek.
5. Poprawia się trwałość i estetykę narzutów kamiennych poprzez układanie głazów i inicjowanie zadarnienia, poprzez osypanie ziemią przestrzeni wolnych między głazami (tworząc strukturę dobrze upakowaną), obsiew nasionami traw lub nasadzenia wierzbowe. Taka konstrukcja jest trwalsza od tradycyjnego narzutu, bardziej estetyczna oraz utrudnia nielegalne pozyskiwanie kamienia. Została sprawdzona w praktyce i daje bardzo dobre rezultaty.
6. Nadaje się skarpom z narzutem nachylenia od 1:2,5 do 1:4 i mniejsze tam, gdzie to tylko możliwe, czyniąc koryto cieku pojemniejszym, dostępnym dla ludzi i zwierząt, a budowle regulacyjne – trwalszymi.
7. Dopuszcza się stosowanie umocnień z koszy siatkowo-kamiennych i murów oporowych **wyłącznie** do zabezpieczenia konstrukcji budowlanych usytuowanych blisko brzegu cieku (fot. 3).
8. Celem zachowania naturalnego biotopu, poprawy skuteczności i obniżenia kosztów utrzymania wód zakazuje się stosowania świeżej faszyny liściastej i wiklinowej z konstrukcji umocnień brzegów, jako elementu obcego biologicznie i krajobrazowo oraz nieskutecznego w ochronie powodziowej.

Fot. 2. Koryto cieku umocnione ożywionym narzutem kamiennym, Nadleśnictwo Baligród, 2021 (fot. J. Smarczewski)

Fot. 3. Zabezpieczenie brzegu niewielkim murem oporowym w celu ochrony infrastruktury drogowej, Nadleśnictwo Międzylesie (archiwum CKPŚ)

9. Na większych rzekach rekomenduje się pozostawienie meandrującego charakteru koryta rzeki. Do ochrony brzegu w sposób mało oddziałujący na przepływy korytowe i samo koryto rzeki można stosować krótkie budowle o konstrukcji jak deflektor (głowica ostrogi), lecz bez zastosowania długich ostróg (prostujących koryto) (fot. 4).

Fot. 4. Ochrona brzegów rzeki wyłącznie przez wykonanie głowic ostróg, Wisła (fot. L. Książek, 2005)

10. Rekomenduje się zaprzestanie używania sformułowania „odsypisko, które szkodliwie oddziałuje na brzegi rzek". Obecność odsypisk na dnie rzeki świadczy o naturalnie przebiegających procesach kształtujących jej koryto oraz wspomaga bioróżnorodność. Dopuszcza się jedynie, uzasadnioną odpowiednimi analizami, korektę niwelety odsypisk lub wysp do rzędnej zwierciadła wody odpowiadającej przepływowi średniemu, z jednoczesnym umocnieniem tylko brzegu przeciwległego.
11. Zaleca się likwidację przepompowni w przypadku, gdy nie stanowią one elementu systemu ochrony przeciwpowodziowej terenów przyległych.
12. Priorytetowym zadaniem powinno być odtwarzanie naturalnej morfologii cieku w celu przywrócenia różnorodnych struktur korytowych, np. łach, wysp. Mogą one tworzyć się w aluwialnych odcinkach rzek i potoków w obszarze oddziaływania budowli wodnych, takich jak niskie progi, progi kaszycowe oraz bystrza o zwiększonej szorstkości, zapewniając różnorodność siedliskową.

4. Doświadczenia EkoFunduszu i Klubu Przyrodników

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

- Projekty powinny powstawać przy współpracy różnych specjalistów, zwłaszcza przyrodników, hydrologów, hydrobiologów i hydrotechników.
- Do każdego projektu należy podchodzić indywidualnie i unikać standardowych rozwiązań. Przed podjęciem jakiegokolwiek działania należy wykonać dogłębną analizę zysków i strat dla obszaru całej zlewni.
- Do zadań o najwyższym priorytecie należy kwalifikacja przedsięwzięć zlokalizowanych na obszarach, na których do zakłócenia naturalnych stosunków wodnych doszło niedawno, a niekorzystne skutki przyrodnicze będą łatwiejsze do odwrócenia. Zamiast tworzenia nowych zbiorników i stawów zdecydowanie bardziej zasadne jest przywracanie obiektów istniejących w przeszłości, takich jak piętrzenia młyńskie, stawy rybne czy oczka wodne.
- Najlepsze rezultaty można uzyskać przy prowadzeniu kompleksowych działań obejmujących większe obszary, najlepiej w skali całej zlewni.
- Należy dokonać obliczeń hydrologicznych w celu ustalenia zapotrzebowania na wodę do realizacji projektu i podtrzymania jego rezultatów oraz określenia ilości i jakości wody dostępnej w środowisku.
- Należy przeciwdziałać degradacji cennych przyrodniczo obszarów, podejmując w pierwszej kolejności działania mające na celu ich ochronę.
- Budowę urządzeń wodnych należy zaprojektować i zaplanować w sposób, który ograniczy dewastację i degradację gleby, zminimalizuje uszkodzenie runa i drzewostanu.
- Obiekty powinny mieć charakter trwały i funkcjonować samoczynnie (bezobsługowo).
- Preferowane jest rozproszone podejście oparte na licznych, niewielkich i prostych obiektach retencyjnych, zamiast budowy jednego dużego zbiornika, ponieważ lepiej odwzorowują one naturalne procesy hydrologiczne, umożliwiając efektywne zatrzymywanie wody w krajobrazie.
- Niejednokrotnie rozwiązania najprostsze, realizowane w mniejszej skali i etapowo, przynoszą najwięcej korzyści przyrodniczych, są łatwiejsze w realizacji i przewidywaniu skutków ich wprowadzenia, a jednocześnie najtańsze.
- Należy dokonać oceny jakości i funkcjonowania układów ekologicznych zlokalizowanych w obszarach planowanych inwestycji oraz dokonać oceny wpływu tych inwestycji na naturalne biocenozy.
- Należy oszacować ryzyko wystąpienia określonych sytuacji awaryjnych w trakcie realizacji zadań i dokonać analizy potencjalnych skutków dla obszarów chronionych.
- Warto pamiętać, że oprócz zbiorników wodnych skutecznie zatrzymują wodę także torfowiska i inne mokradła oraz kilkunastocentymetrowe piętrzenia na niewielkich ciekach wodnych i rowach.
- Należy utrzymywać, konserwować i ewentualnie odbudowywać dawne urządzenia hydrotechniczne, których oddziaływanie doprowadziło do wykształcenia się cennych przyrodniczo układów.
- W miarę możliwości należy unikać stosowania betonowych budowli, wykorzystując materiały naturalne, takie jak ziemia, drewno czy kamienie, które znacznie lepiej wpisują się w otaczający krajobraz.

- Należy pozostawić skarpy zbiorników i brzegi rzek w formie nieuregulowanej, o zróżnicowanym kącie nachylenia.
- Nie należy lokalizować zbiorników na terenie źródlisk, torfowisk, mszarów i mechowisk.
- Zalądowienie zbiorników wodnych w wyniku akumulacji torfu nie stanowi utraty pojemności retencyjnej, mimo że powierzchnia lustra wody stopniowo ulega zmniejszeniu.
- Trzeba umożliwić przemieszczanie się organizmów wodnych, w tym ryb dwuśrodowiskowych.
- Należy tak przeprowadzać formowanie czaszy zbiornika i jego brzegów, aby tworzyć warunki dla zróżnicowanej fauny i flory (zmienna głębokość i różne pochylenie skarp).
- Nie można retencjonować wód zanieczyszczonych.
- Jedynie na ciekach o większych przepływach dopuszcza się użycie innych materiałów (beton, 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).
- Bystrza o zwiększonej szorstkości stosowane do stabilizacji mniejszych cieków wodnych, w szczególności rzek i potoków górskich i podgórskich, powinny mieć spadek wynoszący od 1:3 do 1:15 [Radecki-Pawlik i in. 2017].
- Urobek pozyskany z kopania oczek wodnych powinien być wykorzystany do zasypania rowów lub stosowany w szkółkach leśnych.
- Do obsiewu nasypów, grobli, zasypanych rowów itp. używać można tylko rodzimych gatunków roślin.
- W celu zwiększenia retencji na terenach leśnych warto rozważyć możliwość introdukcji bobrów. Nie powinno się planować odtwarzania zbiornika w miejscach, gdzie tamę już zbudowały bobry.

IV. Terminy i wykonawstwo robót

Wszelkie działania hydrotechniczne w zakresie projektowania i wykonawstwa powinny być przeprowadzone przez specjalistów o wysokich kwalifikacjach z zakresu organizacji i technologii robót, dysponujących niezbędną wiedzą o środowisku, w którym działają, oraz o stosowanych materiałach i technologiach wykonawczych.

Prace hydrotechniczne należy zaplanować z odpowiednią starannością, przy czym szczególną uwagę trzeba zwrócić na ochronę przed degradacją walorów przyrodniczych w ekosystemie otaczającym potencjalny plac budowy. Niewłaściwie zaplanowane działania mogą prowadzić do zanieczyszczenia wód, erozji brzegów, degradacji siedlisk fauny i flory ekosystemów wodno-błotnych lub też przerwania korytarzy biologicznych. W przypadku przeprowadzania procedury oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko aspekty organizacji prac budowlanych powinny być również przedmiotem tej procedury.

W przypadku robót ziemnych zmieniających stosunki wodne na terenach o szczególnych wartościach przyrodniczych, zwłaszcza na terenach, gdzie znajdują się skupiska roślinności o szczególnej wartości przyrodniczej, 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 otrzymaniem pozwolenia wodnoprawnego, a w przypadku jego braku – przed uzyskaniem pozwolenia na budowę lub nie później niż 30 dni przed planowanym rozpoczęciem działań. Posiadanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach z przeprowadzoną procedurą oceny oddziaływania na środowisko (czyli z raportem OOŚ) zwalnia z obowiązku dokonania zgłoszenia działań – art. 118b ust. 1 ustawy o ochronie przyrody.

Plan prac powinien obejmować cały obszar wykorzystywany na cele budowy. Wymóg ten ma na celu zapewnienie zgodności planowanych działań z przepisami ochrony środowiska oraz umożliwienie oceny potencjalnego wpływu prac na otoczenie. Zazwyczaj obszar taki jest większy niż teren przeznaczony pod konkretne obiekty. Podczas planowania obszaru prac należy mieć na uwadze następujące aspekty:

- Obiekty i zadania powinny być planowane, procedowane i wykonywane (w miarę możliwości) w ramach jednej zlewni (lub kilku mniejszych zlewni położonych obok siebie). Minimalizuje to ryzyko negatywnego wpływu na układ hydrologiczny i środowisko.
- Drogi, dojazdy, magazyny, składy, place postojowe itp. powinny być tak zlokalizowane i rozwiązane, by nie ingerować w istniejące biotopy (ogrodzenia i strefy ochronne).
- Pojedyncze drzewa lub drzewa występujące w zgrupowaniach należy odpowiednio ogrodzić i zabezpieczyć. Dotyczy to również terenów przeznaczonych pod odkłady, zasypania itp. (grodzenie drzew powinno obejmować cały teren, pod którym rozwinął się lub rozwinie system korzeniowy). Usuwać można jedynie te drzewa, które zostały przewidziane do wycinki z powodu zagrożenie dla stateczności skarp i budowli lub niemożności prowadzenie prac.
- Roboty na ciekach powinno się prowadzić na stosunkowo krótkich odcinkach, umożliwiając rybom i innym organizmom wodnym schronienie na pobliskich odcinkach, obecnie wykluczonych z prac.
- Rekomenduje się, aby na odcinkach objętych robotami pozostawiać jak największe skupiska roślinności wodnej i brzegowej. W czasie realizacji prac mogą służyć jako schronienie dla organizmów wodnych. Skupiska takie powinny być usuwane tylko w ostateczności, gdy stanowią zagrożenie dla wykonywanych robót lub bezpieczeństwa obiektów.
- Roboty regulacyjne w istniejącym korycie należy prowadzić tak, by jeden z brzegów pozostawał nienaruszony. Ponadto trzeba dążyć do nienaruszania brzegów, które stanowią istotny, wymagający ochrony, element krajobrazowy lub na którym znajdują się cenne obiekty przyrodnicze.
- Wydobyty urobek, poza wbudowywanym materiałem, powinien być niezwłocznie zagospodarowany w sposób minimalizujący negatywny wpływ na środowisko.
- Materiał gruboziarnisty pochodzący z dna koryta cieku należy kierować na odpowiednio oznakowane odkłady. Po zakończeniu pogłębienia rzeki ma być przewieziony z powrotem na miejsca jego pobrania. Szczególną uwagę należy zwracać na powrót w to samo miejsce materiałów o najgrubszych frakcjach (żwirów, kamieni), gdyż może to warunkować stateczność dna (do odbudowy biotopów dennych ważne jest odtworzenie zróż-

nicowania materiałów dna w zagłębieniach i na przemiałach, na brzegach wklęsłych i wypukłych).

- Prace powinny być prowadzone zgodnie z kierunkiem przepływu wody, począwszy od górnych partii rzeki do dolnych. Dzięki temu część zagrożonej fauny dennej może schronić się na dolnych odcinkach, poza strefą aktualnie objętą pracami.
- Urobek należy odkładać na wcześniej wytypowanych powierzchniach, nieporośniętych cenną roślinnością, z których uprzednio usunięto darń i warstwę próchniczą. Po uformowaniu nasypu należy go pokryć wcześniej odłożoną warstwą próchniczą, a następnie obsiać trawą i obsadzić drzewami i krzewami.
- Należy ograniczać ruch ciężkiego sprzętu, aby nie dopuścić do znacznego zagęszczenia gruntu (np. stosowanie lżejszego sprzętu, zmniejszenie ciężaru przewożonych ładunków, wykluczenie – w miarę możliwości – przejściowych odkładów gruntu, kierowanie go bezpośrednio z wykopu w miejsce wbudowania lub na stałe hałdy). Generalnie ze względów środowiskowych należy dążyć do stosowania jak najlżejszego sprzętu, nawet kosztem efektywności, wydajności i rachunku ekonomicznego robót.
- Gdy nie da się uniknąć nadmiernego zagęszczenia gleby, należy ją usunąć na czas trwania robót i składować w nasypach o wysokości nieprzekraczającej 1,3 m. Miejsce usunięcia gleby i jej składowania powinno się oznaczać w taki sposób, by można było ją z powrotem wbudować w miejsce pobrania.
- Przy realizacji większych robót ziemnych należy przeprowadzić analizę, mającą na celu ocenę ryzyka nadmiernego zanieczyszczenia cieków zawiesinami. Jeśli uniknięcie zanieczyszczeń jest niemożliwe, należy zainstalować osadniki.
- W zakresie obowiązków wykonawcy leży odpowiednie zarządzanie hałasem, efektywne operowanie maszynami budowlanymi, utrzymanie porządku na terenie budowy oraz zapobieganie zanieczyszczeniu wód i gruntów smarami, olejami i paliwami pochodzącymi z maszyn budowlanych.
- W przypadku znacznych objętości robót ziemnych, w miarę możliwości należy je wykonywać z wykorzystaniem obiektów pływających, co obejmuje również transport materiałów. Ogranicza to niszczenie roślinności brzegowej i degradację terenów przybrzeżnych.

Terminy prowadzenia robót powinny być dostosowane do wymagań ochrony środowiska, by nie powodować znacznych zakłóceń w warunkach bytowania fauny, szczególnie w okresach lęgowych. Najkorzystniejszym terminem prowadzenia robót jest wczesna jesień, ze względu na zmniejszenie aktywności biologicznej. Jeżeli okres budowy jest niewystarczający, można do niego włączyć również koniec lata, jednocześnie unikając najbardziej wrażliwych okresów dla fauny.

Prace w pobliżu gniazd ptaków gatunków podlegających „ochronie strefowej" można wykonywać poza okresem rozrodu i opieki nad młodymi (jesień i zima), 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 ichtiofauny. Szczególnie istotne jest to w przypadku gatunków, których tarło wiąże się z dnem cieków.

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

Zalecane terminy realizacji robót przedstawiono w tabeli 1. Prace o większym zakresie muszą być rozpoczęte w okresie wiosennym, przed okresem lęgowym ptaków. Dzięki temu ptaki mogą przemieszczać się jeszcze przed lęgiem w inne niezagrożone miejsca, jeżeli wymaga tego sytuacja. Prace, które mogą powodować zakłócenia w procesie gniazdowania ptaków, nie mogą być prowadzone w okresie ich lęgów. W przypadku występowania gatunków chronionych należy bezwzględnie przestrzegać przepisów dotyczących ochrony gatunkowej. Trzeba dążyć do sprawnego realizowania robót, ponieważ wydłużenie czasu ich trwania zwiększa negatywny wpływ na środowisko.

Tabela 1. Prośrodowiskowe terminy wykonawstwa robót [Ilnicki 1987, zmienione]

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 budowlane												

WYTYCZNE DO REALIZACJI OBIEKTÓW I DZIAŁAŃ W RAMACH PROJEKTÓW

I. Charakterystyka metod przyjętych w Projektach

Rozdział ten zawiera preferowane metody realizacji działań i rozwiązania konstrukcyjne obiektów przewidzianych do budowy w ramach obu Projektów[14]. Powinny to być budowle o prostej konstrukcji, nieskomplikowane i możliwe do wykonania przy zastosowaniu podstawowych środków technicznych, z wykorzystaniem naturalnych cech terenu i rodzaju podłoża, działające samoczynnie, funkcjonujące w sposób niezawodny w różnych warunkach hydrologicznych. Wykonywanie takich obiektów powinno być solidne i zgodne z zasadami techniki budowlanej. Podejście to sprzyja utrzymaniu właściwego stanu technicznego stosowanych rozwiązań, zwiększa ich odporność na działanie czynników zewnętrznych, zwłaszcza na oddziaływanie wody, potencjalnych aktów wandalizmu, a także minimalizuje ewentualne zagrożenia dla środowiska przyrodniczego. Wykonane budowle mogą być wykończone środkami nietechnicznymi, w zależności od potrzeb w danej lokalizacji, takimi jak zasypanie rowu melioracyjnego i zwiększenie ilości rumoszu drzewnego w rzece.

Obiekty powinny zapewniać ciągłość biologiczną i transport rumowiska w ciekach, spełniając tym samym zapisy art. 229 i art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2023 poz. 1478 ze zm.). **Umożliwienie swobodnej migracji organizmów wodnych w ciekach** jest traktowane w Projektach jako priorytet i wynika z zapisów dokumentów nadrzędnych, takich jak: Szczegółowy Opis Priorytetów Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko 2021–2027.

Czynnikiem istotnym przy projektowaniu obiektów lub działań zmierzających do zwiększania retencji wodnej na obszarach leśnych jest ich **dostosowanie do warunków przyrodniczo-krajobrazowych**. Bardzo ważne jest stosowanie w jak najszerszym zakresie **materiałów naturalnych, najlepiej lokalnego pochodzenia,** takich jak: kamień, drewno, faszyna czy grunt, jak również odpowiednie wkomponowanie obiektów w krajobraz. Obiekty małej retencji powinny być projektowane w taki sposób, aby mogły działać i funkcjonować bez dalszych kosztownych nakładów przez co najmniej kilka lub kilkanaście lat.

1. Metody przyrodnicze

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 m.in. 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, są gatunkami nizinnymi i wyżynnymi. Granica zasięgu wysokości dla tych gatunków to około 600–700 m n.p.m. Powyżej, do 1000–1200 m n.p.m., można

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

stosować wierzbę białą lub kruchą, olszę szarą. Niewykorzystanym do tej pory gatunkiem przy zabudowie potoków górskich na znacznych wysokościach nad poziomem morza jest jarząb pospolity, czyli jarzębina. Gatunek ten stanowi jednocześnie bardzo dobry przedplon dla gatunków lasotwórczych, a naturalne odnowienia jarzębiny często skutecznie zabezpieczają przed erozją strome zbocza na znacznych 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 oraz przywracanie naturalnego charakteru potoków i rzek. W połączeniu z zabudową biologiczną cieków wodnych renaturyzacja sprzyja ochronie brzegów przed erozją i łagodzi skutki gwałtownego odpływu wód opadowych.

Metody przyrodnicze polegają m.in. 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 pasów brzegowych cieków i zbiorników poza zwartymi kompleksami leśnymi i użytków łąkowych, co stanowi działanie biotechniczne ukierunkowane na ograniczenie procesów erozyjnych oraz redukcję dopływu zanieczyszczeń do wód powierzchniowych;
- umacnianiu roślinnością brzegów wklęsłych, szczególnie narażonych na intensywną erozję boczną oraz podmywanie w czasie 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, z uwzględnieniem ochrony i odtwarzania drzewostanów w górnej strefie ich występowania.

Celem **zabudowy biologicznej** jest:

- **zwiększenie retencji zlewni**: zatrzymywanie większej ilości wody opadowej w obrębie zlewni poprzez wprowadzenie roślinności i struktur zwiększających infiltrację i magazynowanie wody;
- **poprawa bilansu wodnego i wyrównanie przepływów**: zmniejszenie dysproporcji pomiędzy przepływami niżówkowymi a wezbraniami dzięki dłuższemu zatrzymywaniu wody w zlewni;
- **spowolnienie odpływu wód powodziowych i łagodzenie wezbrań**: redukcja prędkości odpływu wód w czasie intensywnych opadów wraz z ograniczeniem objętości i kulminacji wezbrań, a także opóźnienie czasu ich wystąpienia;
- **zmniejszenie energii wezbrań**: redukcja siły erozyjnej wód płynących dzięki wprowadzeniu przeszkód biologicznych (np. drzew i krzewów) oraz pokrycia roślinnością;
- **zmniejszenie spływu powierzchniowego wód**;
- **zahamowanie procesów erozji stoków oraz dna i brzegów potoków**: stabilizacja poprzez zastosowanie roślinności o dobrze rozwiniętym systemie korzeniowym, wzmacniającym strukturę gleby oraz chroniącym przed rozmywaniem;

- **ochrona infrastruktury technicznej w sąsiedztwie cieków**: zmniejszenie ryzyka uszkodzeń dróg, mostów, budynków oraz innych obiektów poprzez naturalne bariery przeciwdziałające gwałtownemu odpływowi wód.

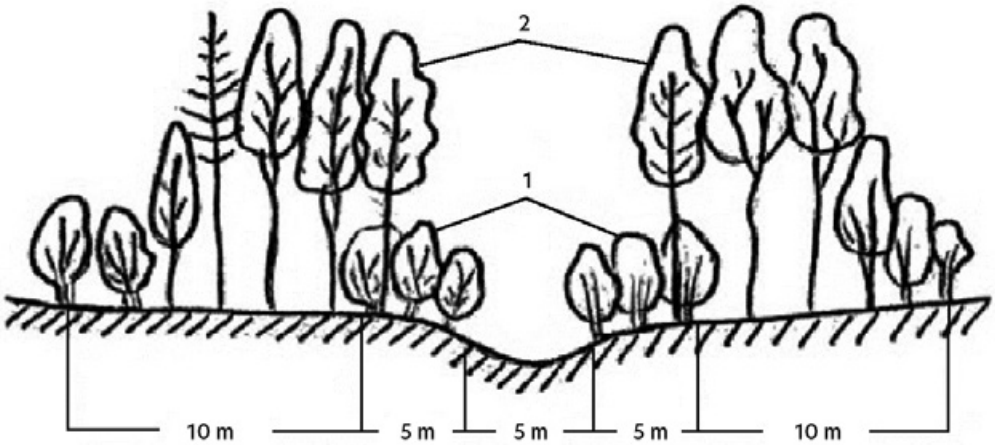
Zabudowa biologiczna brzegów rzek i potoków

Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną, z uwzględnieniem lokalnych warunków siedliskowych i zasad regionalizacji przyrodniczej. Należy wybierać taksony wykazujące korzystne właściwości biotechniczne, takie jak: silnie rozwinięty system korzeniowy, wysoka zdolność do stabilizacji gruntu czy odporność na okresowe zalewanie. Rozmieszczenie i forma nasadzeń powinny być ściśle dostosowane do konkretnego siedliska oraz funkcji, jaką mają pełnić, zwłaszcza ochrony przeciwerozyjnej i retencyjnej.

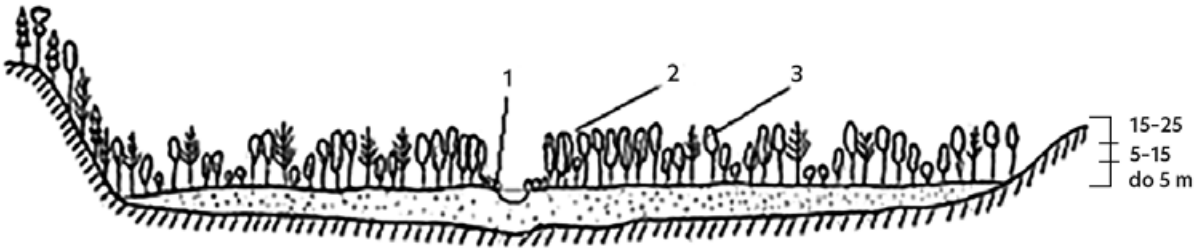
Zabudowa biologiczna w obrębie szczytowej i środkowej części rzek i potoków

Cieki o silnie zagłębionym korycie zabezpiecza się przed erozją boczną zwartym pasem drzew i krzewów o szerokości 20–30 m. Najwyższe piętro drzew, sięgające wysokości 15–25 m (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 o wysokości 5–15 m (grab zwyczajny, klon polny, jarząb pospolity, brzoza omszona, osika, wierzba iwa) należy rozmieszczać tuż za linią brzegową. Po zewnętrznej stronie pasa wprowadzać należy drzewa i krzewy o wysokości do 5 m (czeremcha, leszczyna, trzmielina pospolita, kruszyna pospolita, dereń świdwa).

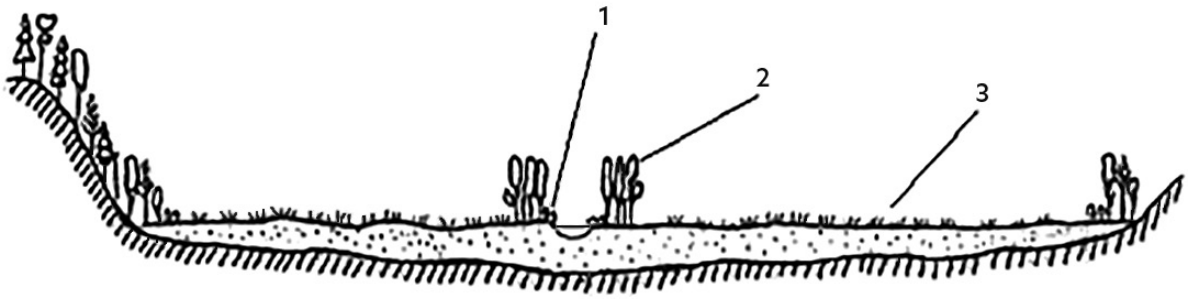
Cieki o korycie rozwartym zabezpiecza się podwójnymi pasami roślinności brzegowej. Pas korytowy, zajmujący teren w bezpośrednim sąsiedztwie cieku, ochrania brzegi w zakresie od stanów wody średniej do wysokiej. Wprowadza się tu wierzby, głównie wiciową, purpurową, siwą i szarą. Za pasem korytowym formuje się pas przykorytowy osłaniający brzegi w zasięgu od stanów wód wysokich do katastrofalnie wielkich. W tym pasie wprowadza się: olszę szarą, wierzbę kruchą, wierzbę białą, jesion wyniosły, jawor, topolę 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.



Rys. 8. Przykład obudowy biologicznej potoku o korycie rozwartym w obrębie szyi: 1 – pasy korytowe, 2 – pasy przykorytowe [Prochal 1968]



Rys. 9. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na katastrofalnie wielką wodę: 1 – pasy korytowe, 2 – pasy przykorytowe, 3 – zalesienia [Prochal 1968]



Rys. 10. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na średnią wielką wodę: 1 – pasy korytowe, 2 – pasy przykorytowe, 3 – trwałe użytki zielone [Prochal 1968]

W przypadku obszarów narażonych na występowanie wielkiej wody (WW), bezpośrednio nad jej zwierciadłem należy zaplanować pas korytowy o szerokości 5 metrów, obsadzony krzewiastymi formami wierzb. Tuż za nim powinien znajdować się pas przykorytowy, również o szerokości 5 metrów, złożony z krzewów i drzew o wysokości do 5 metrów, odpornych na okresowe zalewanie. Dalsza część zabudowy biologicznej powinna obejmować drzewostan o zróżnicowanym układzie wysokościowym, który wzmacnia stabilność siedliska i pełni dodatkowe funkcje retencyjne oraz ochronne.

Dla obszarów związanych z wystąpieniem średniej wielkiej wody (SWW), na skarpie tuż nad jej zwierciadłem należy przewidzieć pas korytowy o szerokości 7 metrów, obsadzony krzewiastymi wierzbami, dobrze znoszącymi zmienne warunki wilgotnościowe. Za tym pasem, powinien znajdować się pas przykorytowy o szerokości 8 metrów, złożony z krzewów i drzew odpornych na okresowe zalewanie.

Gatunki roślin zalecane do nasadzeń w różnych położeniach przedstawiono w tabeli 2. Często wykorzystywane w zabudowie biologicznej cieków i zbiorników wodnych są różne gatunki wierzb, które można uszeregować następująco pod względem malejącej wilgotności siedliska: wierzba wiciowa, wierzba krucha, wierzba szara, wierzba trójpręcikowa, wierzba biała, wierzba pięciopręcikowa, wierzba siwa, wierzba iwa, wierzba purpurowa.

Tabela 2. Gatunki do nasadzeń szpalerów drzew i krzewów wzdłuż brzegów rzek oraz potoków górskich i podgórskich [Żbikowski i Żelazo 1993]

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

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

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

2. Metody techniczne i przyrodniczo-techniczne

Czynnikami istotnymi przy projektowaniu obiektów hydrotechnicznych jest ich dostosowanie do warunków przyrodniczo-krajobrazowych, umożliwienie swobodnego przemieszczania się organizmów wodnych w ciekach, stosowanie materiałów naturalnych oraz trwałość i bezobsługowość konstrukcji.

Stosowanie konstrukcji i elementów betonowych, zwłaszcza prefabrykowanych lub wielkogabarytowych konstrukcji monolitycznych, powinno być ograniczone do sytuacji, w których jest

to wymagane ze względów bezpieczeństwa technicznego i stabilności obiektu. Jedynie w uzasadnionych przypadkach można stosować tworzywa sztuczne oraz elementy metalowe. Konstrukcje te powinny być jednak wszędzie tam, gdzie to możliwe, osłonięte 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. W niektórych przypadkach konieczne jest użycie stalowych siatek powlekanych tworzywem do zabezpieczania budowli ziemnych, takich jak groble czy wały, przed zwierzętami kopiącymi nory (bóbr, piżmak, karczownik). W celu zwiększenia trwałości zabezpieczeń zaleca się dodatkowe umacnianie ich darniną i/lub narzutem kamiennym.

Ze względu na specyfikę ekosystemów leśnych, w których lokalizowane są obiekty małej retencji, należy z dużą ostrożnością podchodzić do stosowania standardowych rozwiązań, takich jak obsiew typową mieszanką traw lub zadarnianie. Działania te mogą spowodować wprowadzenia do środowiska leśnego gatunków obcych ekologicznie, szczególnie traw typowych dla siedlisk łąkowych. Bezwzględnie należy unikać nasadzeń drzew i krzewów poza ich naturalnym zasięgiem występowania, aby nie zakłócać równowagi ekologicznej.

Do metod technicznych i przyrodniczo-technicznych należą również 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 (bez porostu lub z porostem),
- kaszyce (bez porostu lub z porostem).

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. Należy umacniać tylko brzegi wklęsłe, a do zabudowy technicznej najlepiej stosować materiał lokalny, taki jak: kamienie, pospółka, drewno i faszyna. Skarpy o dużych spadkach mogą być umocnione także płotkami, darniną, ewentualnie włókninami z materiałów naturalnych.

Dotychczasowe metody regulacji technicznej znacznie zmieniały reżim i charakter cieków górskich przez wprowadzenie do koryta cieku konstrukcji w postaci: stopni, bystrotoków i zapór przeciwrumowiskowych. Znaczne problemy stwarza nieutrzymywanie w należytym stanie technicznym budowli hydrotechnicznych (np. nieusuwanie rumoszu, brak bieżącej konserwacji, przebudowy tych obiektów niezgodnie z nowymi standardami). Współczesne rozwiązania są znacznie bardziej przyjazne środowisku w porównaniu ze stosowanymi kilkadziesiąt lat temu.

Zjawisko erozji powierzchniowej jest procesem naturalnie zachodzącym w środowisku. W niektórych przypadkach ma pozytywne skutki, dostarczając materiał skalny i rumosz do potoku, tworząc tzw. obrukowanie dna. Zapobiega to procesom erozji wgłębnej i zmniejsza energię spływu wód powodziowych. Dlatego ograniczeniu 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 Projektach przewidziano działania techniczne mające na celu kontrolowanie nadmiernego spływu powierzchniowego, takie jak stabilizacja osuwisk i ochrona przez erodującym działaniem wód opadowych. W przypadku cieków zaplanowano zabezpieczenie brzegów na wybranych odcinkach oraz spowolnienie odpływu wody. Wprowadzono ograniczenia stosowania budowli poprzecznych, które mogą stymulować erozję i powodować fragmentację cieku, jak również budowli

podłużnych, jak mury oporowe, które odcinają dolinę od koryta. Preferowane rozwiązania budowlane to bystrza wykonywane z materiałów miejscowych (drewno, kamień), bez używania zaprawy cementowej.

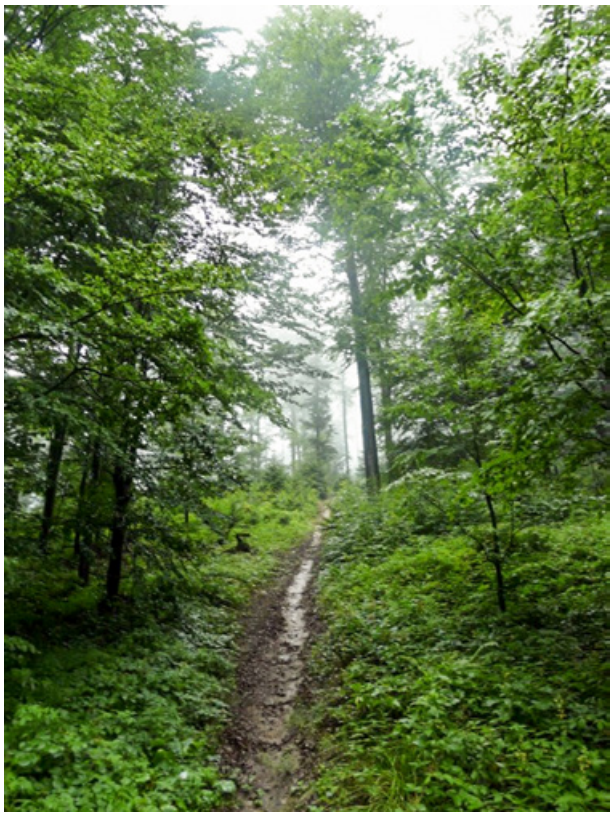
Szczegółowy opis ograniczeń przy projektowaniu budowli przedstawiono w załącznikach 1 i 2 do niniejszego *Podręcznika*.

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

Najlepsze rezultaty w ograniczaniu natężenia odpływu wód opadowych i towarzyszących temu negatywnych skutków można osiągnąć poprzez **podejście kompleksowe**. Oznacza to, że przedsięwzięcia retencyjne powinny być jednym z elementów systemu zintegrowanego zagospodarowania **zlewni**, obejmującego stosowanie metod przyrodniczych i technicznych. Osłonięta roślinnością gleba leśna jest najlepszym sposobem zatrzymania wody w środowisku. Może ona zmagazynować około 200 l wody w 1 m^3 swojej objętości, a w torfowisku woda stanowi aż do 95% jego objętości. Zadaniem człowieka jest umiejętne wykorzystanie tych naturalnych właściwości środowiska i przynajmniej częściowe zrekompensowanie szkód spowodowanych przez przekształcenia naturalnych lasów w lasy gospodarcze. W tym kontekście, aby ograniczyć nadmierny spływ powierzchniowy i wywoływaną przez niego erozję, należy przede wszystkim minimalizować zniszczenia powstające podczas użytkowania lasu i jego infrastruktury technicznej.

Częstym rodzajem szkód w lasach występujących na terenach o znacznym nachyleniu są zniszczenia erozyjne dróg i szlaków zrywkowych spowodowane intensywnymi opadami nawalnymi (fot. 7). Drogi i szlaki stają się wówczas sztucznie uformowanymi korytami, którymi okresowo spływa woda. 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 (fot. 8).

W niniejszym opracowaniu przedstawiono szereg rozwiązań technicznych służących rozpraszaniu wód opadowych na stokach, które sprzyjają infiltracji spływu powierzchniowego. Do metod tych zalicza się m.in.: rozpraszacze wód rozmieszczone poniżej wodospustów, bruzdy infiltracyjne, doły chłonne oraz niewielkie zbiorniki retencyjne przeznaczone do zatrzymywania spływu powierzchniowego. Ponadto, omówiono sposoby ograniczania niepożądanego odpływu wód wzdłuż tras antropogenicznych, takich jak: drogi leśne, nieczynne szlaki zrywkowe czy szlaki turystyczne. Wszystkie wymienione działania mają charakter prewencyjny i opierają się na zastosowaniu niewielkich obiektów technicznych, których skuteczność wynika nie tyle z indywidualnej skali, lecz z liczby oraz strategicznego rozmieszczenia w terenie. Działając łącznie, tworzą efekt synergii, skutkujący redukcją prędkości i intensywności spływu powierzchniowego. Zasadniczym celem jest maksymalne zatrzymanie wody w górnych partiach zlewni oraz wydłużenie czasu jej retencji, co pozwala osiągnąć zauważalne efekty hydrologiczne przy zastosowaniu stosunkowo prostych środków. W sytuacji, gdy większe objętości wody dotrą do niżej położonych obszarów, ich zatrzymanie staje się znacznie trudniejsze. Głównym celem działań



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

Fot. 8. Zabudowa przeciwerozyjna w trasie spływów powierzchniowych, Nadleśnictwo Lądek-Zdrój (archiwum CKPŚ)

będzie wówczas ograniczenie potencjalnych strat materialnych poprzez adaptację infrastruktury do zwiększonego ryzyka hydrologicznego.

W ramach kompleksowych rozwiązań zaleca się maksymalne wykorzystanie dostępnych możliwości retencjonowania wód wezbraniowych w zbiornikach. W szczególności rekomenduje się budowę oraz przebudowę/rozbudowę istniejących obiektów w kierunku zbiorników dwufunkcyjnych, wyposażonych w rezerwę powodziową. Dodatkowo, wskazane jest wykorzystanie naturalnych uwarunkowań terenowych do lokalizacji suchych zbiorników retencyjnych i polderów, pełniących funkcję czasowych magazynów wód opadowych i wezbraniowych.

Z perspektywy ekologicznej oraz glebochronnej bardziej efektywnym rozwiązaniem jest stosowanie większej liczby małych zbiorników retencyjnych i innych urządzeń hydrotechnicznych, niż ograniczanie się do mniejszej liczby obiektów o dużej pojemności. Rozproszenie retencji może przyczyniać się do lepszej infiltracji wód, zmniejszenia erozji oraz korzystnego wpływu na lokalny mikroklimat i bioróżnorodność, a także do odbudowy zasobów wód podziemnych istotnych podczas występowania okresów bezopadowych w kontekście zasilania cieków i zbiorników. W celu zabezpieczenia zbiorników przed napływem namułów i zanieczyszczeń zaleca się stosowanie odpowiednich środków ochronnych, takich jak: niewielkie przetamowania ziemne, rowy opaskowe, pasy roślinności filtracyjnej lub zbiorniki wstępne. Szczegółowe rozwiązania w tym zakresie zostały omówione w innych częściach niniejszego opracowania.

Istotnym elementem adaptacji do zagrożeń związanych z gwałtownym spływem powierzchniowym jest projektowanie i budowa infrastruktury hydrotechnicznej, która dzięki odpowiednim rozwiązaniom konstrukcyjnym jest zdolna do przenoszenia sił naporu wody lub skutecznego odprowadzania wód wezbraniowych. Kluczowe znaczenie mają w tym kontekście odpowiednio dobrane przekroje konstrukcji oraz ich trwałe ubezpieczenia hydrauliczne. Przykłady takich rozwiązań obejmują m.in. budowę brodów, mostów jednoprzęsłowych czy przepustów o dużym świetle i korzystnych parametrach hydraulicznych, szczególnie w miejscach narażonych na przeciążenia hydrologiczne (np. w lokalizacjach istniejących wcześniej przepustów wielootworowych). Uzupełnieniem tego typu działań jest zastosowanie trwałych, a zarazem ekologicznych form zabudowy podłużnej, takich jak kaszyce lub ożywione narzuty kamienne, które łączą funkcję ochronną z zachowaniem wartości przyrodniczych.

Nie tylko w Polsce, ale również w innych regionach Europy coraz częściej wraca się do stosowania kaszyc – konstrukcji drewnianych wypełnionych ziemią i kamieniami, umożliwiającymi efektywną filtrację wód gruntowych. Współczesne podejście do gospodarki wodnej kładzie duży nacisk na minimalizowanie ingerencji w środowisko naturalne oraz maksymalne wykorzystanie rozwiązań biologicznych w zabudowie. Tego rodzaju konstrukcje charakteryzują się dużą trwałością, a także wspierają ochronę jakości wód, co jest kluczowe dla zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi.

W kontekście zarządzania wodami szczególną uwagę należy poświęcić utrzymaniu w dobrym stanie potoków górskich, które są szczególnie narażone na silne wezbrania o dużej sile niszczącej. Tego rodzaju cieki wymagają przewidywania potencjalnych zmian w strukturze dna koryta, które mogą wystąpić po przejściu wezbrania. W związku z tym niezbędne jest opracowanie prognoz dotyczących przebiegu procesów korytotwórczych, oceny intensywności transportu rumowiska wleczonego, a także monitorowanie procesów erozji i sedymentacji w korycie, co jest szczególnie istotne przy projektowaniu zbiorników retencyjnych. Z tego względu w niniejszym opracowaniu zaleca się stosowanie zbiorników bocznych wyposażonych w zbiorniki wstępne oraz zwrócenie szczególnej uwagi na nieprzerywanie transportu rumowiska w ciekach, aby zapewnić ciągłość naturalnych procesów hydrologicznych.

W przypadku wszystkich cieków naturalnych, zarówno na terenach górskich, jak i nizinnych, kluczowymi zasadami przy realizacji budowli hydrotechnicznych powinny być:

- zachowanie stanu równowagi dynamicznej cieku, w którym ilość rumowiska odprowadzana w dół biegu cieku jest równa ilości rumowiska dostarczanej do danego przekroju doliny, a dno cieku utrzymuje stałą wysokość w dłuższym czasie;
- zapewnienie równowagi pomiędzy funkcją odprowadzania wód wezbraniowych w dół biegu cieku oraz funkcją ich retencjonowania na obszarach zalewowych;
- zachowanie stanu ekologicznego cieku i jego korytarza na co najmniej dobrym poziomie.

Problematyka ograniczania intensywności nadmiernych spływów wód i szkód, jakie powodują, dotyczy głównie terenów górskich. Niemniej jednak na terenie całego kraju występują kompleksy leśne na zboczach o zróżnicowanych nachyleniach, co sprawia, że przedstawione zalecenia można 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, tj. zwiększenie retencji lub/i przeciwdziałanie nadmiernej erozji wodnej. Po określeniu celów należy przystąpić do analizy środowiskowej w celu zidentyfikowania przyczyn niekorzystnych zjawisk i/lub procesów. Podstawowe zasady, które należy stosować, to:

- Po pierwsze, **nie szkodzić**, co oznacza, że miejsce ewentualnej interwencji należy traktować jako złożony układ, działający podobnie jak żywy organizm. Mechanizmy jego funkcjonowania mogą nie być w pełni rozpoznane, dlatego wszelkie działania należy planować po gruntownej analizie, unikając stosowania schematycznych rozwiązań. Wszelkie działania należy planować i wprowadzać z dużą ostrożnością, tak aby możliwe było reagowanie na bieżąco na ich ewentualne negatywne skutki środowiskowe.
- Po drugie, **oddziaływać na przyczyny zjawisk, a nie tylko niwelować ich skutki**. Reagowanie wyłącznie na skutki zjawisk lub procesów uzasadnione jest tylko wtedy, gdy niwelowanie ich przyczyn jest niemożliwe.

Przeprowadzenie weryfikacji uwarunkowań środowiskowych poprzedzających projektowanie docelowych rozwiązań powinno obejmować przede wszystkim następujące działania:

1. **Ilościowa i jakościowa identyfikacja problemu niedoboru wody w ekosystemie leśnym:**
   - identyfikacja obszarów wykazujących niedobory wody;
   - wskazanie rodzajów i powierzchni siedlisk mokradłowych, zarówno leśnych, jak i nieleśnych (położenie morfologiczne, sposób zasilania w wodę, wielkość zlewni, poziom wody gruntowej, miąższość i zasoby torfu itp.);
   - określenie rodzajów utworów i gleb (mineralnych, mineralno-organicznych, organicznych) oraz ich aktualnego stanu (typy i podtypy gleb, kierunek aktualnie zachodzących procesów glebotwórczych, np. bagienny, murszowy, glejowy, darniowy, miąższość i budowa geologiczna torfowisk itp.);

- identyfikacja rodzaju i stanu zbiorowisk roślinnych, ze szczególnym uwzględnieniem gatunków chronionych, zagrożonych i niepożądanych (obcych, ekspansywnych);
- ustalenie rodzaju i stanu fauny (z uwzględnieniem gatunków chronionych i zagrożonych oraz niepożądanych).

2. **Określenie głównego czynnika wpływającego na występowanie niedoboru wody w ekosystemie leśnym:**
   - identyfikacja czynnika lub zespołu czynników naturalnych (np. klimatycznych) i/lub antropogenicznych (np. odwodnienie), powodujących niedobory wody; w przypadku przyczyn antropogenicznych źródła problemów mogą występować poza obszarem nadleśnictwa.
3. **Ustalenie, jakiego rodzaju zjawiska erozyjne występują w danym terenie i w jego otoczeniu:**
   - określenie formy erozji, jej skali i tempa;
   - identyfikacja typów gleb na danym terenie i w jego otoczeniu;
   - ustalenie, czy zjawiska erozyjne w korycie rzeki powodowane są głównie przez przepływy wysokie chrakteryzujące się dużą siłą erodującą, czy również przy niższych przepływach;
   - określenie czynników powodujących erozję, ze wskazaniem ich naturalnego i/lub antropogenicznego charakteru;
   - wykazanie skutków zjawisk erozyjnych dla środowiska przyrodniczego;
   - wskazanie, wraz z uzasadnieniem, jakim skutkom erozji i na jakich obszarach należy przeciwdziałać.

4. **Analiza możliwych działań i wybór optymalnego rozwiązania:**

Po uzyskaniu danych dotyczących zakresu i skali zidentyfikowanych problemów należy przystąpić do ich analizy i opracowania stosownych rozwiązań. Przede wszystkim należy ustalić ich zasięg przestrzenny i ilościowy (skalę problemu), np.:

- budowa piętrzeń (rodzaj, liczba, parametry techniczne);
- budowa, rozbudowa, przebudowa lub odtworzenie sztucznych zbiorników powierzchniowych (rodzaj, ilość, parametry techniczne);
- zabudowa przeciwerozyjna cieków przeciwdziałająca erozji wodnej;
- meandryzacja cieków, udrożnienie starorzeczy, odtworzenie naturalnych zalewów;
- usunięcie zbędnych zadrzewień z obszarów określonych torfowisk;
- określenie działań mających na celu odtworzenie warunków wtórnego zabagnienia i/lub renaturyzację torfowisk, itp.

Lokalizacja obiektów małej retencji

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

Konieczne jest zweryfikowanie w terenie, czy realizacja zaplanowanych obiektów nie spowoduje zniszczenia stanowisk ani siedlisk gatunków chronionych. Na wstępnym etapie zgłaszania zadań inwestycyjnych inwentaryzacja może być wykonana przez pracowników nadleśnictwa na zasadzie wizji terenowo-przyrodniczej. Jej głównym celem jest zmniejszenie ryzyka późniejszego odstąpienia od realizacji inwestycji.

Na kolejnych etapach realizacji zadań, w zakresie przedsięwzięć na obszarach cennych przyrodniczo, istotnie przekształcających środowisko (szczególnie w odniesieniu do inwestycji nowych), wskazane jest wykonanie inwentaryzacji przyrodniczej przez zespół ekspertów weryfikujących możliwość realizacji z punktu widzenia zarówno przyrodniczego, jak i technicznego.

Należy podkreślić, że zwiększenie retencji wody jest kwestią drugorzędną w stosunku do zachowania i ochrony wartości przyrodniczych obecnie zidentyfikowanych na danym obszarze. Inwentaryzacja musi być wykonana w odpowiednim okresie roku oraz uwzględniać szerokie spektrum chronionych gatunków roślin, zwierząt i grzybów.

Jeżeli realizacja obiektu małej retencji wymagałaby naruszenia siedlisk lub stanowisk chronionych gatunków, ale mimo to oczekiwane korzyści środowiskowe przeważałyby wyraźnie nad stratami przyrodniczymi, należy uzyskać odpowiednie zezwolenie organu odpowiedzialnego za ochronę środowiska.

Ze względu na wymogi prawa krajowego i unijnego konieczne jest **sprawdzenie, czy realizacja planowanego obiektu nie będzie oddziaływać negatywnie na chronione siedliska przyrodnicze**.

Jeżeli występuje ryzyko negatywnego oddziaływania planowanych obiektów na chronione siedliska przyrodnicze (np. Natura 2000), wymagane jest postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko i uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia, ewentualne sporządzenie raportu oddziaływania na środowisko.

W przeciwnym razie zachodzi niebezpieczeństwo konsekwencji prawnych wynikających z ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie oraz pojawia się możliwość nieuzyskania dofinasowania na przedmiotową inwestycję.

Weryfikacja środowiskowych uwarunkowań przedsięwzięcia może prowadzić do konieczności modyfikacji wstępnych założeń projektowych, a nawet do odstąpienia od realizacji obiektu. Powinna więc być dokonana na możliwie wczesnym etapie, np. projektowym, przed podjęciem zobowiązań (np. podpisaniem umowy) na znacznie kosztowniejsze w Projektach roboty budowlane.

Wstępną analizę środowiskową rozpocząć należy od rozpoznania ogólnych warunków środowiskowych na wybranym do realizacji projektu obszarze. Ocenie i weryfikacji stanu aktualnego oraz ocenie następstw realizacji obiektu lub kompleksowego rozwiązania powinny podlegać takie zagadnienia, jak: warunki przyrodnicze (np. stan zachowania siedlisk i gatunków flory i fauny), warunki glebowe, warunki hydrologiczne i hydrogeologiczne (np. położenie zwierciadła wody, stan cieków i zbiorników 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, zwłaszcza pod kątem ewentualnych zmian gatunkowych. W przypadku gdy realizacja projektu powoduje zagrożenie dla siedlisk, gatunków czy obszarów chronionych, należy przewidzieć konieczność zmiany lokalizacji planowanego projektu lub jego parametrów, redukując tym samym zasięg oddziaływania.

W celu uzyskania lepszego efektu przyrodniczego zalecane jest prowadzenie kompleksowych działań na większych obszarach w skali zlewni.

Po wykonaniu wstępnej oceny warunków występujących w wybranej lokalizacji należy poddać analizie możliwe rozwiązania, w tym rodzaje budowli i działań, które umożliwią realizację założonego celu, a w kolejnym etapie wybrać rozwiązanie w najlepszy sposób dopasowane do istniejących uwarunkowań przyrodniczych i możliwości technicznych.

W przypadku realizacji większych obiektów, zwłaszcza wymagających stosowania ciężkiego sprzętu, istotnym zagadnieniem jest wyznaczenie takiej drogi dojazdu do miejsca budowy, aby potencjalne negatywne oddziaływanie było ograniczone do minimum.

Budowle muszą być dostosowane nie tylko do warunków przyrodniczych, ale również spełniać wymagania wynikające z analiz hydrologicznych i hydraulicznych. W niniejszym *Podręczniku* zamieszczono przegląd **preferowanych w Projektach rozwiązań opartych na stosowaniu materiałów naturalnych**, najlepiej pochodzących z lokalnych zasobów.

W dalszym etapie należy sporządzić odpowiednią dokumentację techniczno-prawną, konieczną do realizacji inwestycji. Stanowi ona podstawę do analizy kosztów oraz sporządzenia harmonogramu prac w zaplanowanym horyzoncie czasowym.

W przypadku wszystkich obiektów piętrzących należy określić zasięg ich oddziaływania na tereny sąsiadujące oraz ryzyko wystąpienia na nich stałych lub okresowych podtopień. Jest to szczególnie istotne, gdy w otoczeniu znajdują się grunty będące we władaniu innych osób, co może wymagać wprowadzenia szczególnych rozwiązań administracyjnych, wypłaty odszkodowań lub wykupu gruntu.

W przypadku działań realizowanych na ciekach zaleca się konsultacje założeń projektowanych z ichtiologami, pracownikami okręgów Polskiego Związku Wędkarskiego (PZW), w celu określenia wpływu planowanego rozwiązania na populacje ichtiofauny oraz migrację ryb wędrownych.

III. Działania i obiekty przewidziane do realizacji

Urządzenia planowane w ramach niniejszych Projektów powinny spełniać następujące kryteria:

- Konstrukcje budowli piętrzących i upustów powinny charakteryzować się prostotą, umożliwiając ich realizację za pomocą podstawowych narzędzi i lokalnych materiałów. Takie podejście pozwala na ograniczenie transportu materiałów, zmniejszenie potrzeby budowy dróg dojazdowych, a tym samym minimalizowanie negatywnego wpływu na środowisko leśne, w tym zniszczenia lasu, hałas, zanieczyszczenia oraz inne negatywne skutki.
- Obiekty techniczne w lasach powinny być możliwie proste w eksploatacji, tzn. nie powinny wymagać znacznych nakładów na obsługę i konserwację.

- Urządzenia techniczne w lasach powinny charakteryzować się wysoką trwałością, odpornością na uszkodzenia i trudnością w zniszczeniu. Architektura budowli powinna być dostosowana do środowiska leśnego.
- Zamiast konstrukcji żelbetowych zaleca się stosować budowle ziemne umacniane biologicznie, drewniane (np. kaszyce), z tworzyw sztucznych (np. przepusty polietylenowe). Budowle te powinny być w możliwie jak największym stopniu zakryte roślinnością, np. poprzez zastosowanie kaszyc obsadzonych roślinnością, co sprzyja integracji z otoczeniem i minimalizuje negatywny wpływ na ekosystem.
- Urządzenia i systemy wodne powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby działały w możliwie jak największym stopniu samoczynnie, uwzględniając wszelkie warunki hydrologiczne, w tym zmienne stany wód. Operowanie urządzeniami ruchomymi powinno odbywać się zgodnie z opracowanymi instrukcjami gospodarowania wodami przez osoby wyznaczone do tych zadań.

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

Mała retencja to zestaw działań technicznych i nietechnicznych mających na celu zatrzymanie lub spowolnienie odpływu wód, jednocześnie wspierających rozwój środowiska naturalnego. Do działań tych należą: budowa niewielkich zbiorników, oczek wodnych, stawów, stosowanie zadrzewień, renaturyzacja małych rzek oraz ochrona terenów mokradłowych. Mała retencja przynosi korzyści zarówno lokalnym społecznościom, jak i przyrodzie. Stanowi istotne narzędzie w przeciwdziałaniu skutkom suszy i powodzi, odbudowując zasoby wód podziemnych i wspierając bioróżnorodność.

Do naturalnych form małej retencji zalicza się:

- magazynowanie wody w glebie, w szczególności w ściółce leśnej[15];
- tereny mokradłowe, które magazynują wodę okresowo w niewielkich ilościach, stanowiąc uzupełnienie dla innych urządzeń służących do redukcji spływu powierzchniowego;
- torfowiska, które magazynują wody gruntowe, opadowe i płynące, wpływając hamująco i regulująco na odpływ wód w rzekach; dodatkowo, oddziałują one na odpływ gruntowy z terenów sąsiadujących;
- naturalne zbiorniki wodne, które magazynują wodę opadową, opóźniają spływ powierzchniowy i gruntowy, a ponadto pełnią funkcje przyrodnicze, turystyczne i rekreacyjne.

[15] Wierzchnia warstwa gleby leśnej na 1 m^3 może przyjąć i zmagazynować na dłuższy czas około 200 litrów wody – 1/5 objętości.

Inicjowanie lub wspomaganie małej retencji polega zarówno na poprawie funkcjonowania, zwiększaniu skali i odtwarzaniu naturalnych form retencji, jak i na tworzeniu sztucznych obiektów retencyjnych, które są jak najbardziej zbliżone do naturalnych struktur.

Do podstawowych działań związanych z małą retencją należy budowa różnych typów zbiorników, które efektywnie magazynują wodę w środowisku. W zależności od warunków terenowych, gruntowych i stosunków wodnych w zlewni, projektowane i budowane są następujące typy zbiorników:

- **zbiorniki stale gromadzące wodę:**
  - zbiorniki kopane zasilane wodami ze spływu powierzchniowego i opadowymi lub zasilane infiltracyjnie z cieku/rowu;
  - zbiorniki o stałym poziomie piętrzenia (bez rezerwy powodziowej): magazynują wodę, wpływając na ekosystem i makroklimat oraz poziom wód gruntowych w otoczeniu;
  - zbiorniki o stałym poziomie piętrzenia z rezerwą powodziową: magazynują wodę, wpływając na ekosystem i makroklimat oraz poziom wód gruntowych w otoczeniu, ponadto posiadają wolną pojemność retencyjną, dzięki której mogą przyjąć wodę powodziową do maksymalnego poziomu piętrzenia (MaxPP), a w wyjątkowych przypadkach do nadzwyczajnego poziomu piętrzenia (NadPP);
  - zbiorniki o zmiennym poziomie piętrzenia posiadające rezerwę powodziową: mają 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[16].

- **zbiorniki okresowo gromadzące wodę**: zbiorniki suche – zazwyczaj bezobsługowe, samoczynnie napełniające się i opróżniające, które retencjonują wodę tylko przez krótki czas, a ich głównym zadaniem jest spłaszczenie fali powodziowej, oraz zbiorniki okresowe zasilane wodami ze spływu powierzchniowego i opadów.

Innym rodzajem obiektów retencyjnych o funkcji przeciwpowodziowej są poldery zalewowe, które znajdują się w zalewowej części doliny cieku (często odgrodzone groblami lub wałami). W tych obszarach nadwyżka wód powodziowych może gromadzić się i stagnować przez dłuższy czas, a ich powrót do głównego koryta jest kontrolowany przez odpowiednie urządzenia upustowe.

Ze względu na ukształtowanie terenu zbiorniki suche są głównie budowane na terenach górskich, podczas gdy poldery – raczej na pogórzu i w nizinnym terenie. Występują także rozwiązania mieszane. Ponadto, w ramach działań z zakresu małej retencji w Projektach uwzględnia się wszelkie inicjatywy mające na celu zachowanie lub poprawę warunków gromadzenia wody w naturalnych formach małej retencji, jak również procesy renaturyzacji tych obszarów.

[16] W projektach nie są budowane zbiorniki wyłącznie o funkcji przeciwpożarowej ze względu na ich niedostosowanie do pełnienia funkcji przyrodniczych. Natomiast budowane wcześniej zbiorniki ppoż. mogą być przebudowywane w celu ich dostosowania do funkcji przyrodniczych.

Tabela 3. Zalety i wady różnych typów zbiorników

Obiekt	Zalety	Wady
Małe zbiorniki retencyjne	• mniej szkodliwe dla ekosystemów dolin rzecznych niż duże zbiorniki; • sieć zbiorników małej retencji usytuowanych w górnych odcinkach rzek i ich dopływów jest tańsza (zarówno koszty budowy, jak i utrzymania) niż budowa jednego, dużego zbiornika 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 zawiesin i materiału wleczonego.	• 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 w porównaniu do pojedynczych dużych zbiorników; • dość wysokie jednostkowe koszty budowy; • znaczna powierzchnia trwale wyłączona z użytkowania gospodarczego; • ryzyko wystąpienia problemów związanych z zamulaniem, zakwitami wody (eutrofizacja), zarastaniem oraz obecnością insektów; • ryzyko odprowadzenia do zbiornika wody podziemnej z obszaru powyżej i pogłębienia problemu niedoboru wody w glebie.
Zbiorniki suche	• zapewniają skuteczną kontrolę nad nagłymi wezbraniami wód i ochronę przed powodzią terenów zalewowych położonych poniżej zbiornika, szczególnie w obszarach górskich; • zachowują niezmienione warunki przepływu dla wód niskich i średnich; • nie stanowią przeszkody w migracji ryb i innych organizmów wodnych; • czasza zbiornika może być wykorzystywane jako łąki i pastwiska; • grunt jest zatapiany tylko okresowo, co pozwala na zachowanie jego funkcji użytkowych w innych porach roku.	• mogą prowadzić do niekorzystnych zmian w ekosystemach znajdujących się powyżej zapory czołowej zbiornika, szczególnie w wyniku długotrwałych zalewów; • zdecydowanie rzadziej zalewają dolinę poniżej zbiornika, co może być istotne dla niektórych ekosystemów; • upośledzenie funkcji ekosystemów doliny rzecznej podczas niewielkich wylewów, wynikające z ograniczenia naturalnych procesów przepływu wód; • ograniczone możliwości wykorzystania gromadzonej wody, szczególnie w kontekście jej retencyjnego wykorzystania;

Tabela 3. cd.

Obiekt	Zalety	Wady
		• trudności w usuwaniu osadu i brak możliwości wpływania na jakość wody w zbiorniku; • zajmują dużą powierzchnię, co może powodować zmiany w użytkowaniu terenu; • wątpliwe walory estetyczne pustych zbiorników, zapór i urządzeń regulacyjnych; • wysokie koszty budowy i utrzymania.
Duże zbiorniki przeciw-powodziowe	• duża dyspozycyjność w zakresie wykorzystania wód do celów komunalnych, rolniczych, przemysłowych, żeglugi, rekreacji oraz produkcji energii elektrycznej; • ochrona przed małymi i średnimi powodziami oraz łagodzenie skutków dużych powodzi, pod warunkiem zapewnienia odpowiedniej rezerwy powodziowej; • na obrzeżach zbiorników (w miejscach okresowo zalewanych) mogą powstawać cenne tereny lęgowe dla ptaków wodno-błotnych; • podczyszczanie wód, sedymentacja zanieczyszczeń i oczyszczanie wody poprzez infiltrację gruntową; • zdolność do gromadzenia większych ilości wody, co pozwala na zwiększenie retencji w danej zlewni.	• zmiana naturalnego reżimu hydrologicznego, eliminacja naturalnych zalewów dolin rzecznych poniżej zapory; • katastrofalne zmiany w ekosystemach rzeki i doliny (lasy łęgowe, olsy, torfowiska, podmokłe łąki); • przerwanie transportu rumowiska wleczonego i szlaków migracyjnych ryb; • zanik cennych gatunków ryb i bezkręgowych zwierząt wodnych; • upośledzenie funkcji korytarza ekologicznego doliny rzecznej; • wymagają dużych obszarów pod budowę; • erozja denna poniżej zbiornika i spadek poziomu wód gruntowych w dolinie; • ryzyko dużych strat w przypadku awarii lub katastrofy; • wypłycanie zbiornika przez materiał wleczony przez rzekę; • wysokie koszty budowy, w tym budowa przepławek dla ryb; • duże koszty utrzymania i eksploatacji.
Poldery zalewowe	• zachowanie mało zmienionych ekosystemów dolinowych; • zabezpieczenie cennych terenów przyrodniczych przed niekorzystnym zagospodarowaniem (ochrona przyrody i przeciwpowodziowa); • tańsze w budowie niż zbiorniki zaporowe o podobnej retencji; • powierzchnia pomiędzy zalewami może być użytkowana gospodarczo.	• mniejsza częstotliwość i okresowość zalewania niż na odcinkach nieobwałowanych, co prowadzi do niekorzystnych zmian w ekosystemach znajdujących się na ich terenie.

1.1. Budowa, przebudowa lub rozbudowa 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. Zbiorniki takie wpływają korzystnie na stan środowiska naturalnego poprzez:

- tworzenie okresowej lub stałej retencji zbiornikowej;
- poprawę jakości wody (biofiltry);
- ochronę przed erozją wodną;
- wspomaganie ochrony przed powodziami i suszami (podczas niżówek zapewniają przepływ nienaruszalny);
- 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;
- zwiększenie walorów krajobrazowych oraz sprzyjanie rekreacji.

Pod względem konstrukcyjnym, w zależności od zakładanych funkcji, zbiorniki wodne mogą być wyposażone w dodatkowe elementy umożliwiające:

- dostęp do wody dla zwierzyny leśnej;
- podjazdy umożliwiające pobór wody do celów ochrony przeciwpożarowej[17];
- inne elementy dostosowane do potrzeb użytkowników i funkcji zbiornika.

W przypadku, gdy zbiornik ma również pełnić funkcję siedliska dogodnego dla ptactwa wodnego, istotne jest zaprojektowanie wyspy z odpowiednio stromymi skarpami, która zapewni ptakom bezpieczne miejsce bytowania, z ograniczonym dostępem dla drapieżników lądowych.

Ważnym aspektem jest także nadanie zbiornikowi kształtu zbliżonego do form naturalnych oraz jego harmonijne wkomponowanie w otaczający krajobraz, co sprzyja zarówno wartościom przyrodniczym, jak i estetycznym obiektu.

Ze względów przyrodniczych linia brzegowa zbiorników powinna być możliwie urozmaicona i nieregularna, z zatokami, cyplami, zróżnicowanym nachyleniem skarp (1:1,5–1:10), bez stromych brzegów i konstrukcji (np. wysokie palisady, mury oporowe) sprawiających, że zbiornik staje się pułapką bez wyjścia dla płazów czy piskląt ptaków.

Nie wszystkie brzegi zbiornika muszą być zadarnione. Warto pozostawić fragmenty skarp jako odsłonięte, niezadarnione, usypane z piasku lub żwiru (o bardzo niewielkim kącie nachylenia).

[17] W obu Projektach istnieje możliwość realizacji infrastruktury ppoż., 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 m^2 (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 czerpane i schody.

W przypadku niesprzyjających warunków glebowych można wysypać fragment brzegu kamieniami różnych frakcji (otoczaki lub kamień łamany). Zalecane jest też tworzenie płycizn i wysp, a także dużych powierzchni, które będą zalewane lub odsłaniane podczas zmian poziomu wody. Dla płazów kluczowe mogą być duże obszary płytkiej, szybko nagrzewającej się wody.

Przy budowie i kształtowaniu zbiornika (zapór, grobli) zaleca się korzystanie z gruntu miejscowego, np. pochodzącego z czaszy zbiornika. 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.

Aby stworzyć sprzyjające warunki dla rozwoju fauny, każdą lokalizację należy rozpatrywać indywidualnie. Oznacza to konieczność odpowiedniego doboru elementów otoczenia zbiornika, takich jak:

- odległość brzegu od linii drzew;
- nasadzenia roślinności wodnej;
- kształt i konstrukcja obiektu (czaszy) oraz rodzaj urządzań (np. piętrząco-upustowych).

Dobór tych elementów powinien uwzględniać m.in. planowaną lokalizację, wielkość i funkcję zbiornika. Dodatkowo warto przeanalizować rozdział pt. „Adaptacja obiektów do zmian klimatu", który rozwija i uzupełnia omawiane zagadnienia.

Zbiorniki wodne nie powinny być sztucznie zarybiane, gdyż obecność ichtiofauny zakłóca procesy kształtowania się naturalnych zespołów faunistycznych, w szczególności ograniczając możliwości występowania na tych siedliskach płazów. Poszczególne gatunki ryb mogą wywierać presję na populacje bezkręgowców wodnych oraz larwy płazów, co skutkuje obniżeniem różnorodności biologicznej zbiornika. Należy zaznaczyć, że zbiorniki zlokalizowane poza zasięgiem cieków mogą z czasem ulec ograniczonemu zarybieniu w wyniku naturalnych procesów, np. poprzez przenoszenie ikry przez ptactwo wodne. Tą samą drogą mogą być także introdukowane larwalne formy płazów[18]. Mając powyższe na uwadze, powinno się umożliwiać zasiedlanie zbiorników przez organizmy wodne w oparciu o naturalne mechanizmy sukcesji ekologicznej. W wybranych przypadkach uzasadnione jest wprowadzenie określonych gatunków roślin wodnych i szuwarowych, w celu przyspieszenia stabilizacji warunków siedliskowych oraz wsparcia funkcji ekologicznych obiektu.

Priorytetowym działaniem w zakresie gospodarki wodnej na obszarach leśnych powinno być retencjonowanie wody w środowisku oraz maksymalne spowalnianie jej odpływu w kierunku terenów niżej położonych. Ma to szczególne znaczenie dla terenów górskich, gdzie w związku z nasilającym się zjawiskiem krótkotrwałych oraz gwałtownych wezbrań i powodzi zaleca się projektowanie i budowę zbiorników suchych (retencyjnych, bez stałego zwierciadła wody). Na obszarach górskich i podgórskich oprócz objętości odpowiadającej normalnemu poziomowi piętrzenia (NPP) zbiorniki te powinny również uwzględniać rezerwę powodziową, stałą bądź czasową. Podejście takie umożliwia czasowe retencjonowanie nadmiaru wód wezbraniowych, co prowadzi do spłaszczenia fali powodziowej poprzez opóźnienie odpływu ze zlewni. Wprowadzenie zbiorników retencyjnych o funkcji przeciwpowodziowej przyczynia się do ograniczenia ryzyka zalania terenów zurbanizowanych, infrastruktury technicznej, użytków rolnych oraz obszarów o wysokiej wartości przyrodniczej.

[18] 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.

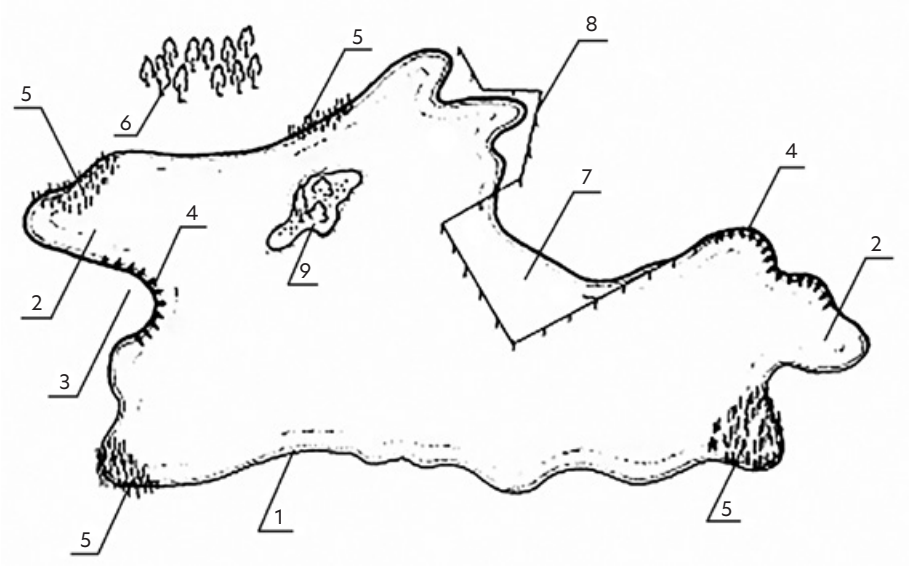
Rekomendowanym rozwiązaniem jest także budowa zbiorników zasilanych spływem powierzchniowym i/lub ciekami okresowymi, w tym także ciekami okresowo wysychającymi nawet poniżej przekroju posadowienia budowli piętrzącej. Obiekty tego typu pełnią istotną funkcję w zakresie retencji wodnej, umożliwiając zatrzymywanie odpływu wód w górnych partiach zlewni, jednocześnie wspierając funkcjonowanie lokalnych ekosystemów.

Niedopuszczalne jest tworzenie zbiorników na gruntach organicznych. Tego typu inwestycje prowadzą do degradacji istniejących zbiorowisk roślinności i fauny bagiennej, jednocześnie nie zwiększając zdolności retencyjnych terenu. W wyniku takich działań powstają zbiorniki wypełnione wodą pochodzącą z torfowiska, które w efekcie pełnią funkcję drenującą, obniżając poziom wód gruntowych w samym torfowisku. Ponadto, zwiększają się straty wody, głównie w wyniku parowania z powierzchni lustra wody, co dodatkowo pogarsza bilans wodny obszaru. Podkreślenia wymaga to, że powyższy zapis ma zastosowanie do wszystkich obiektów ze złożem torfu, nawet jeśli jego wierzchnia warstwa uległa przesuszeniu i przekształciła się w mursz.

Należy pamiętać, że tworzenie zbiorników wodnych obarczone jest ryzykiem związanym z:

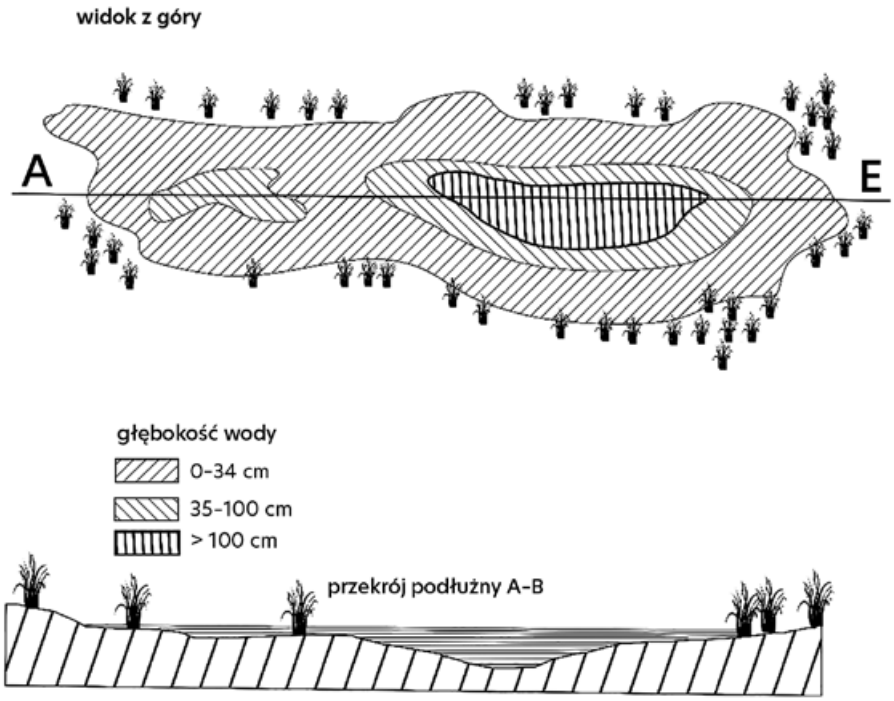
- zalaniem terenów cennych pod względem przyrodniczym (konieczne jest przeprowadzenie rzetelnej inwentaryzacji przyrodniczej);
- przerwaniem ciągłości ekologicznej cieku przez budowlę piętrzącą (przeciwdziałanie poprzez wykonanie przepławek naturopodobnych, kanałów obiegowych w zbiornikach zaporowych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

W procesie projektowania zbiorników wodnych w ramach realizacji Projektów zaleca się wprowadzenie elementów proekologicznych, które sprzyjają różnorodności biologicznej i poprawiają funkcje ekosystemowe. Należy uwzględnić zmienność głębokości zbiornika, w tym przegłębienia i płycizny, oraz dużą różnorodność strukturalną w obrębie obiektu i jego otoczenia. Przykłady takich rozwiązań to: przewrócone drzewa, kamienie, podmycia brzegów, wyspy, a także zróżnicowane odcinki brzegów – zarówno płaskich, jak i stromych. Stosowane rozwiązania powinny być wkomponowane w otaczający krajobraz. Istotne jest także zastosowanie zapór ziemnych oraz wykorzystanie naturalnych materiałów w procesie umocnienia brzegów, co przyczynia się do zachowania walorów estetycznych i funkcji ekologicznych obiektu. Ważnym elementem jest także poprawa warunków rozrodu oraz bytowania płazów i gadów. W tym celu zaleca się tworzenie małych zbiorników lub dedykowanych stref w obrębie większych zbiorników o głębokości 0,5–1,5 m, z dużą powierzchnią płycizn oraz skarpami o nachyleniu 1:8–1:10. Ponadto wykorzystuje się także wyspy o łagodnych brzegach, wykonane ze zróżnicowanego materiału. Mogą one być z jednej strony wyłożone kamieniami, a z drugiej obsadzone żywokołami. Poniżej przedstawiono schematy takich obiektów.



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

Rys. 11. Różnorodne ukształtowanie brzegów zbiornika [Żbikowski i Żelazo 1993]



Rys. 12. Zbiornik małej retencji dla ochrony płazów i gadów, Nadleśnictwo Stuposiany (autor: Sz. Radosz, CKPŚ)

Zbiorniki z elementami prośrodowiskowymi

Opis zalecanych rozwiązań

Fot. 9. Zbiornik z nieregularną linią brzegową, łagodnymi i ostrymi skarpami, przegłębieniami, wyspami z zacienieniem i nasłonecznieniem brzegów w Nadleśnictwie Trzebciny (archiwum CKPŚ)

Fot. 10. Zbiornik po zakończeniu realizacji. Brzegi zbiornika posiadają niewielkie nachylenie skarp (archiwum CKPŚ)

Zbiorniki małej retencji o dużych wahaniach poziomu wody lub okresowo wysychające

- Zbiorniki zasilane spływem powierzchniowym lub ciekami/rowami prowadzącymi wodę okresowo, wodą opadową oraz infiltracyjnie z cieku/rowu

Zbiorniki zasilane spływem powierzchniowym lub ciekami/rowami okresowymi, wodą opadową
Przykład realizacji

Fot. 11. Zbiornik z nieregularną linią brzegową w Nadleśnictwie Lipka (fot. J. Smarczewski, 2021)

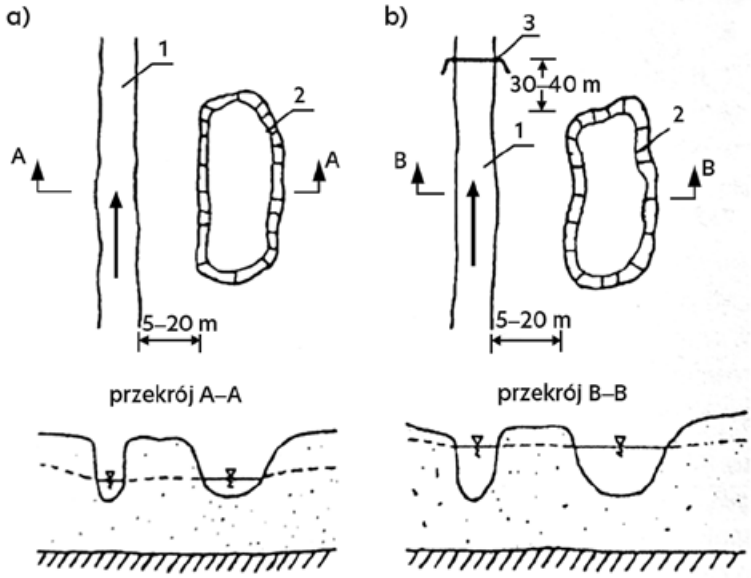
Fot. 12. Zbiornik śródpolny zasilany głównie spływem powierzchniowym w Nadleśnictwie Ustrzyki Dolne, 2015 (archiwum CKPŚ)

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 i źródlisk. Pierwsze z nich są właściwe tylko dla projektu PPOŻ2, drugie natomiast to obiekty, które nie powodują zwiększenia zasobów wodnych, a wręcz przeciwnie – mogą spowodować obniżenie zwierciadła wód gruntowych. Zbiorniki tego rodzaju realizowane są na gruntach słabo przepuszczalnych.

Zbiorniki zasilane wodami infiltracyjnymi

Opis zalecanych rozwiązań



Rys. 13. Zbiornik zasilany infiltracyjnie z cieku: a) przy cieku naturalnym, b) przy cieku spiętrzonym [Mioduszewski 2014]

Przykład realizacji

Fot. 13. Zbiornik zasilany infiltracyjnie wodą z rowu w Nadleśnictwie Jastrowie (fot. J. Smarczewski, 2021)

Uwagi

Jeżeli w dolinie dominują grunty przepuszczalne lub gdy grunty przepuszczalne zalegają pod cienką warstwą nieprzepuszczalną, można wykonać zbiornik zasilany infiltracyjnie, z cieku lub rowu. Wykonuje się go jako staw kopany, dłuższym brzegiem równolegle do cieku/rowu, 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 osiąga poziom wody w korycie. Dodatkowo zbiornik może być również zasilany z wysoczyzny, spływem powierzchniowym.

Efekty w środowisku

Zbiorniki zalecane w przypadku wód zanieczyszczonych płynących korytem cieku lub rowu powinny mieć funkcje oczyszczania poprzez procesy filtracji przez podłoże i roślinność. Zaleca się wprowadzenie elementów prośrodowiskowych, w szczególności łagodnego zejścia dla zwierzyny. Takie rozwiązania zapewniają dostęp do zbiornika dzikich zwierząt, co sprzyja zachowaniu bioróżnorodności i umożliwia migrację fauny w obrębie zlewni.

Zbiorniki spowalniające spływ powierzchniowy

Przykład realizacji

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

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

Uwagi

Zbiorniki powinny być zlokalizowane w naturalnych zagłębieniach terenu (o powierzchni 100–1000 m^2), 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 wyznaczyć podczas obserwacji intensywnych opadów atmosferycznych lub analiz map sytuacyjnych bądź numerycznego modelu terenu. Stawy buduje się zazwyczaj w naturalnych zagłębieniach terenu. W niektórych przypadkach wodę doprowadza się małymi groblami 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, po to, aby właściwie ukierunkować strumienie wody.

Efekty w środowisku
Zbiorniki mogą stanowić skuteczną ochronę przed lokalnymi wezbraniami i szkodami w infrastrukturze leśnej, są zarazem mało inwazyjne dla przyrody. Zaleca się, aby miejsca prac ziemnych poprzedzić inwentaryzacją przyrodniczą.

Zbiorniki małej retencji stale gromadzące wodę

- **Zbiorniki zasilane z przepływów bieżących cieków, kanałów, rowów**

Zbiorniki zaporowe
Przykład realizacji

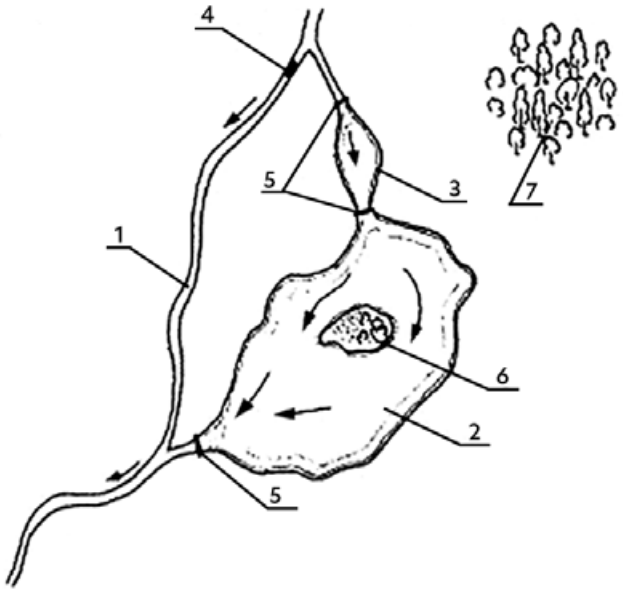
Fot. 16. Zbiornik zaporowy w Nadleśnictwie Brynek (fot. J. Smarczewski, 2021)

Uwagi
Zbiorniki tworzone są 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 m^3.

Efekty w środowisku
Zbiorniki mogą stanowić skuteczną ochronę przed dużymi wezbraniami i szkodami w infrastrukturze leśnej. Zaleca się wprowadzenie wszelkich elementów prośrodowiskowych, takich jak wyspy, zróżnicowana linia brzegowa itp. 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

Rys. 14. Zbiornik boczny, zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo 1993]

Przykład realizacji

Fot. 17. Zbiornik boczny bez piętrzenia wody w korycie cieku naturalnego w Nadleśnictwie Jastrowie (fot. J. Smarczewski, 2021)

Uwagi

Zbiorniki boczne można zrealizować przez budowę urządzenia piętrzącego w korycie cieku, kanału lub rowu, które umożliwia doprowadzenie wody do czaszy zbiornika. W szczególności na ciekach zaleca się jednak projektowanie zbiorników bez przegród w korycie, dzięki czemu zachowana zostanie 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, za pomocą budowli regulujących, poprzez otwarcie i zamknięcie budowli wpustowej lub budowli ujęciowej z progiem stałym, gdzie zasilenie następuje jedynie przy stanach wody wyższych od rzędnej progu. Opisane 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

Z punktu widzenia środowiskowego zbiornik jest najkorzystniejszy w przypadku braku piętrzeń w korycie cieku.

Zbiorniki kaskadowe (koralikowe/paciorkowe)

Przykład realizacji

Fot. 18. Płytkie zbiorniki kaskadowe w Nadleśnictwie Jawor, 2015 (archiwum CKPŚ)

Fot. 19. Zbiorniki w układzie kaskadowym w Nadleśnictwie Łosie (archiwum CKPŚ)

Uwagi

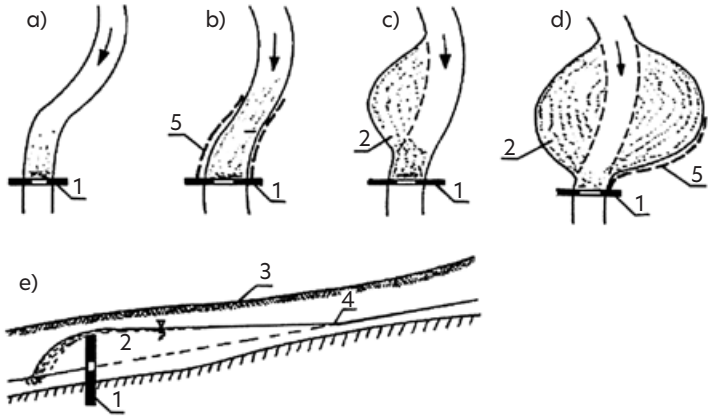
Zbiorniki kaskadowe znajdują zastosowanie w wąskich dolinach i przy dużych spadkach terenu, gdy nie ma możliwości zlokalizowania jednego większego obiektu o planowanej pojemności. Zbiorniki mogą być przedzielone groblami wyposażonymi w przelewy powierzchniowe i spusty. Mogą być usytuowane poza korytem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

Efekty w środowisku

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

Małe zbiorniki na rowach

Opis zalecanych rozwiązań



1 – budowla piętrząca (próg stały lub budowla z zamknięciem)
2 – wykop
3 – powierzchnia terenu (korona grobelki)
4 – zwierciadło wody w cieku (stawie)
5 – grobelki

Rys. 15. Przykłady zwiększenia retencji koryt małych cieków naturalnych lub rowów: a) w obrębie istniejącego koryta, b) w granicach koryta rzeki z grobelkami, c, d) koryto cieku (rowu) poszerzone po jednej stronie/po obu stronach, e) profil podłużny cieku [Mioduszewski 2014]

Przykład realizacji

Fot. 20. Zbiorniki na rowie w Nadleśnictwie Syców (fot. J. Smarczewski, 2023)

Fot. 21. Zbiorniki na połączeniu rowów w Nadleśnictwie Głogów (fot. J. Smarczewski, 2021)

Uwagi

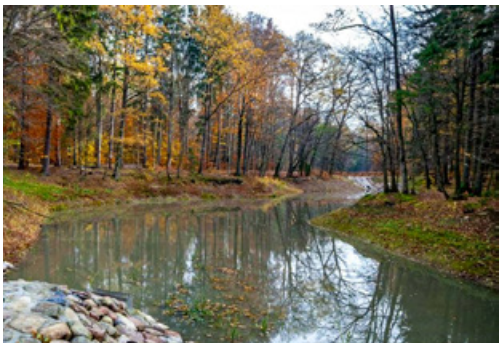
Zbiorniki należy sytuować w naturalnych zagłębieniach terenu lub miejscach dogodnych do utworzenia zalewu. Mogą przylegać do istniejącej drogi z odprowadzeniem wód, przepustem piętrzącym lub zastawką bądź opóźniaczem odpływu. Często wykonuje się je również jako stawy kopane, powstałe przez poszerzenie i pogłębienie odcinka rowu, wraz z wykonaniem ścianki szczelnej z zastawką, progiem lub niewielkim przetamowaniem ziemnym. Zbiorniki najlepiej lokalizować na połączeniu kilku rowów melioracyjnych. Głębokość takich obiektów z reguły nie przekracza 1 m. W celu zapewnienia możliwości pracy systemom melioracyjnym (np. w sytuacji sąsiadowania z gruntami rolnymi) zaleca się wykonanie urządzenia do regulowania poziomu wody. Wskazane jest wykonanie konstrukcji umożliwiającej 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, zaleca się budowę stałych przetamowań ziemnych wzmocnionych drewnem i kamieniami. Należy unikać pogłębienia sieci rowów na dłuższych odcinkach, co może powodować przesuszenie przyległych terenów. Obiektów tego typu nie traktuje się jako stałych źródeł wody, dlatego zaleca się tworzenie głęboczków 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 wodnych w okresie suszy, gdy rów jest suchy, a zbiornik utrzymuje wodę przez pewien czas. Należy zauważyć, że choć takie zbiorniki wysychają w okresie suszy, jest to działanie pożądane. W ten sposób zretencjonowana w okresie wezbrań 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 i znacznie poprawiają stan środowiska przyrodniczego.

Zbiorniki odtwarzane na terenach dawnych stawów i zbiorników

Zbiorniki odtwarzane
Przykłady realizacji



Fot. 22. i **Fot. 23.** 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]

Fot. 24. i **Fot. 25.** Odtworzenie i zasilenie w wodę „Stawów Bobrowickich" w Nadleśnictwie Szprotawa: stan przed realizacją (z lewej) i po doprowadzeniu wody z rowów (z prawej) (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 przebudowie/rozbudowie zbiorników należy kierować się ogólnymi wytycznymi tworzenia obiektów małej retencji w Projektach, np. w odniesieniu do stosowanych materiałów, kształtowania linii brzegowej itp.[19] W przypadku wcześniej budowanych stawów, zazwyczaj na ciekach, zaleca się ich zlokalizowanie poza korytem cieku/rowu (układ boczny) oraz urozmaicenie linii brzegowej zbiorników i kształtu dna. Ponadto rekomenduje się tworzenie sztucznych wysp i/lub wysp pływających. W każdym przypadku zalecane jest zaprojektowanie zbiornika wstępnego. Takie przedsięwzięcia z reguły są mniej kosztowne w porównaniu z nowymi zbiornikami i wymagają intensywnych prac ziemnych. Dodatkowo, w wyniku prowadzonych wcześniej obserwacji funkcjonowania zbiornika, istnieje możliwość zweryfikowania jego właściwej lokalizacji, wielkości i rozwiązań konstrukcyjnych.

[19] W szczególnych przypadkach dopuszcza się zastosowanie innych rozwiązań, niezalecanych 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 dłuży czas, zaleca się przeprowadzenie inwentaryzacji przyrodniczej.

Zbiorniki suche o funkcji przeciwpowodziowej

Zbiornik suchy
Przykład realizacji

Fot. 26. i **Fot. 27.** Suchy zbiornik w Nadleśnictwie Śnieżka z przelewem szczelinowym [https://www.youtube.com/watch?v=0KC01khUkeY]

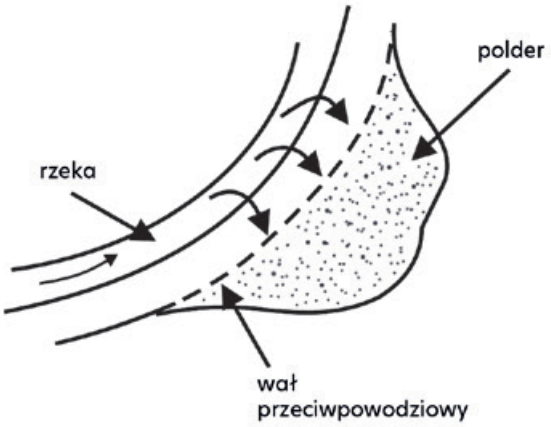
Uwagi
Zbiorniki suche to obiekty, których cała pojemność przeznaczona jest na cele ochrony przed powodzią. Wykorzystywane są tylko w okresie wezbrań. Regulacja dopływu i odpływu do i ze zbiornika odbywa się zazwyczaj przez stale otwarte upusty denne i przelewy. Ciek swobodnie przepływa przez czaszę zbiornika i urządzenia spustowe, nie naruszając przy tym ciągłości ekologicznej koryta. Większe dopływy są retencjonowane w zbiorniku dzięki odpowiednio dobranym typom i parametrom urządzeń spustowych oraz upustowych. Po przejściu fali powodziowej następuje stopniowe, samoczynne opróżnienie zbiornika. W okresach pomiędzy potencjalnym wystąpieniem fal powodziowych czasze zbiorników mogą pełnić funkcje pastwisk, łąk lub pozostawać jako nieużytki. Zapory natomiast mogą służyć jako drogi dojazdowe lub trasy rekreacyjne. Tego typu zbiorniki lokalizowane są najczęściej w górnych odcinkach cieków.

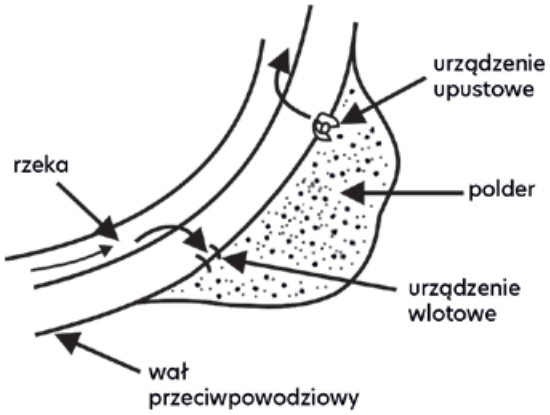
Efekty w środowisku
Zbiorniki suche zapewniają skuteczną ochronę przeciwpowodziową, szczególnie na obszarach górskich, a jednocześnie charakteryzują się niską ingerencją w środowisko przyrodnicze. Z perspektywy oddziaływania na środowisko, potencjalne kontrowersje mogą dotyczyć estetyki obiektu, umocnień koryta poniżej zbiornika oraz ryzyka okresowego przerwania ciągłości cieku. Należy podkreślić, że koryto doprowadzające pozostaje w stanie naturalnym, a w okresach bezpowodziowych przepływ wody odbywa się w sposób niezakłócony. Okresowe zalewy sprzyjają dodatkowo tworzeniu korzystnych warunków dla rozwoju lokalnej fauny i flory.

Poldery zalewowe

Polder zalewowy

Opis zalecanych rozwiązań





Rys. 16. i **Rys. 17.** Schematy działania polderów zalewowych (RZGW Kraków)

Uwagi

Poldery to rozwiązania przeciwpowodziowe stosowane od wielu wieków. Różnią się od zbiorników retencyjnych tym, że woda zatrzymywana jest nie za zaporą przecinającą koryto rzeki, lecz na naturalnych terenach zalewowych, oddzielonych wałem od koryta cieku i wykorzystywanych na co dzień rolniczo lub leśnie. Jednak oddzielenie naturalnych terenów zalewowych od rzeki wałem jest niekorzystne z punktu widzenia przyrodniczego. Dlatego też poldery zaleca się lokalizować w miejscach, gdzie do gromadzenia wody można wykorzystać naturalne obniżenie terenu. Doprowadzenie wody do polderu odbywa się zazwyczaj przez odpowiednio umocnione obniżenie w wale. Główną funkcją polderów jest lokalne obniżanie kulminacji fali powodziowej. W praktyce stosuje się też rozwiązania z możliwością sterowania zalewem. Takie poldery wyposażone są przeważnie w upusty wlotowe i wylotowe z możliwością regulacji przepływu. W dużych obiektach może ich być kilka, co pozwala na pełniejsze wykorzystanie pojemności retencyjnej i precyzyjne sterowanie procesem spłaszczania fali wezbraniowej.

Efekty w środowisku

Poldery stanowią efektywne rozwiązanie w zakresie ochrony przeciwpowodziowej, charakteryzując się jednocześnie niskim stopniem ingerencji w środowisko przyrodnicze. Wybór lokalizacji tego typu obiektów powinien być poprzedzony szczegółową inwentaryzacją przyrodniczą. W odróżnieniu od naturalnych terenów zalewowych, poldery cechują się innymi charakterystykami związanymi z przejściem powodzi (m.in. czasem trwania zalewu, głębokością wody, prędkością przepływu, układem wód gruntowych), co prowadzi do ograniczenia ich funkcji przyrodniczych. W nowoczesnych rozwiązaniach projektowych przewiduje się zatem możliwość stałego lub okresowego przywracania przepływu wód na obszarze polderu.

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 (biologiczne, biotechniczne, techniczne[20]);
- drenaże;
- czaszę zbiornika;
- zbiorniki wstępne, stosowane do podczyszczania wód, chroniące zbiornik przed zamulaniem[21];
- ujęcia wody (np. do celów przeciwpożarowych);
- infrastrukturę towarzysząca, np. schody skarpowe, łaty wodowskazowe, pomosty, balustrady.

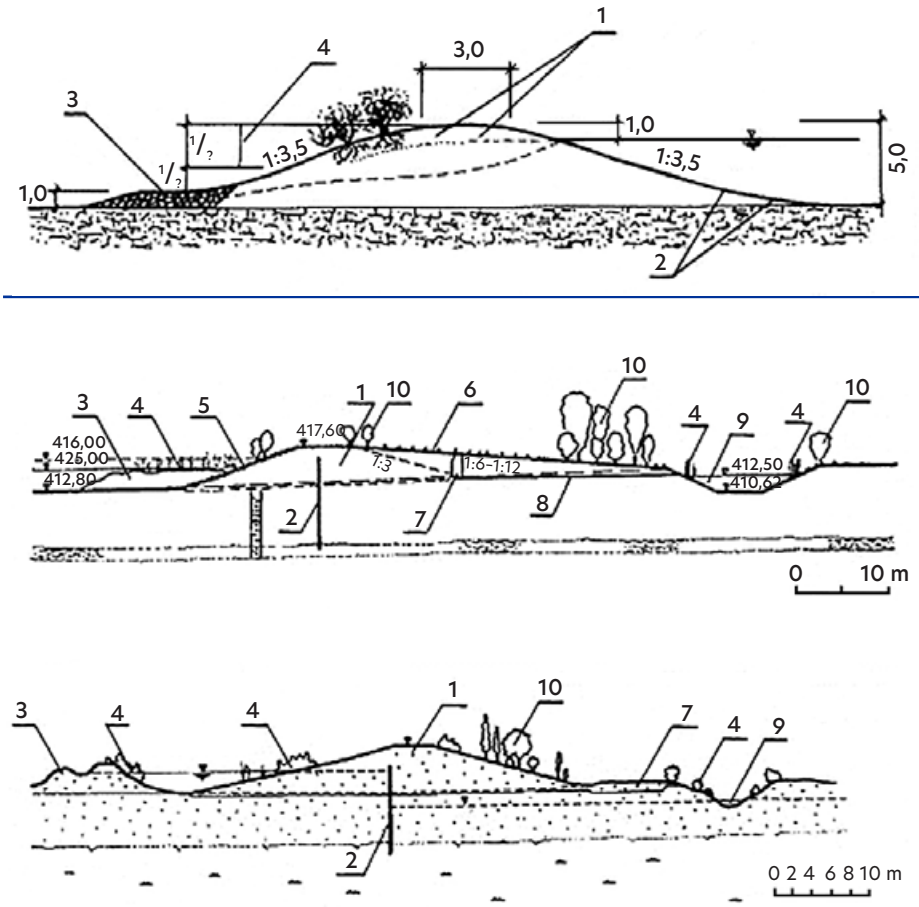
Grobla (zapora ziemna) zbiornika

Ze względów krajobrazowo-przyrodniczych zaleca się stosowanie zapór ziemnych. Wymiary i kształt zapory muszą być tak zaprojektowane, aby spełniać 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 skarpie odpowietrznej skutkuje koniecznością znacznego zwiększenia wymiarów budowli ziemnej. Korpus zapory stanowi zazwyczaj prosta jednorodna konstrukcja z gruntów mało spoistych. W przypadku budowli istniejących, gdy pojawia się zagrożenie przeciekania grobli, konieczne jest uszczelnienie konstrukcji. Najlepiej stosować w tym celu maty bentonitowe od strony odwodnej zbiornika lub przesłony przeciwfiltracyjne, mniej zalecaną alternatywą są geomembrany z tworzyw sztucznych. W przypadku 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).

[20] Rodzaje umocnień zostały omówione w rozdziale 2.1. „Ochrona infrastruktury" – są to analogiczne rozwiązania.

[21] Znaczenie i funkcje zbiorników wstępnych zostały omówione w rozdziale „Adaptacja obiektów do zmian klimatu".

Wały o łagodnym nachyleniu skarp
Opis zalecanych rozwiązań



1 – strefa ożywiona
2 – złagodzenie nachylenia skarp
3 – droga eksploatacyjna i drenaż
4 – strefa obsadzona krzewami

1 – korpus
2 – ścianka szczelinowa
3 – nasyp z gruntu niekontrolowanego (biotop mokry i ochrona przed falowaniem)
4 – trzcina i krzewy

5 – umocnienie kamienne
6 – obsiew lub darnina
7 – drenaż i droga
8 – odprowadzenie wód drenażowych
9 – kanał przydrenażowy
10 – drzewa

Rys. 18. Niskie zapory ziemne i wały przeciwpowodziowe dostosowane do wymagań ekologicznych [Żbikowski i Żelazo 1993]

Urządzenie upustowe zbiornika

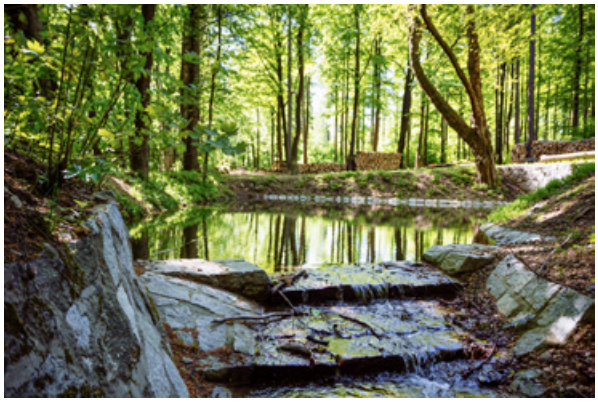
Większość zbiorników musi być wyposażona w budowle umożliwiające bezpieczne przeprowadzenie wód przez obiekt, jego całkowite opróżnienie oraz regulację wielkości odpływu, a także różnych ciał stałych, np. kry lodowej, śryżu, pływających przedmiotów czy rumowiska. Nazywane są one upustami lub budowlami upustowymi. Odgrywają 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. mnich, zastawka). Często zbiorniki wyposażone są w budowle do odprowadzania wód wezbraniowych. Działają w krótkich okresach, podczas przepływu wód wielkich, stanowiąc zabezpieczenie przed przelaniem się wody przez koronę zapory lub grobli. Najczęściej stosowane są w tych przypadkach umocnione przelewy. Do całkowitego opróżnienia zbiornika wykorzystywane 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 pierzących – na ciekach stale prowadzących wodę powinny zapewniać ciągłość ekologiczną i przepływ nienaruszalny przy niskich stanach wody.

Przelew

Przykład realizacji

Fot. 28. Przelew górny w zbiorniku w Nadleśnictwie Oborniki Śląskie (fot. J. Smarczewski, 2021)



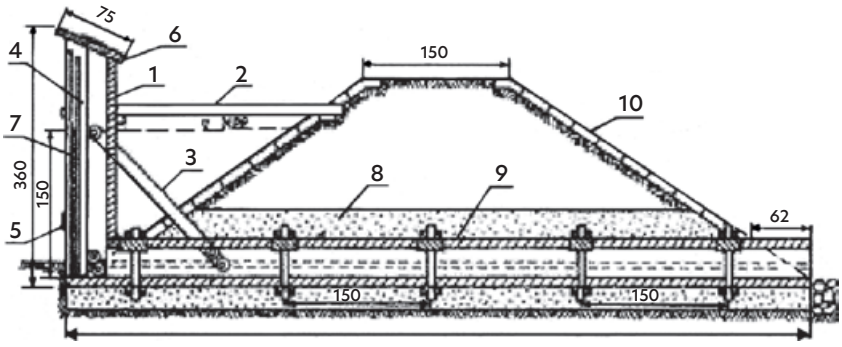
Fot. 29. Przelew górny w Nadleśnictwie Wałbrzych, 2015 (archiwum CKPŚ)

Efekty w środowisku

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

Mnich

Opis zalecanych rozwiązań



1 – obudowa stojaka, listwy poprzeczne 6 x 15 cm,
2 – kładka z desek 8 x 16–8 x 20 cm,
3 – zastrzał 15 x 18 cm,
4 – listwy 4 x 4 cm,
5 – rozpory 6 x 15 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 6 x 8 cm,
10 – umocnienie skarpy.

Rys. 19. Mnich drewniany, piętrzenie 1,5 m, światło 30 × 60 cm [Mioduszewski 2003]

Uwagi

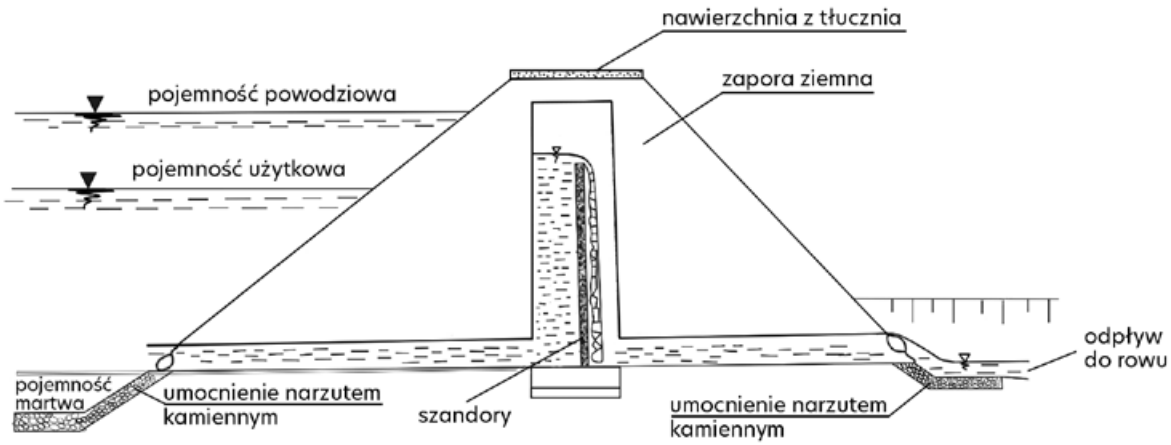
Dopuszczone są mnichy wykonane ze wszystkich materiałów: drewniane, z rur metalowych, z tworzyw sztucznych oraz betonowe. Ze względów bezpieczeństwa zaleca się rozwiązania trwałe i o dużej wytrzymałości.

Efekty w środowisku

Urządzenie tworzy barierę dla przemieszczania się organizmów wodnych, nie zaleca się jego stosowania na zbiornikach zasilanych ciekiem naturalnym.

Studnia piętrząco-upustowa

Opis zalecanych rozwiązań



Rys. 20. Schemat zapory czołowej zbiornika ze studnią piętrząco-upustową (opracowano na podstawie: 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 mnichy: brak bezpośredniego dostępu do szandorów przez osoby postronne, zachowanie przepływu w zimie, umożliwienie odpływu słabo natlenionej (często zawierającej siarkowodór) wody przydennej oraz transportu nadmiaru rumowiska (namułów), urządzenie jest wbudowane w groblę (studnia przykryta płytą betonową, czasem przysypana gruntem), dzięki temu nie wpływa ujemnie na walory krajobrazowe zbiornika i jego otoczenia. Wlot do rurociągu warto zabezpieczyć kratą (łatwość usuwania zanieczyszczeń i zapobieganie zatkania wlotu). Pierwszy rząd szandorów od strony wody górnej musi umożliwiać przepływ wody od dołu, a właściwe piętrzenie stanowi drugi rząd szandorów od strony wody dolnej, przez który woda przelewa się górą.

Efekty w środowisku
Umożliwia odprowadzenie wody przydennej ze zbiornika, przy jednoczesnym dopływie tlenu do wód zrzutowych, a także transport 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 jego stosowania na zbiornikach zasilanych ciekiem naturalnym.

Doprowadzalniki wody

Kanały, rowy
Przykład realizacji

Fot. 30. Doprowadzalniki wody do zbiorników, Nadleśnictwo Kwidzyń (archiwum CKPŚ)

Uwagi
Jeżeli warunki gruntowe (przepuszczalność) oraz prędkość prowadzonej wody na to pozwalają, należy budować rowy o charakterze unaturalnionym, połączone z zabudową biologiczną; brzegi można umocnić faszyną lub narzutami kamiennymi (Zob. także rozdział „Umocnienia brzegu”). Unaturalnianie koryta polega na kształtowaniu go w taki sposób, aby było zbliżone do naturalnej geometrii czy trasy cieków (meandrowanie rowu, tworzenie zróżnicowanych siedlisk w korycie, np. układ bystrze–ploso, poszerzenia, wypłaszczenie skarp, zróżnicowane głębokości itp.).

Efekty w środowisku
Naturalny charakter rowu/kanału dobrze komponuje się z otoczeniem, a naturalna zabudowa biologiczna i mniejsza prędkość przepływu stwarzają wielu organizmom nowe środowisko życia.

Przepławka 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 stabilność dna, umożliwiając transport rumowiska w ciekach, co wynika z zapisów 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".

W przypadku decyzji o konieczności budowy urządzenia służącego do migracji ryb [Bartnik i in. 2011] stosuje się przepławki techniczne, rozwiązania bliskie naturze lub konstrukcje specjalne. Współczesne przepławki dla ryb, poza umożliwieniem swobodnej migracji faunie rzecznej i wkomponowaniem w otoczenie, przeciwdziałają erozji i mogą też pełnić inne funkcje hydrotechniczne, np. piętrzenia wody. Tego rodzaju przepławki określamy jako konstrukcje bliskie naturze (seminaturalne). Można je podzielić na przepławki w formie obejścia, które buduje się z boku istniejących budowli, oraz przepławki wkomponowane w budowle piętrzące, takie jak rampy i pochylnie denne.

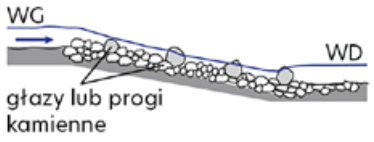
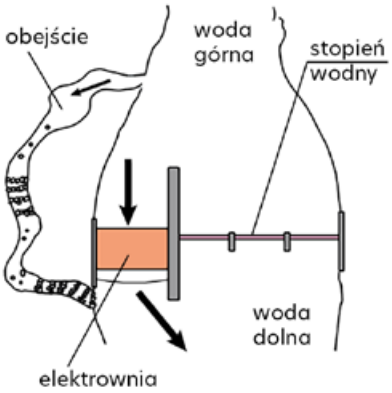
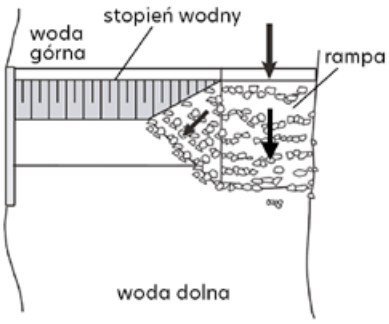
Przepławki w formie obejścia można wykonywać przy piętrzeniach nawet powyżej 10 m, powinny one jednak swoją konstrukcją naśladować naturalny ciek, obok którego są budowane. Wykonuje się je z materiałów naturalnych (kamienie, żwir, drewno, faszyna), a brzegi obsadza wikliną lub olszą. Obejście prowadzi się zazwyczaj krętą trasą o nachyleniu 1:20–1:75 (min. 1:100). Kanały obiegowe w układzie poziomym powinny mieć kształt sinusoidalny, meandrujący lub płynący zakolami.

Pochylnie denne i rampy denne naśladują naturalnie występujące w rzekach bystrza. Są to umocnione odcinki cieku o łagodnym spadku. Wykonuje się je zazwyczaj przy stopniach, progach i niskich jazach o piętrzeniu do 3 m. Posadowione mogą być na całej szerokości cieku lub przy jednym z brzegów (jako jedno- lub dwuspadowe z jednym łagodniejszym spadkiem) albo poprowadzone w części środkowej koryta, tak żeby strumień wody nie odrywał się od dna. Obiekty o nachyleniu od 1:3 do 1:10 określane są jako rampy, natomiast o nachyleniu łagodniejszym – od 1:15 do 1:30 i więcej są nazywane pochylniami.

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

Przepławki kaskadowe najczęściej wbudowuje się w istniejące budowle hydrotechniczne (obok przyczółka lub pośrodku koryta). Nachylenie koryta wynosi od 1:10 do 1:100. Może też być to kaskada progów o różnicy poziomów zwierciadła wody pomiędzy sąsiednimi basenami wynikającej z kryterium biologicznego, tj. zdolności pływackich ryb, i nie powinna przekraczać wysokości 0,11–0,20 m. Budowle te charakteryzują się stosunkowo niskimi kosztami budowy i konserwacji. Wznoszone są bez zatrzymywania przepływu wody i układane od dołu do góry. Można je dodatkowo stabilizować, w razie potrzeby, drewnianą palisadą od strony dolnej.

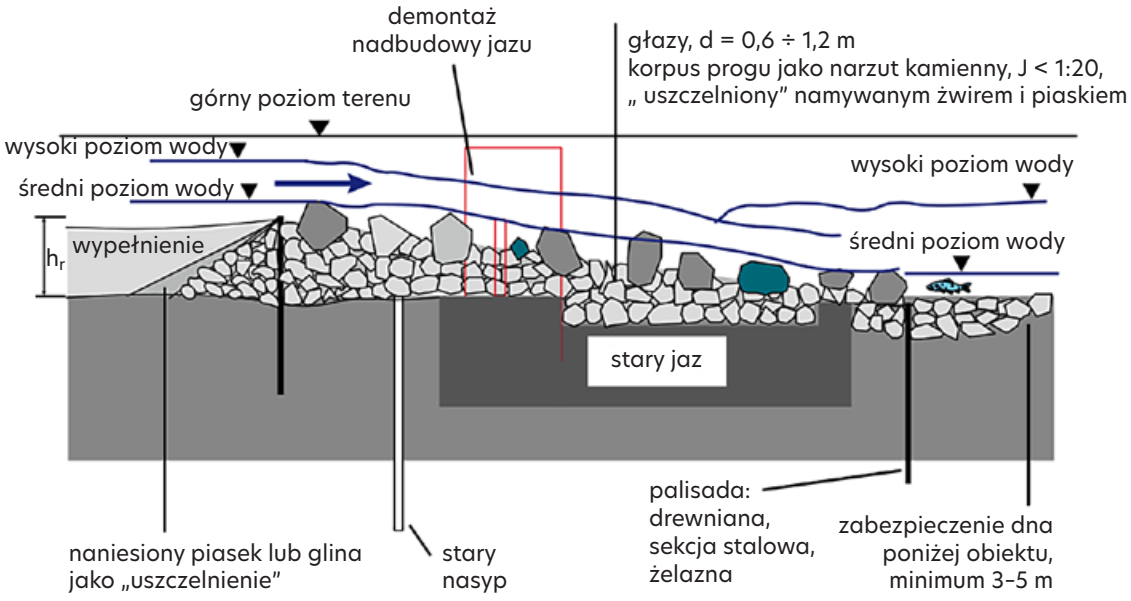
Przepławki mogą być projektowane jako budowle ściśle techniczne lub jako obiekty imitujące naturę. Kanały obiegowe i rampy denne należą do najbliższych naturze rozwiązań, podczas gdy konwencjonalne przepławki typu komorowego lub szczelinowego należą do rozwiązań typowo technicznych. W Projekcie zaleca się stosowanie przepławek bliskich naturze (rys. 21).

		
a) rampy denne i pochylnie denne Konstrukcja o szorstkiej powierzchni i możliwie małym spadku, rozciągająca się w całej szerokości koryta; umożliwia pokonanie różnicy poziomów dna cieku przed i za przeszkodą. Kategoria ta obejmuje także budowle stabilizacyjne (np. progi stabilizujące), jeśli korpus jazu ma niewielki spad, zbliżony do spadku rampy lub pochylni i ma luźną konstrukcję.	**b) kanały obiegowe dla ryb (obejścia)** Przepławka ukształtowana na wzór naturalnego strumienia, omijająca przeszkodę (zaporę). Konstrukcja zapory pozostaje niezmieniona, a jej funkcjonowanie niezakłócone. Kanał obiegowy może omijać całą strefę piętrzenia (cofki).	**c) rampy dla ryb przy stopnach wodnych** Budowla stanowiąca integralną część piętrzenia (jazu) i zajmująca jedynie część szerokości koryta, o możliwie łagodnym spadku – tak, aby zapewnić rybom możliwość pokonania go. W zależności od wartości spadku, konstrukcja taka zwana jest rampą lub pochylnią przy stopniu wodnym; zwykle uzupełnia się ją głazami lub kamiennymi progami (ryglami), w celu zmniejszenia prędkości przepływu.

Rys. 21. Typy przepławek naturopodobnych [Nawrocki 2016]

Na obiektach już istniejących, jeśli uwarunkowania gospodarki wodnej na to pozwalają, zamiast budowy oddzielnej przepławki 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 zastosować kanały obiegowe lub tylko część budowli zastąpić przepławką, np. jedno z przęseł jazu zastąpić rampą (rys. 22).

Ze względu na indywidualny charakter obiektów, czynnikami, które wpływają na wybór optymalnego rozwiązania przepławki, są lokalne uwarunkowania związane z występującymi na badanym obszarze gatunkami ryb, wielkością piętrzenia, wzajemnym rozmieszczeniem elementów budowli hydrotechnicznej, wydanymi pozwoleniami wodnoprawnymi, a także dostępnością terenu pod inwestycje.



Rys. 22. Przekształcenie jazu ruchomego w rampę denną ryglową jako próg ochronny [Nawrocki 2016]

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym

Obszary mokradłowe pełnią nie tylko funkcję niezwykle bogatych ostoi różnorodności biologicznej, lecz stanowią także naturalną formę ochrony przed powodziami i suszami. 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 kąsających 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". 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, a zwłaszcza powojennym, dotknęły prawie wszystkie mokradła w naszym kraju. By zobrazować skalę problemu, wystarczy podać szacunki, że łączna długość sieci istniejących rowów na obszarze torfowisk w Polsce ma 140 tys. km, czyli 3,5-krotnie można opasać nimi glob! Szacunki te nie obejmują rowów na innych typach mokradeł.

Ze względu na dużą skalę degradacji terenów mokradłowych podstawowym działaniem powinno być objęcie ochroną zachowanych, nieodwodnionych siedlisk. Dotyczy to szczególnie:

- źródlisk i torfowisk źródliskowych;
- otwartych mszarnych torfowisk przejściowych o wysokim, stabilnym poziomie wody;

- otwartych torfowisk mechowiskowych (soligenicznych) z wysokim, stabilnym poziomem wody;
- olsów o wysokim poziomie wody;
- lasów łęgowych z naturalnie występującymi okresowymi zalewami;
- nieodwadnianych systemem rowów borów i lasów bagiennych.

W przypadku odwodnionych mokradeł naturalnym kierunkiem działań wydaje się naprawa szkód polegająca na likwidacji rowów. **Jest to podstawowe, najbardziej efektywne działanie zwiększające retencję wodną, które często prowadzi do przywrócenia stanu zabagnienia.** Likwidację rowów należy rozpatrywać w pierwszej kolejności i stosować wszędzie tam, gdzie jest to przyrodniczo uzasadnione.

Każdorazowo należy jednak **przeanalizować, czy w wyniku zmian warunków siedliskowych po odwodnieniu na danym 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.). Zaleca się **podejmowanie ochrony czynnej tylko tam, gdzie jest ona naprawdę konieczna**, czyli na terenach mokradłowych o zaburzonych stosunkach wodnych i zdegradowanych walorach przyrodniczych. Wówczas działania naprawcze prowadzące do zniwelowania odziaływania dawnych, antropogenicznych przekształceń będą uzasadnione. Działania te powinny stymulować, inicjować i wzmacniać naturalne mechanizmy funkcjonowania ekosystemu i procesy w nim zachodzące, tak aby z upływem czasu odzyskał on zdolność samoregulacji.

Niejednokrotnie pomimo zaniku dawnych rowów odwadniających (zamulanie i zarastanie) w warunkach zmieniającego się klimatu dochodzi do trwałych zmian hydrologicznych, w konsekwencji czego odtworzenie dawnych warunków wodnych jest trudne lub niemożliwe. Pogłębiają to także inne procesy, jak np. szybka ekspansja roślinności leśnej na przesuszone torfowiska, która przyczynia się do ich dalszej degradacji. W praktyce łatwiej prowadzi się skuteczne działania w zakresie przywrócenia odpowiedniego stanu uwodnienia, gdy sieć odwadniająca danego mokradła nadal funkcjonuje i jest sprawna. Taka sytuacja, bardziej czytelna, daje większe szanse na prawidłowe zlokalizowanie źródeł strat wody, a tym samym na poprawę stanu i ochronę torfowiska.

Przed przystąpieniem do likwidacji odwodnienia lub wtórnego zabagnienia każdy renaturyzowany obszar mokradłowy powinien zatem zostać poddany szczegółowym analizom skutków odwodnienia, ze zwróceniem uwagi na ocenę powstałych wtórnie układów ekologicznych. W związku z tym pojawia się ważne pytanie: jakie zmiany zaszły na danym terenie w wyniku jego odwadniania? Pytanie to pociąga za sobą kolejne: czy wykształciły się tam cenne układy przyrodnicze, które mogą ulec zniszczeniu w wyniku prowadzenia określonych działań?

Przykładowo, na torfowiskach mogą powstać wtórnie kompleksy świerczyn borów i brzezin bagiennych z cennymi gatunkami roślin, w trakcie analizy należy zatem m.in. weryfikować ich walory przyrodnicze. W niektórych przypadkach, ze względu na skalę przekształcenia pierwotnego ekosystemu, bardziej „opłacalna przyrodniczo" może okazać się ochrona stanu istniejącego niż przywrócenie poprzedniego.

Przed podjęciem jakichkolwiek działań powinna zostać przeprowadzona prawidłowa diagnoza potrzeb i celów. Niekorzystne, podobnie jak odwadnianie, może być sztuczne podnoszenie lub stabilizacja poziomu wody na mokradłach – tam, gdzie ulega on naturalnym, okresowym wahaniom. Tego rodzaju zabiegi muszą być poprzedzone szczegółową analizą funkcjonowania systemu zasilania hydrologicznego określonych ekosystemów od wód zależnych. Przykładowo, w przypad-

ku torfowisk zasilanych wyłącznie wodami opadowymi lub podziemnymi wprowadzenie zasilania wodami innego pochodzenia, niż dla nich odpowiednie, lub stworzenie warunków zalewu na torfowiskach o przepływowej gospodarce wodnej może spowodować niepożądane skutki. Większość mokradeł zasilana jest wodami gruntowymi lub powierzchniowymi i hydrologicznie wiąże się z obszarem zlewni. Dlatego **planowanie renaturyzacji lub ochrony mokradeł powinno być opracowaniem obejmującym znacznie większy obszar niż obszar samego mokradła, a planowane realizacje na mokradle i w jego otoczeniu powinny łączyć się w spójną całość w skali całej zlewni**.

Początkową fazą wszelkich działań jest inwentaryzacja przyrodnicza, która ma na celu prawidłowy dobór metody ochrony ekosystemu. Ustalenie stanu wyjściowego jest również niezbędne do monitorowania kierunku zmian oraz oceny osiąganych efektów.

Minimalny zakres inwentaryzacji przyrodniczej powinien objąć opis florystyczny, w tym dokładny spis zbiorowisk roślinności na poszczególnych obszarach mokradłowych, oraz faunistyczny, w tym np. płazów, ryb, ważek i motyli (ze względu na biologię tych gatunków konieczna jest kilkukrotna obserwacja w ciągu roku), ze szczególnym zwróceniem uwagi na występowanie gatunków chronionych. Ponadto, w wielu przypadkach wskazana jest inwentaryzacja ornitologiczna, gdyż zmiana stosunków wodnych na danym obszarze może np. uniemożliwić ptakom siewkowym gniazdującym na ziemi wyprowadzenie lęgu.

Należy mieć na uwadze, że ocena roślinności występującej współcześnie na torfowiskach może być niewystarczająca do podjęcia prawidłowych decyzji w celu ochrony torfowisk. Według Tobolskiego [2000]: „złudne się okazało ugruntowane przeświadczenie, że wnioskowanie o geologii i hydrologii mokradeł wystarczy opierać na skali ekologicznej roślin torfowiskowych. Było to przyczyną wielu błędów i nietrafnych decyzji dotyczących ochrony torfowisk".

Dlatego przy restytucji mokradeł, zwłaszcza torfowisk, zaleca się również wykorzystanie wyników badań paleoekologicznych. 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). Pozwala to odtworzyć historię warunków wodnych, w jakich kształtowały się pokłady torfu, takich jak źródła (sposób) zasilania w wodę oraz poziom uwodnienia i żyzności siedlisk. Dzięki takim analizom można np. ustalić, czy obecna sukcesja drzew na torfowisku wymaga ingerencji, czy może jest wynikiem naturalnego stadium rozwojowego torfowiska. Analiza próbek torfu dostarcza informacji, czy sukcesja zachodzi po raz pierwszy w wyniku antropogenicznego osuszenia torfowiska, czy też w przeszłości występowały naturalne cykliczne procesy okresowej obecności drzew na torfowisku i późniejszego ich wymierania, powodowane następującymi po sobie okresami wyższych i niższych stanów wody. Generalnie drzewa na odwodnionym torfowisku przyczyniają się jeszcze bardziej do jego przesuszenia, intensywnie pobierając wodę i transpirując ją do atmosfery. Jednak 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 sformułować uniwersalne rekomendacje dla ochrony różnych typów mokradeł. Każde mokradło jest indywidualnym tworem przyrody i wszelkie recepty na jego renaturyzację lub ochronę są tylko przybliżone. Należy kierować się zasadą *primum non nocere* ('przede wszystkim nie szkodzić'), co oznacza, że **działania ochrony czynnej należy zaplanować tak, aby były one jak najbliższe procesom, które naturalnie zachodziły na danym terenie, oraz aby wszelkie ingerencje inicjowały lub wspierały procesy samoczynnej renaturyzacji**.

Torfowisko jest obszarem, na którym występuje torf akumulujący się w warunkach trwałego zabagnienia. Jest to obszar porośnięty przez rośliny torfotwórcze (lub zbiorowiska roślinności za-

stępczej po jego odwodnieniu). Torfowiska mogą tworzyć się w obszarach dolinowych, bezodpływowych zagłębieniach terenu, a także na zboczach lub wzniesieniach, jeśli zapewniony jest stały dopływ wody (wysięki, źródła).

Istnieje wiele kryteriów klasyfikacji torfowisk, jednak najczęściej przywoływany jest tradycyjny podział na trzy typy:

- **torfowiska niskie** – zasilane tylko wodami powierzchniowymi i/lub podziemnymi, z niewielkim wpływem wód opadowych. Ich powierzchnia jest płaska lub nieco wklęsła;
- **torfowiska wysokie** – zasilane wyłącznie przez wody opadowe. Tworzą one mniej lub bardziej wypiętrzoną ponad powierzchnię terenu kopułę, a poziom wody układa się bardzo blisko jej powierzchni. Występują głównie w północnej i środkowej części kraju oraz w górach i na Podhalu – w tych ostatnich głównie na obszarach wododziałów, w bezodpływowych obniżeniach terenu, zawsze poza odziaływaniem wód gruntowych i zalewów;
- **torfowiska przejściowe** – stanowią przejściowe stadium w ewolucji torfowiska niskiego do wysokiego; tworzą się w wyniku radykalnego ograniczenia zasilania wodami gruntowymi, przy stopniowym przejściu na dominację zasilania wodami opadowymi; często powstają w wyniku lądowienia ubogich zbiorników wodnych.

Torfowiska w Polsce zajmują ok. 5% powierzchni. Przeważają torfowiska typu niskiego, które zajmują ok. 92,35% powierzchni wszystkich torfowisk. Torfowisk wysokich jest ok. 4,35%, a przejściowych ok. 3,30%. Za najcenniejsze przyrodniczo uznaje się torfowiska wysokie, przejściowe oraz ubogie torfowiska niskie.

W Polsce pozostało niewiele torfowisk, które nie uległy przekształceniu w wyniku działalności człowieka. Ich gospodarcze użytkowanie wiązało się z koniecznością regulacji poziomu wody, a więc wykonaniem melioracji wodnych. W zdecydowanej większości systemy melioracyjne działają jednak jednostronnie – wyłącznie odwadniająco. Podstawowym elementem sieci melioracyjnej są rowy otwarte, lecz część obszarów wyposażonych jest również w systemy drenarskie. Obniżenie poziomu wód gruntowych w torfowisku prowadzi do murszenia i mineralizacji torfu, czemu towarzyszy emisja gazów cieplarnianych, zwłaszcza dwutlenku węgla. Proces murszenia powoduje zmianę struktury torfu oraz jego zagęszczenie, a w konsekwencji zmniejszenie pojemności retencyjnej i większe wahania zwierciadła wody. Jest to proces nieodwracalny. Z kolei mineralizacja materii organicznej prowadzi do uwolnienia biogenów i stopniowej eutrofizacji siedliska. W rezultacie w miejsce cennej roślinności bagiennej wkraczają zbiorowiska zastępcze, głównie nitrofilne (np. pokrzywa), a obszar torfowiska zarasta drzewami i krzewami.

Poniżej przedstawiono najczęściej identyfikowane problemy na terenach mokradłowych w lasach wraz z rekomendowanymi działaniami naprawczymi:

- przesychające olsy: należy zlikwidować przyczyny odpływu wody (źródła strat) i/lub ją doprowadzić;
- grądowienie lasów łęgowych pozbawianych naturalnych zalewów, na skutek obniżenia dna cieku w wyniku regulacji i czyszczenia koryta: rekomenduje się działania prowadzące do podniesienia rzędnej dna, naturalizacji, zamulania, tworzenia zatok i zatorów, wprowadzania ostróg z naturalnych drzew lub ostróg ożywionych itp.; z czasem działania te powinny doprowadzić do odtworzenia procesu okresowych zalewów terenu;
- wyprostowane koryto cieków, umocnione brzegi, zlikwidowane meandry, pogłębione koryto i osuszone przyległe mokradła, ciek odcięty od terenów zalewowych wałami: należy przeprowadzić częściową rewitalizację cieku, zainicjować meandrowanie, wypłycanie, tworzenie siedlisk, pozostawić cieki samym sobie, pozwolić na zarastanie itp.;

- torfowisko silnie przesuszone na skutek odprowadzania wody rowami: rekomendowana jest całkowita lub częściowa likwidacja rowów (i innych źródeł strat wody) lub zablokowanie odpływu i spiętrzenie poziomu wody w rowach.

W przypadku silnie zdegradowanego torfowiska jest mało prawdopodobne, że zahamowanie odpływu i proste piętrzenie wody lub jej doprowadzenie do zmurszałego torfu przyniosą pożądany efekt w postaci przywrócenia charakterystycznych zbiorowisk roślinności bagiennej i odtworzenia funkcji akumulacji torfu. Dlatego też działania powinny być kompleksowe i dostosowane do lokalnej sytuacji. Należy kierować się dewizą, że 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 różnych uwarunkowań, powinny być wprowadzane „małymi krokami", przy czym nie należy 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 brzeziną 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 poprawa 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.

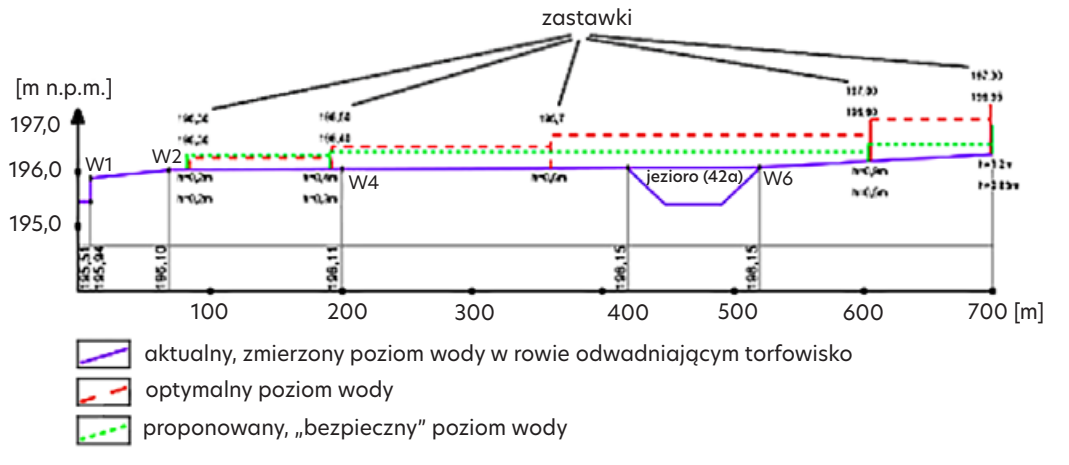
Zaplanowane działania ochronne [za: Herbichowa i in. 2007]:

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

Zaleca się, aby działania renaturyzacyjne wprowadzać etapowo, np.:

- częściowe lub całkowite usunięcie świerka/sosny (ścięte drzewa można użyć do wypełnienia rowów przeznaczonych do likwidacji, część drzew można uśmiercić, jako stojące, przez obrączkowanie);
- powiększanie luk w drzewostanach otaczających chronione torfowiska w celu dopuszczenia światła do niższych warstw roślinności;

- stopniowe podpiętrzanie wody w dwóch kolejnych latach i ewentualne korekty w projekcie (zaleca się przyjąć zasadę, że w trzech kolejnych latach nie może dojść do zmiany poziomu zwierciadła wody o więcej niż 1 m) (rys. 23);
- inicjowanie zamulania, zarastania i meandrowania w celu wydłużenia cieku i spowolnienia ruchu wody;



Rys. 23. Stopniowe podpiętrzanie wody na mokradle w ramach renaturyzacji prowadzonej przez Klub Przyrodników w rezerwacie „Jeziorka Chrościckie" (rys. P. Włodarczyk, na podstawie: Herbichowa i in. [2007])

Do oceny skuteczności prowadzonych działań ochronnych niezbędny jest kompleksowy monitoring stanu mokradeł obejmujący zwłaszcza obserwację stosunków wodnych i roślinności. Szczególnie istotna jest obserwacja poziomu wody i jej parametrów, takich jak: odczyn, przewodnictwo elektryczne, temperatura, gdyż daje to niezbędne tło przy dokonywaniu oceny kierunku przemian roślinności. W praktyce stosuje się sieć odpowiednio rozmieszczonych piezometrów (liczba zależna od wielkości obiektu) i rejestratorów zapisujących w sposób ciągły zmiany poziomu wody. Zaleca się rozpoczęcie monitoringu przynajmniej rok przed podjęciem działań. Odpowiednio wcześnie prowadzone obserwacje są bardzo pomocne przy podejmowaniu decyzji dotyczących doboru odpowiednich metod i technik działań. W określonych celach ochrony, w przypadku cieków i rowów na mokradłach, należy także uwzględnić potrzebę migracji i rozprzestrzeniania 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 działania powinny 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 ma miejsce często na odwodnionych torfowiskach, np. powierzchnia torfowiska w pobliżu rowów melioracyjnych ulega większemu osiadaniu, a w innych miejscach prawidłowo rozwijają się mchy torfowce. W ramach inwentaryzacji należy identyfikować takie miejsca, aby w miarę możliwości odpowiednio dobierać metody działania dla określonych stref. Zazwyczaj przyjęcie jednej reguły dla całego, zwłaszcza dużego, obszaru nie jest celowe, lecz przy dużej mozaikowatości siedlisk może być nieuniknione. Tym bardziej, co podkreślono powyżej, powolne wprowadzanie działań ochrony czynnej i obserwacja zmian są ważną zasadą postępowania.

Niestety, **część torfowisk uległa daleko posuniętej lub całkowitej degradacji**. Takie obszary dotykają zazwyczaj następujące problemy:

- stały, niski poziom wód gruntowych, opadający poniżej 1 m pod powierzchnią terenu;
- silnie zmineralizowana, głęboka warstwa murszu;
- zbiorowiska roślinności zastępczej rozwijające się w wyniku eutrofizacji siedliska, zdominowane przez pokrzywę czy mozgę trzcinowatą.

Zazwyczaj renaturyzacja takich obszarów jest bardzo trudna, jednak mogą one zostać powtórnie zabagnione w celu zwiększenia retencji wodnej.

W przypadku torfowisk znacznie łatwiej prowadzić skuteczne działania ochronne, gdy stopień jego degradacji nie jest silny. W Lasach Państwowych podejmowane są próby odtworzenia całkowicie zdegradowanych obszarów torfowisk. Przykładowo, na Czarnym Torfowisku w Nadleśnictwie Lębork zastosowano eksperymentalne metody usunięcia warstwy murszu i transplantacji mchów torfowców. Taką decyzję, uzgodnioną z RDOŚ, podjęto, gdyż w ciągu 20 lat od zakończenia gospodarczej eksploatacji torfu nie nastąpiła naturalna regeneracja roślinności torfowiskowej. Dopiero na odpowiednio przygotowanym podłożu wprowadzone mchy torfowce zaczęły przyrastać.

Ponadto, w celu ochrony różnego typu mokradeł, a szczególnie torfowisk i zbiorników wodnych, z gospodarki leśnej powinna zostać wyłączona strefa buforowa dojrzałego drzewostanu, tworząca bezpieczną strefę przejścia pomiędzy dwoma typami środowisk. Nieużytkowane pasy drzewostanu powinny mieć szerokość około 30–50 m.

Szczegółowe rekomendacje i dobre praktyki dotyczące metod ponownego uwodnienia osuszonych torfowisk celem poprawy retencji wody zostaną opracowane w ramach niniejszych Projektów i opublikowane jako uzupełnienie niniejszego *Podręcznika*.

1.2.1. Elementy konstrukcyjne w przywracaniu funkcji obszarom mokradłowym

Wśród urządzeń i budowli wodnych, które mogą pomóc w przywracaniu funkcji obszarom mokradłowym, można wyróżnić:

- zastawki, jazy, progi, stopnie i inne przetamowania;
- zablokowanie odpływu z systemów drenażowych;
- zasypywanie (całkowite lub częściowe) rowów melioracyjnych;
- budowa opóźniaczy odpływu na rowach;
- doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych;
- meandryzacja cieków, bystrza, unaturalnienie rowów oraz odtwarzanie terenów zalewowych.

Należy podkreślić, że trwałość i skuteczność rozwiązań konstrukcyjnych (zastawki, progi itp.) można w większości przypadków wspierać prostym w realizacji działaniem nieinwestycyjnym, jakim jest zasypywanie rowów melioracyjnych.

Budowa zastawek, progów, stopni i innych przetamowań

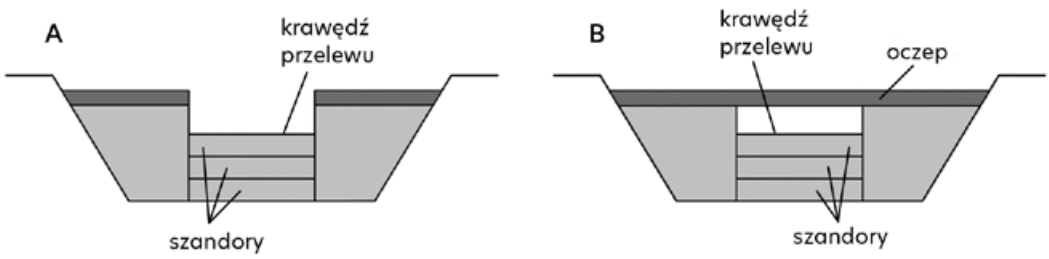
Zastawki i jazy

Zastawki to proste budowle hydrotechniczne, które zatrzymują wodę, kontrolują poziom wody i przepływu. Zmiana (regulacja) poziomu wody odbywa się przez ujmowanie lub dokładanie szandorów albo za pomocą urządzenia mechanicznego (zasuwy). Próg zastawki często jest wykonywany na poziomie dna cieku, aby okresowo, kiedy jest to wymagane, urządzenie nie piętrzyło wody. Zastawki mają zastosowanie do niskich piętrzeń w celu okresowego odwodnienia lub nawodnienia gruntów. Powodują zwiększenie retencji glebowej. Przeciwdziałają trwałemu obniżaniu się wody w przyległym terenie.

Jazy to piętrzące budowle hydrotechniczne, które pod względem możliwości regulowania przepływu przez budowle i poziomu zwierciadeł wody można podzielić na: stałe (bez zamknięć) lub ruchome (z zamknięciami). Zamknięcia jazów ruchomych mogą być różnego typu: zasuwy, 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. 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 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 uszkadzane 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 (oczep spinający konstrukcję) z dwóch stron (niekolidujące z manewrowaniem szandorami) wzmacniające konstrukcję przeciw czołowemu naporowi wody. Rysunek 24B obrazuje takie rozwiązanie.

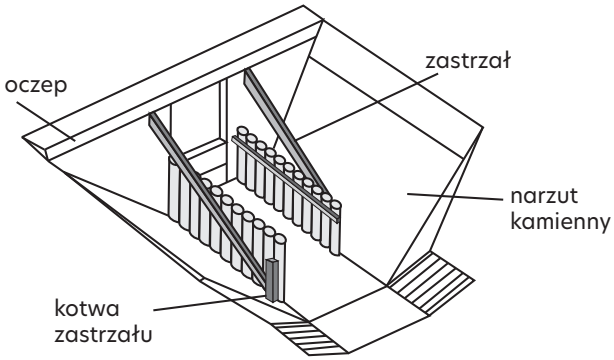


Rys. 24. Zastawka bez wzmocnienia (A) i z oczepem spinającym (B) (rys. L. Książek)

Takie wzmocnienie oczepem będzie m.in. ograniczać wyginanie się zastawki (fot. 31).

Fot. 31. Nawet małe zastawki wymagają wzmocnienia przyczółków w celu przeciwdziałania parciu wody (archiwum CKPŚ)

W przypadku budowy zastawek/ścianek szczelnych na torfowiskach 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 słabo przepuszczalnych. 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 na to, by woda przelewająca się przez zastawkę nie podmyła miejsca styku zastrzału z gruntem (rys. 25). Można też, przynajmniej częściowo, ubezpieczyć od strony wody dolnej ścianki szczelne narzutem kamiennym i/lub palisadą wbitą w dno wzdłuż cieku, zabezpieczającą jednocześnie zastrzał przed podmyciem. Rysunek 25 i fotografia 32 pokazują wszystkie rodzaje omawianych wzmocnień zastawki.



Rys. 25. Przykład konstrukcji zastawki (rys. L. Książek)

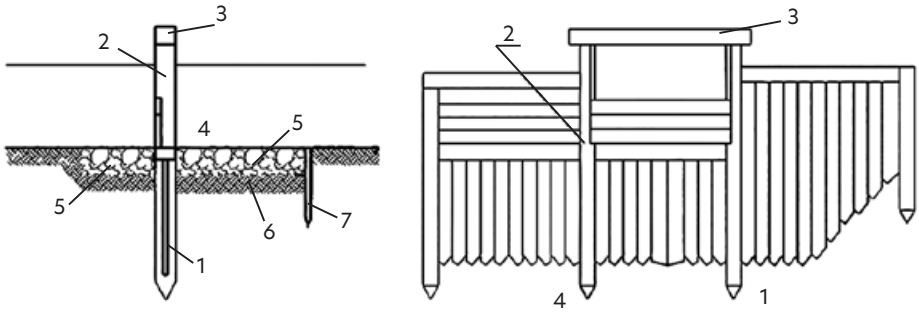
Fot. 32. Wzmocnienia wykorzystane przy budowie zastawki w Nadleśnictwie Oława (fot. K. Jata, 2023)

Poniżej podano przykłady innych rozwiązań spotykanych w literaturze.

Zastawka drewniana wg Żbikowskiego [1969]

Opis zalecanych rozwiązań

Konstrukcje z drewnianej ścianki szczelnej. Pale środkowe połączone oczepem, przy większych piętrzeniach podparte zastrzałami. 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 – oczep
4 – kaptur ścianki szczelnej (próg)
5 – narzut kamienny
6 – materac faszynowy
7 – palisada z okrąglaków

Rys. 26. Zastawka stosowana do małych piętrzeń [Biedroń 2018, na podstawie: Żbikowski 1969]

Uwagi

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

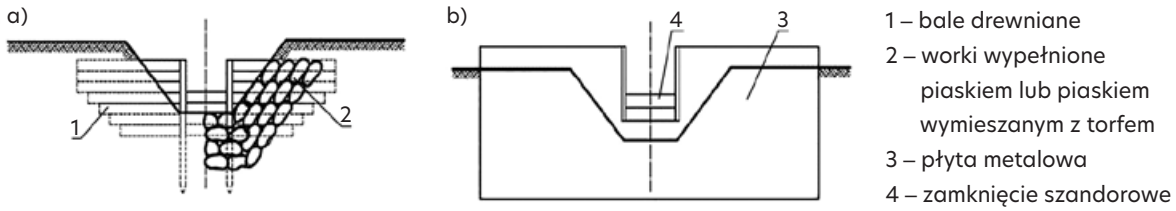
Efekty w środowisku

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.



Rys. 27. Zastawki z bali drewnianych (a) i z płyty metalowej (b) [Biedroń 2018, na podstawie: Mioduszewski 2003]

Przykłady realizacji

Fot. 33. i **Fot. 34.** 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, jak i ograniczenia filtracji wody poniżej i obok przegrody – do stosowania na rowach.

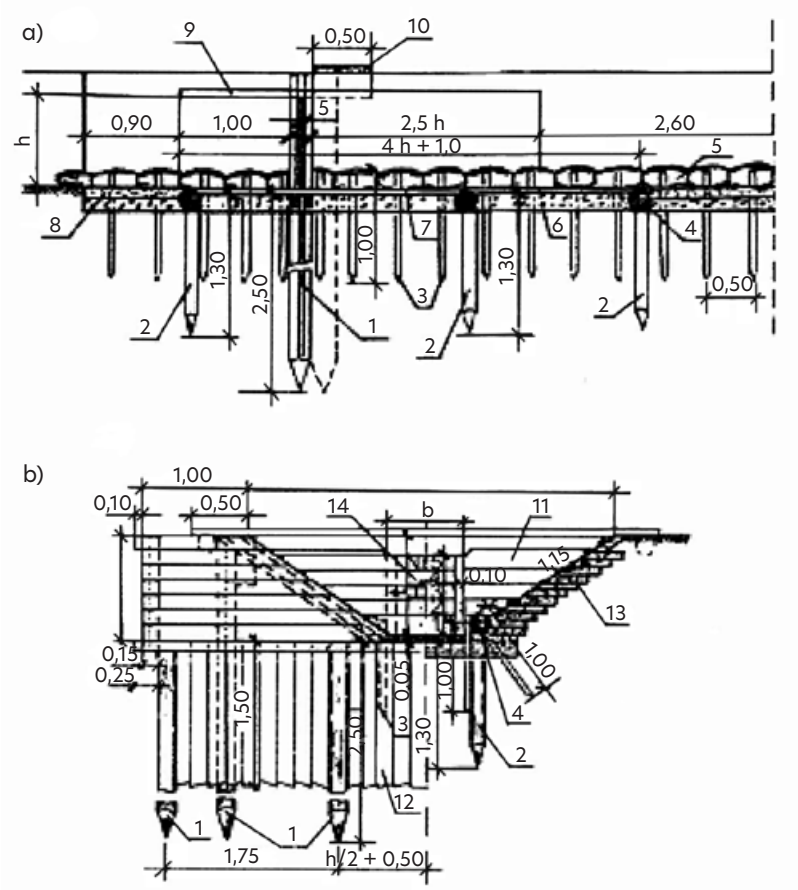
Efekty w środowisku

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

Zastawka drewniana wg Jędryki [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 0,8 m, 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 – okrąglak
5 – kiszka faszynowa
6 – glina z piaskiem
7 – „podłoga" drewniana
8 – faszyna
9 – dylina drewniana
10 – kładka
11 – przyczółek
12 – ścianka szczelna
13 – darnina
14 – szandor z belek pionowych

Rys. 28. 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.

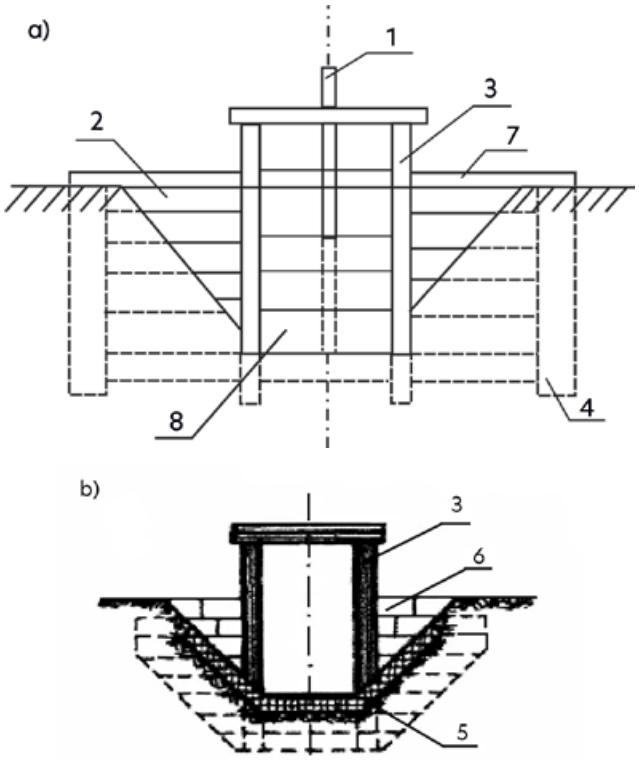
Efekty w środowisku

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 (zob. także: Zastawki).



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

Rys. 29. Jazy zastawkowe stosowane na małych ciekach: a) z bali poziomych, b) ze ścianki kamiennej [Żbikowski 1961]

Przykłady realizacji

Fot. 35. Jaz zastawkowy z kilkoma przęsłami 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 przęsłami), 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 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 z reguły nie więcej niż 0,5 m (fot. 36). W przypadku gdy korona progu pokrywa się z dnem, taki próg nazywa się gurtem.

Próg (z 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 cieku, a co za tym idzie – zasięgu cofki.

Progi stosowane są m.in. w celu przeciwdziałania trwałemu obniżaniu się poziomu wody w terenie, uzyskania retencji korytowej, renaturyzacji obszarów mokradłowych, zaś gurty w celu utrwalenia dna cieku lub rowu. Przyjmuje się, że zabudowę progami można stosować na ciekach o spadkach mniejszych niż 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 w 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 nie ma możliwości realizowania w Projekcie tego typu barier.

Stopień to budowla stanowiąca obudowę dna w miejscu jego uskoku. Jego cechą charakterystyczną jest zawsze różnica rzędnych dna poniżej i powyżej budowli. Stopnie 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.

Zabiegi renaturyzacyjne na obszarach mokradłowych charakteryzują się oddziaływaniem na rozległy teren. Muszą to być zatem rozwiązania kompleksowe, prawidłowo 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.

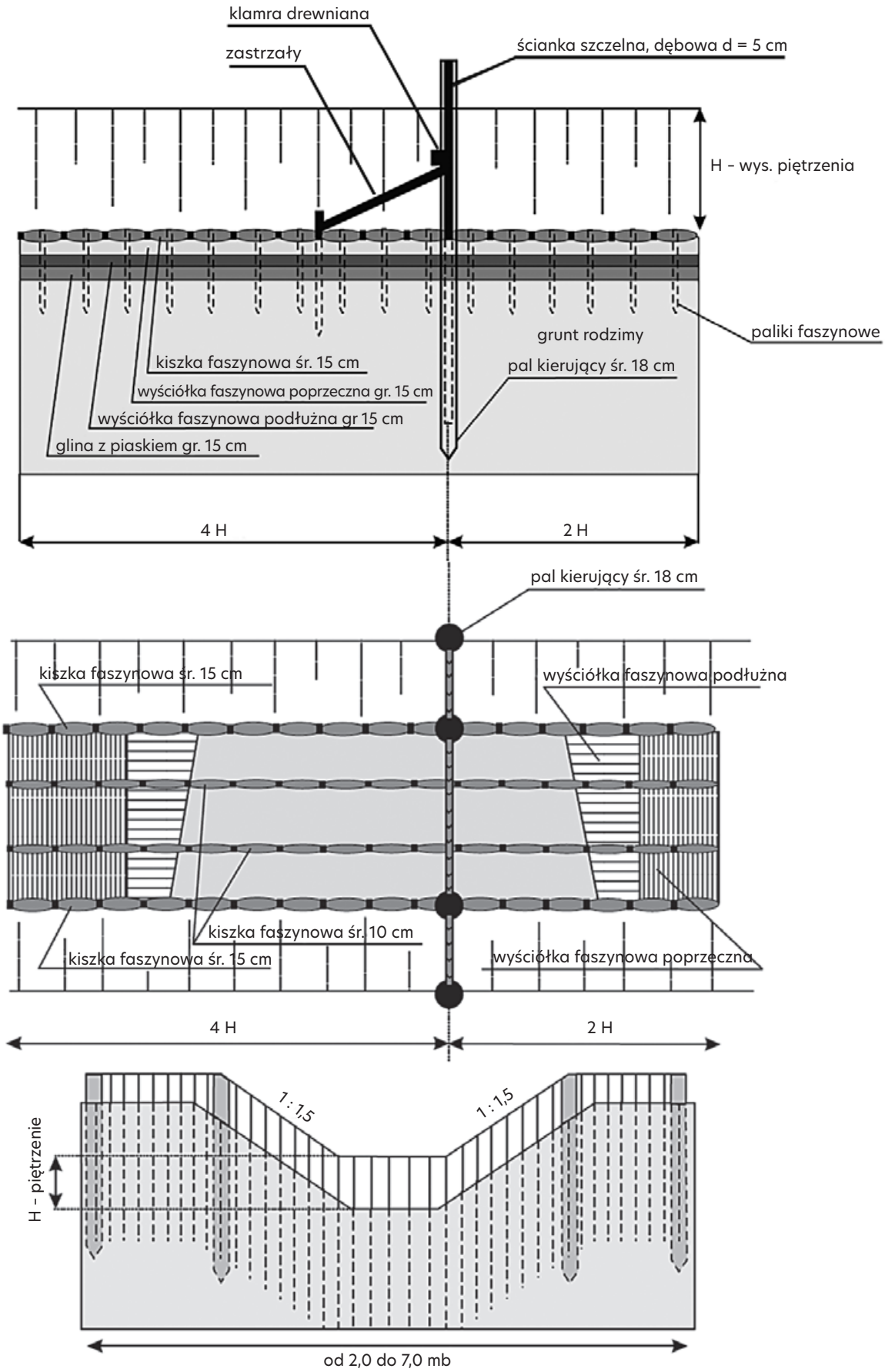
W renaturyzacji obszarów mokradłowych często wybieranymi rozwiązaniami są progi, stopnie i bystrza zamiast zastawek. Rozwiązania te mają swoje zalety wynikające z bezobsługowości i solidności konstrukcji oraz odporności na wandalizm. Nie ma również konieczności regulowania poziomu wody. Stosowane mogą być one przede wszystkim w terenie, gdzie oczekiwane jest uzyskanie relatywnie stabilnych stosunków wodnych, a preferowany poziom wód jest łatwy do określenia. Jednak w niektórych sytuacjach stały poziom piętrzenia może być niewystarczający, zaleca się więc stosowanie rozwiązań mieszanych, z zastawkami. Niezależnie od wymogów Projektu, w przypadku cieków naturalnych lub rowów, którymi mogą migrować ryby, budowle piętrzące o stałym poziomie piętrzenia powinny mieć postać bystrzy.

Fot. 36. Widoczna erozja dna i skarp prowadząca do osłabienia konstrukcji oraz wygięcia progu pod naporem wody, Nadleśnictwo Łagów (archiwum CKPŚ)

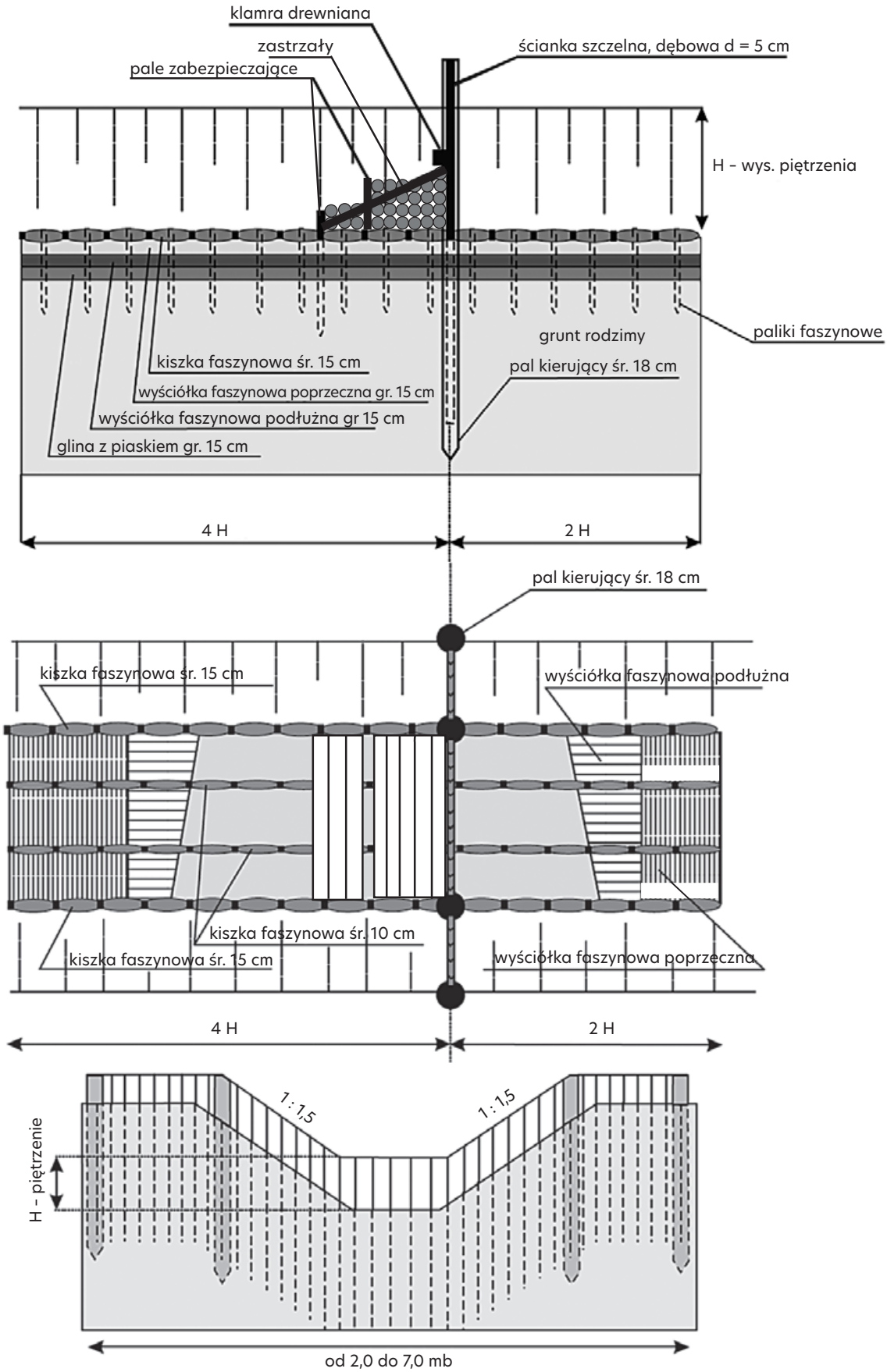
Konstrukcja progu, podobnie jak w przypadku zastawki, może być wzmocniona oczepem i zastarzałem (koniecznie oparte na pionowym paliku). Jednak podstawowym elementem wzmocnienia stateczności konstrukcji progu jest solidne podparcie go od strony wody dolnej (rys. 30, 31).

Na fotografii 37 przedstawiono inne rozwiązanie, oparte na jednej, solidnie ubezpieczonej ściance szczelnej. Ścianka szczelna ubezpieczona jest narzutem kamiennym i palisadą utrzymującą całą konstrukcję wypełnioną w środku ziemią, zarówno od strony wody dolnej, jak i górnej.

Ze względów omówionych powyżej (trwałość i bezpieczeństwo budowli) oraz w celu ułatwienia migracji organizmom wodnym polecanym rozwiązaniem jest podpieranie progów łagodnym bystrzem. Budowa bystrzy wydaje się najtrwalszym rozwiązaniem tego typu. Jednak również bystrza trzeba konserwować, gdyż zarastają roślinnością, w tym siewkami drzew, zmieniając warunki przepływu wody (fot. 38).



Rys. 30. Prosta przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej jedynie zastrzałami [Pawlaczyk i in. 2005]



Rys. 31. Przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej zastrzałami oraz dodatkowymi palami i okrąglakami [Pawlaczyk i in. 2005]

Fot. 37. Prawidłowo ubezpieczone stanowisko górne i dolne progu z pojedynczą ścianką szczelną, Nadleśnictwo Strzyżów (archiwum CKPŚ)

Fot. 38. Piętrzenie stałe – ścianka szczelna podparta bystrzem w Nadleśnictwie Maskulińskie, 2015 (archiwum CKPŚ)

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 likwidacji rowu wskazane jest odcinkowe (częściowe) jego zasypywanie (jako najskuteczniejsza metoda) zamiast stosowania progów na równi z poziomem przy-

ległego gruntu. W ten sposób powstają na rowie niewielkie zbiorniki wodne (fot. 39, 40). W niektórych przypadkach (np. trudności z dowiezieniem ziemi na dany obszar) stosowane mogą być punktowo progi, wykonywane z materiałów naturalnych, w celu zainicjowania zarastania rowu. Konstrukcje te zakładane są z założeniem, że po zaniku (zamuleniu, zarośnięciu) rowu drewniana konstrukcja progu z czasem ulegnie rozkładowi.

Fot. 39. Zarastający rów odwadniający dzięki zastosowaniu przetamowań ziemno-drewnianych w Nadleśnictwie Szklarska Poręba, 2015 (archiwum CKPŚ)

Fot. 40. Próg drewniany na rowie odprowadzającym wodę wkomponowany w otoczenie przez zarastającą roślinność, Nadleśnictwo Sokołów Podlaski (archiwum CKPŚ)

Konstrukcje progowe na rowach mogą także utrwalać dno na projektowanej wysokości, mogą je także podnosić. Wówczas rzędna progu nie musi być wyższa od średniego poziomu wody przed budową. Mają one działanie przeciwerozyjne oraz przeciwdziałające trwałemu obniżeniu się poziomu wód gruntowych na przyległym terenie. Dno rowu ulega zamuleniu na górnym stanowisku progu, tworząc z czasem konstrukcję przypominającą stopień.

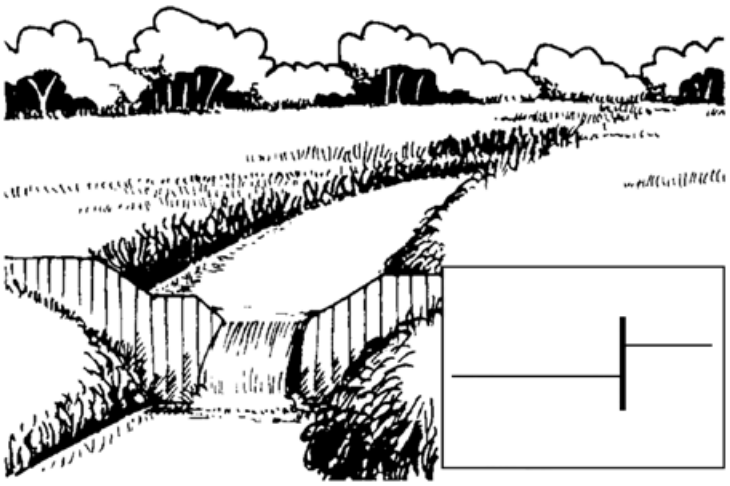
Podobne zadanie mają gurty (np. bale wkopane w dno, rząd kamieni, palisady) stabilizujące dno. Różnica w odniesieniu do progów jest taka, że gurty stosuje się zapobiegawczo, gdy poziom dna jest jeszcze prawidłowy, lecz rodzaj podłoża może ulec łatwo erozji, zaś progi w sytuacji, gdy proces erozji jest już zaawans owany.

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 znajdujący się pod nimi (konstrukcja „wisi"). Ponadto, zwarte przyleganie bali na całej długości i powierzchni uniemożliwia tworzenie się w dnie basenów z wodą, gdzie ryby pokonujące kaskadę mogłyby 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 progu może prowadzić do erozji wgłębnej na większym odcinku poniżej progu i do zwiększenia jego względnej wysokości. W takich sytuacjach możliwe jest podpieranie progów gurtami. Progi należy także wyposażać w przelewy na małą wodę.

Na poniższych rycinach i fotografiach przedstawiono przykłady innych rozwiązań opisanych w literaturze.

Próg drewniany z przelewem stosowany w projektach Klubu Przyrodników [Pawlaczyk i in. 2005]
Opis zalecanych rozwiązań
Podstawowy budulec to deski z frezem (tzw. własne pióro), o grubości 4–5 cm, szerokości 10–15 cm, długości 1,5–2 m, wbite na głębokość co najmniej 0,8–1 m. Ścianka musi byś szczelna.



Rys. 32. Prosty próg z pionowych desek z frezem [Pawlaczyk i in. 2005]

Przykład realizacji

Fot. 41. Prosta przegroda drewniana w Nadleśnictwie Różańsko, 2015 (archiwum CKPŚ)

Uwagi

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

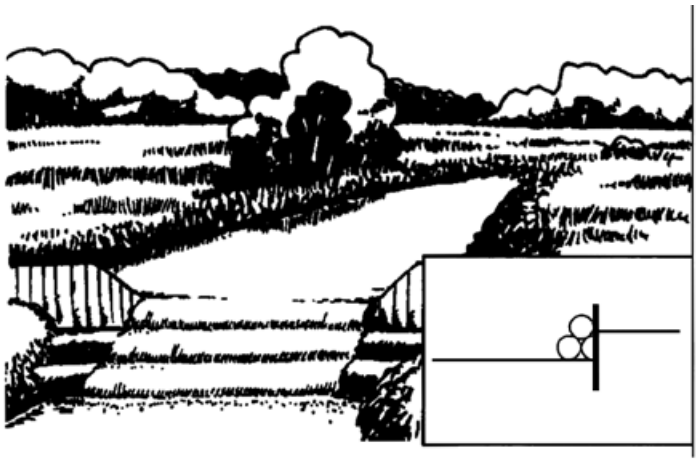
Efekty w środowisku

Piętrzenie wody w kanałach. Zwiększenie retencji glebowej. 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 stosowany w projektach Klubu Przyrodników [Jermaczek i in. 2009]

Opis zalecanych rozwiązań

Podstawowy budulec to deski z frezem (tzw. własne pióro), o grubości 4–5 cm, szerokości 10–15 cm, długości 1,5–2 m, wbite na głębokość co najmniej 0,8–1 m. Ścianka musi byś szczelna. Od wody dolnej kaskada z okrąglaków. Większe przepływy i piętrzenia ponad 0,5 m.



Rys. 33. Prosty próg z pionowych desek z frezem wzmocniony poprzecznie zamocowanymi balami [Jermaczek i in. 2009]

Uwagi

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

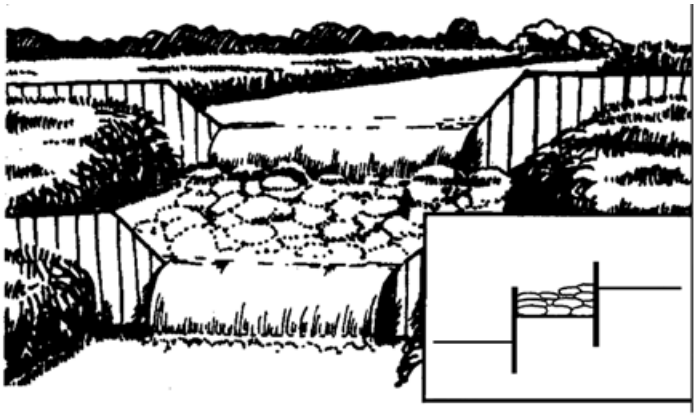
Efekty w środowisku

Piętrzenie wody na uregulowanych ciekach i kanałach. Zwiększenie retencji glebowej. 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 stosowany 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), o grubości 4–5 cm, szerokości 10–15 cm, długości 1,5–2 m, wbite na głębokość co najmniej 0,8–1 m. Pomiędzy szczelnymi ściankami ułożony jest narzut kamienny.



Rys. 34. 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.

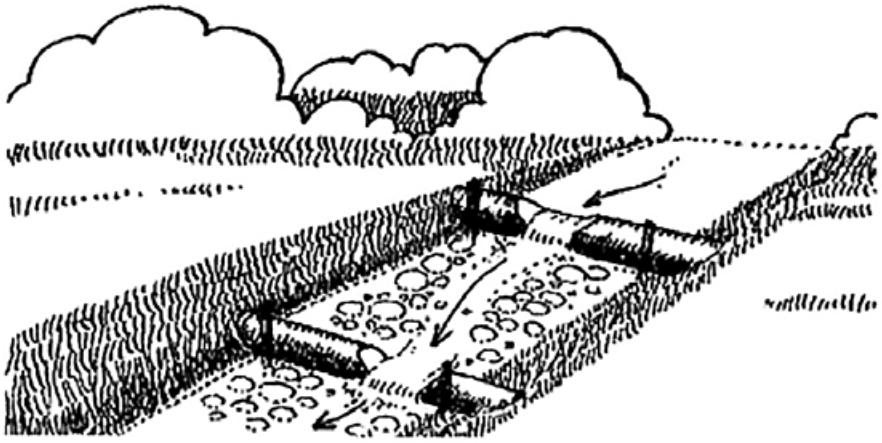
Efekty w środowisku

Piętrzenie wody na uregulowanych ciekach i kanałach. 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 okrąglaków (o średnicy 8–12 cm, 15 cm dla koryt powyżej 1 m szerokości w dnie), długości trzykrotnej szerokości rowu/cieku. Dla małych cieków można stosować deski i wiązki faszynowe. Dno umocnione faszyną lub brukiem, brzegi ubezpieczone przez płotkowanie lub darniowanie.



Rys. 35. Podwójny próg z belek z wyciętym przelewem i narzutem kamiennym [Jermaczek i in. 2009]

Przykład realizacji

Fot. 42. Próg drewniany z przelewem z okrąglaków (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.

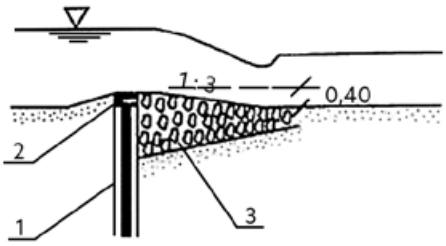
Efekty w środowisku

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

Próg ze ścianki szczelnej wg Dębskiego [1971]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rys. 36. Próg ze ścianki szczelnej [Dębski 1971]

Przykład realizacji

Fot. 43. Próg ze ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Polanów (fot. J. Smarczewski, 2021)

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2 m, szerokość dna dowolna.

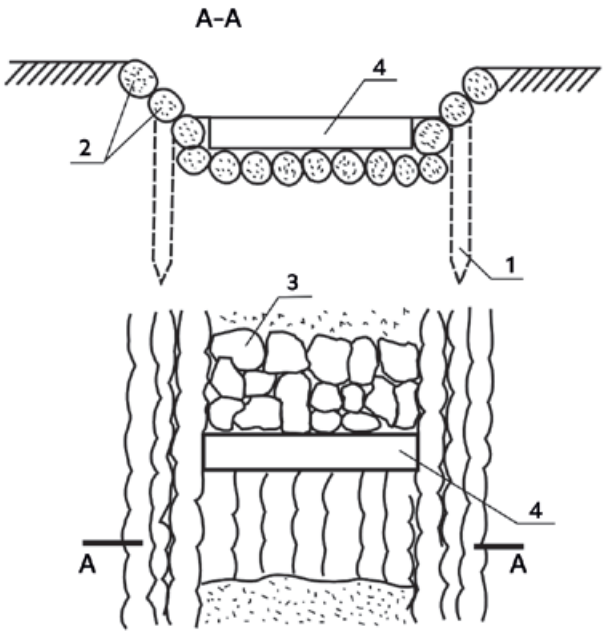
Efekty w środowisku

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

Próg drewniano-faszynowy wg Dębskiego [1971]

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Rys. 37. Próg drewniano-faszynowy o wysokości 0,3 m, szerokości 4,0 m [Dębski 1971]

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2 m, szerokość dna dowolna.

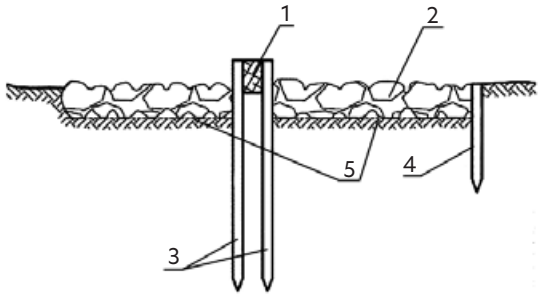
Efekty w środowisku

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 Jędryki [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

Rys. 38. Próg drewniany z wypadem kamiennym [Biedroń 2018, na podstawie: Jędryka 2006]

Przykłady zbliżonych realizacji

Fot. 44. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Okonek (fot. J. Smarczewski, 2023)

Fot. 45. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Polanów (fot. J. Smarczewski, 2021)

Uwagi

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

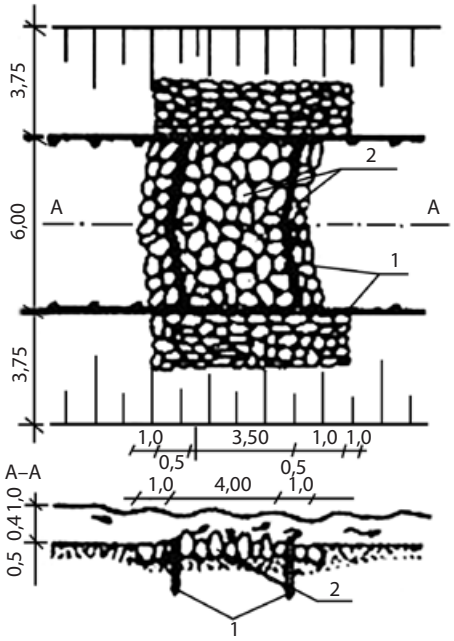
Efekty w środowisku

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

Próg kamienny wg Ślizowskiego [1990]

Opis zalecanych rozwiązań

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



1 – pal drewniany

2 – narzut z kamienia łamanego

Rys. 39. Próg kamienny [Ślizowski 1990]

Uwagi

Maksymalne piętrzenie 0,2 m, szerokość dna dowolna.

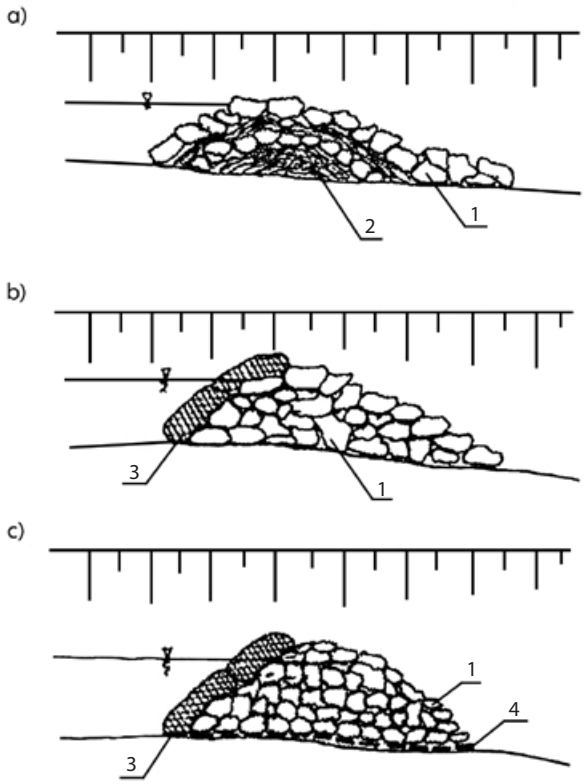
Efekty w środowisku

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

Progi kamienne wg Mioduszewskiego [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

Rys. 40. Przykłady progów z kamienia [Mioduszewski 2003]

Uwagi

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

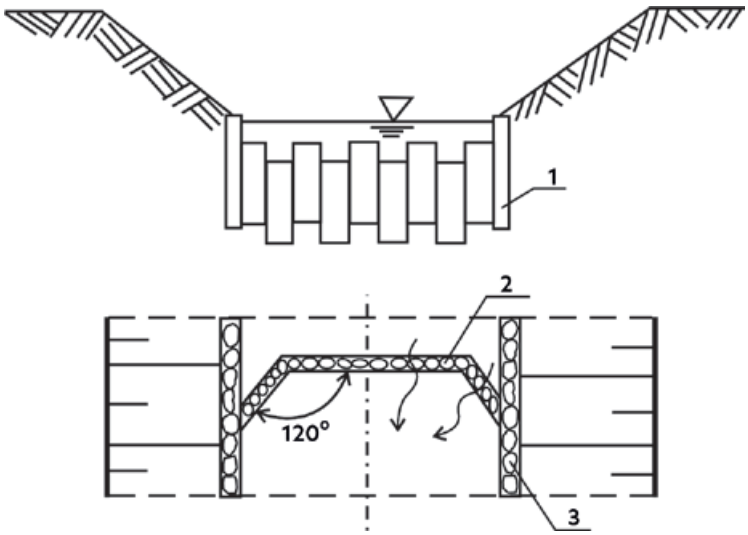
Efekty w środowisku

Proste rozwiązanie pozwalające na zmagazynowanie wody dla roślin w otoczeniu.

Palisady drewniane wg Jędryki [2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



1 – palik zabezpieczający
2 – palisada w tzw. ząbki
3 – płotek faszynowy

Rys. 41. Palisada w „ząbki" [Jędryka 2006]

Uwagi

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

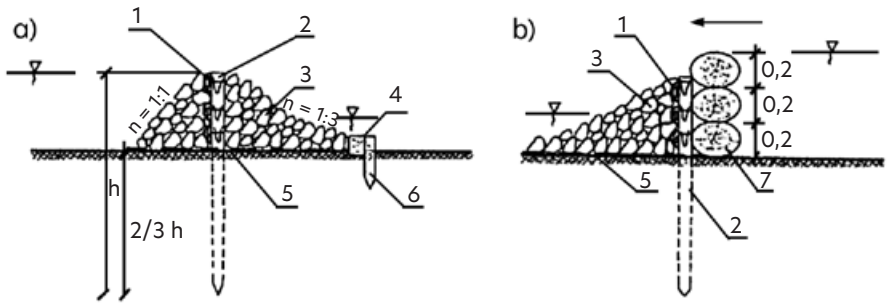
Efekty w środowisku

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 Jędryki [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

Rys. 42. Progi o konstrukcji mieszanej [Jędryka 2006]

Uwagi

Trwalsze od konstrukcji drewnianych.

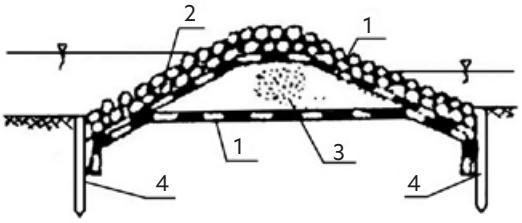
Efekty w środowisku

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

Próg kamienny wg Jędryki [2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



1 – włóknina
2 – narzut kamienny
3 – piasek, żwir, otoczaki lub pospółka
4 – palisada

Rys. 43. Próg z piasku, żwiru lub otoczaków umocnionych narzutem kamiennym na włókninie [Jędryka 2006]

Uwagi

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

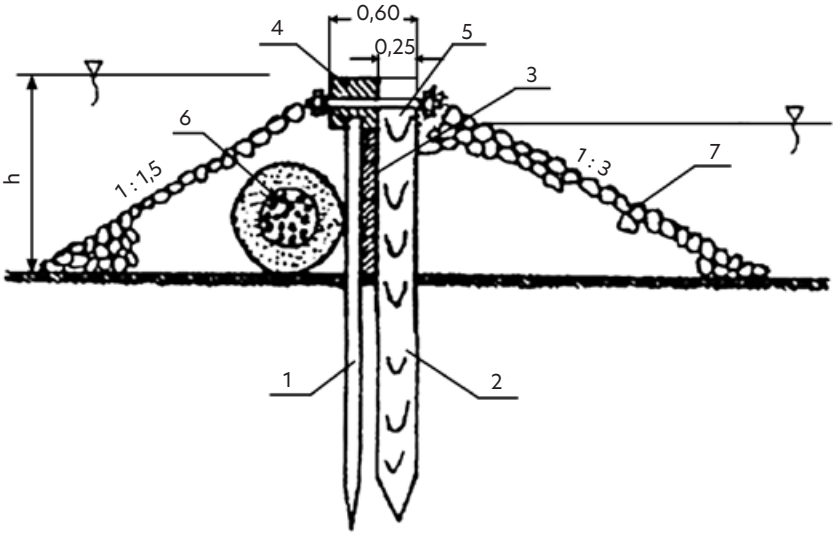
Efekty w środowisku

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

Próg z walców faszynowo-kamiennych wg Wołoszyna [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 włókniny i piasku
7 - narzut kamienny

Rys. 44. Próg z walców faszynowych i narzutu kamiennego [Wołoszyn 1974]

Uwagi

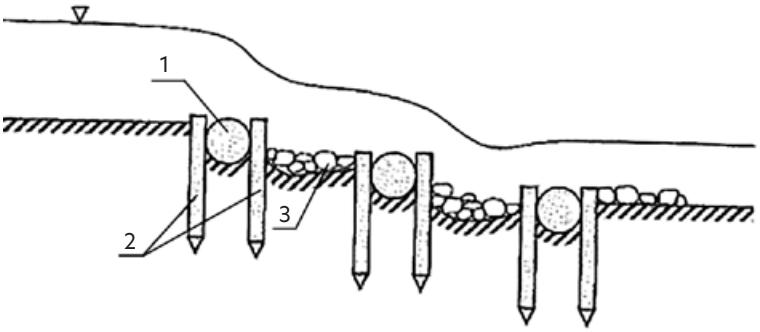
Maksymalne piętrzenie 1,5–2,0 m, szerokość dna cieku dowolna.

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 Popka [2014]

Opis zalecanych rozwiązań



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

Rys. 45. 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.

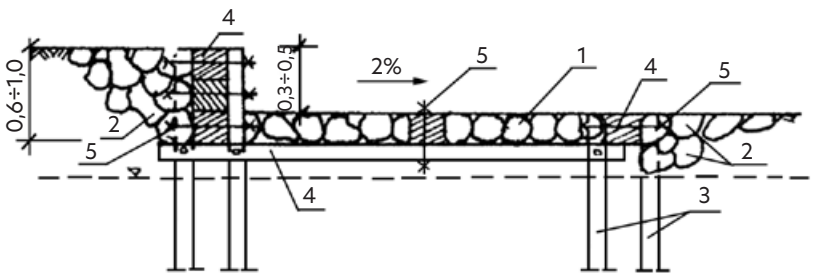
Efekty w środowisku

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 Wołoszyna i in. [1994]

Opis zalecanych rozwiązań

Szkielet budowli wykonany z drewna, korpus – z kamienia klinowanego, 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 18 x 20 cm i prostopadłe do nich 20 x 30 cm)
5 – śruba

Rys. 46. 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. Dopuszczone tylko na rowach, w których nie ma migracji ryb.

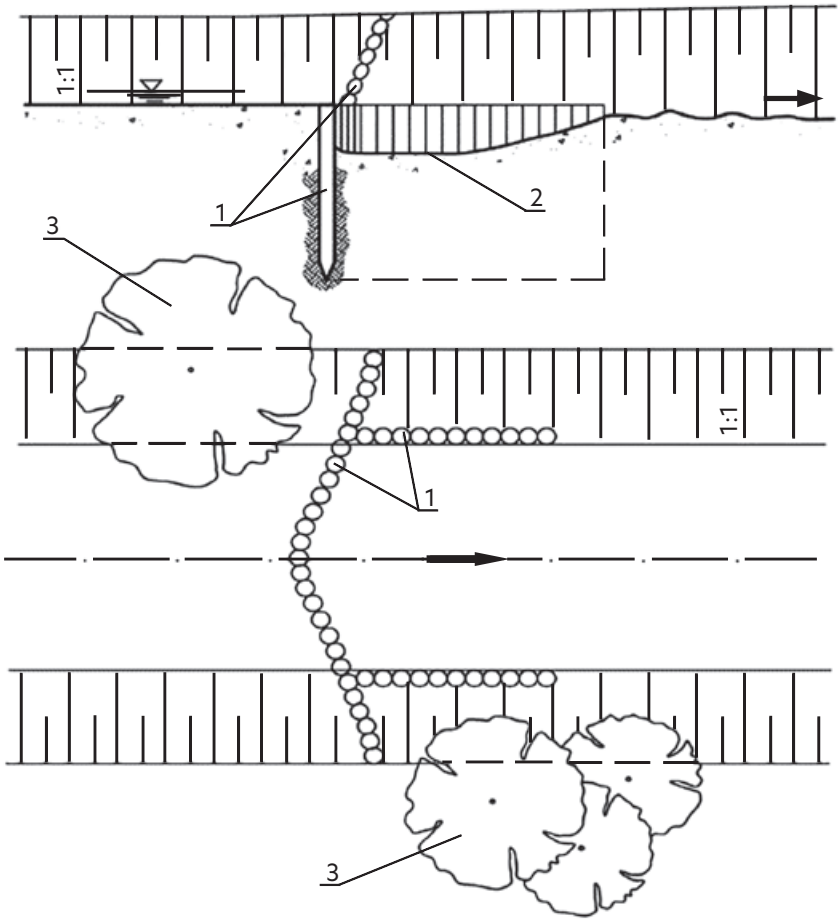
Efekty w środowisku

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

Stopień z palisad drewnianych z niecką wypadową wg Jędryki [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

Rys. 47. 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 kanałach przede wszystkim w gruntach gruboziarnistych, żwirowatych lub otoczakowych. W przypadku ryzyka dużych wezbrań należy dno w niecce wypadowej umocnić narzutem kamiennym. Dla zachowania trwałości stopnia drewno powinno być zaimpregnowane lub stale zanurzone pod wodą.

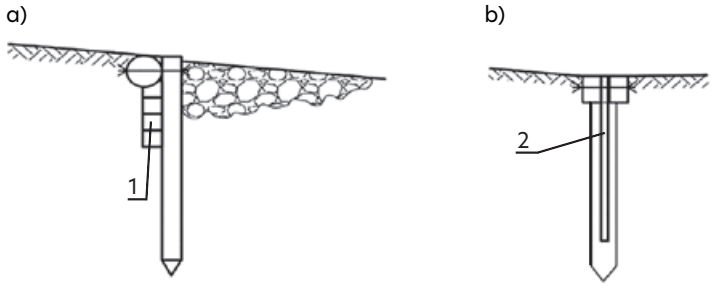
Efekty w środowisku

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

Gurty wg Wołoszyna 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 albo ochrona stosunków wodnych na terenach przyległych, albo to, że stanowią one elementy infrastruktury towarzyszącej zbiornikom bądź 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 (jak na rys. 48a)



a) gurt z jednego lub dwóch okrąglaków 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 0,15 x 0,15 m do 0,2-0,2 m

Rys. 48. Gurty [Biedroń 2018, na podstawie: Wołoszyn i in. 1994]

Przykłady realizacji

Fot. 46. Gurt z palisady osadzonej na równo z dnem (archiwum CKPŚ)

Fot. 47. Gurt ubezpieczający próg – gurt zabezpieczony narzutem kamiennym – rozwiązanie zbliżone do przedstawionego na rys. 48a (archiwum CKPŚ)

Inne rozwiązania: gurt z okrąglaków o średnicy 8–12 cm (15 cm dla cieków/rowów powyżej 1 m szerokości 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, takich jak progi, 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. Można zwiększyć wysokość piętrzenia poprzez zastosowanie ścianki szczelnej drewnianej (np. drewno dębowe na torfowiskach), umieszczonej w środku budowli.

Fot. 48. Przetamowanie ziemne (fot. E. Zając)

Fot. 49. Przetamowanie ziemno-kamienne z wykorzystaniem ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Szczytno (archiwum CKPŚ)

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.

Zamieszczone poniżej fotografie przedstawiają przykłady efektów uzyskanych po zastosowaniu prostych urządzeń piętrzących na terenach leśnych (fot. 50, 51).

Fot. 50. Efekt po wykonaniu zastawki – element dużego przedsięwzięcia realizowanego pod nazwą „Rów Oleśnicki" w Nadleśnictwie Oława (fot. K. Jata, 2023)

Fot. 51. Efekt realizacji kompleksu przetamowań w Nadleśnictwie Okonek (fot. J. Smarczewski, 2023)

Należy podkreślić, że cennymi sprzymierzeńcami w hamowaniu odpływu z rowów melioracyjnych są bobry. W podejmowanych w ramach Projektów działaniach należy szanować pracę tych zwierząt, nie niszczyć wybudowanych przez nich konstrukcji, a raczej rozważyć dowiązanie realizowanych przetamowań do istniejących tam bobrowych.

Zablokowanie odpływu z systemów drenażowych

Celem dawnych melioracji odwadniających było obniżenie trwałe lub okresowe poziomu wody w glebie. Odwodnienia w lasach przeprowadzane były głównie za pomocą rowów otwartych, rzadziej systemami drenażowymi. Istnieje jednak wiele przypadków zagospodarowania leśnego gruntów porolnych. W porównaniu z rowami zaletą rurociągów dla ówczesnych użytkowników terenu było to, że nie utrudniały komunikacji i uprawy gleby na polach, nie powodowały zmniejszania powierzchni uprawnej, praktycznie nie wymagały konserwacji i prac utrzymaniowych, ale były kosztowną inwestycją.

Na niektórych terenach leśnych można spotkać się z całymi sieciami drenarskimi, zarówno na terenach nizinnych, pogórzu, jak i na terenach typowo górskich. Powstawały one w różnych okresach i różne były metody ich wykonania. Niekiedy są to jeszcze instalacje przedwojenne, wykonane przez ówczesnych gospodarzy terenu, po których nie pozostała 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 sączek albo zbieracz. Są to elementy świadczące o tym, że na danym terenie istnieje cała sieć rurociągów prowadząca wodę do określonego odbiornika, tj. rowu melioracyjnego, cieku naturalnego lub zbiornika wodnego.

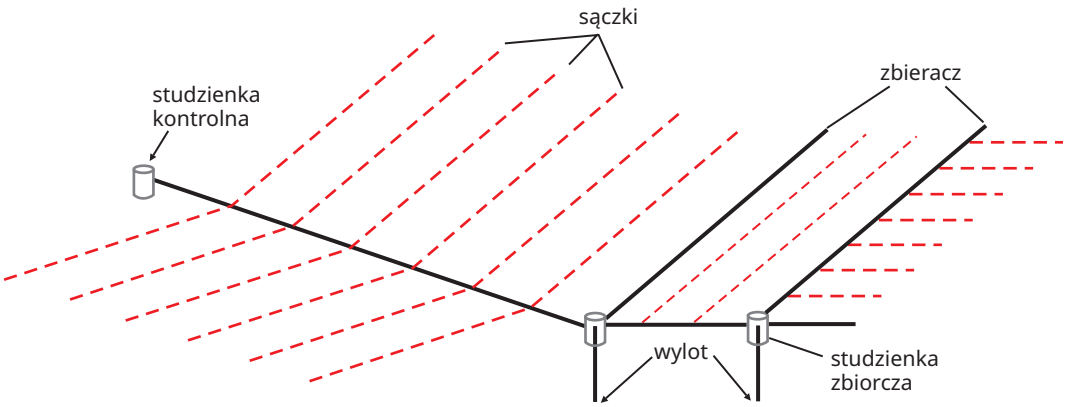
Tego typu sieci budowano zarówno w okresie przedwojennym, jak i po wojnie, głównie w celu uproduktywnienia terenów podmokłych. Rzadko kiedy sieć drenarska występuje w zwartych kompleksach leśnych, ale są i takie przypadki, np. wówczas, gdy dawniej odwonione łąki leśne uległy sukcesji.

Fot. 52. i **Fot. 53.** Przypadkowo odkryty wylot drenarski/rurociąg drenarski na terenie gruntów należących do Przedsiębiorstwa Rolno-Przemysłowego „Agromax", powiat raciborski (fot. Ł. Borek)

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

Aby zastosować skuteczne metody przeciwdziałania odwodnieniu, należy zrozumieć zasady budowy i działania systemu. Sieć drenarska składa się z rurociągów drenarskich, tzw. sączków,

o małej średnicy, i zbieraczy, o większej średnicy, a także budowli towarzyszących (studzienek, wylotów, bloków oporowych). Sączki zbierają nadmiar wody z przyległego terenu na całej swej długości i odprowadzają do zbieracza, czyli większego rurociągu, zgodnie ze spadkiem terenu. Tworzą sieć rozgałęzień zazwyczaj o równoległym przebiegu i równomiernych odległościach, co kilka lub kilkanaście metrów (rozstawa), w zależności od rodzaju użytku. Woda ze zbieracza odprowadzana jest za pomocą wylotu drenarskiego do rowu, cieku lub zbiornika (rys. 49).



Rys. 49. Przykładowy schemat sieci drenarskiej (rys. L. Książek)

Całą sieć układa się poniżej poziomu zamarzania gruntu. Rurociągi odprowadzające budowano z rur kamionkowych, betonowych, żeliwnych, żerdziowych, skrzynkowych i ceramicznych, a rurociągi odsączające – z rurek z wypalanej gliny (ceramicznych). Materiały te w coraz większym stopniu zastępowane są rurociągami z tworzyw sztucznych. Niemniej jednak stare instalacje są bardzo trwałe. Okres działania sączków drenarskich ceramicznych wynosi około 50 lat, ale są przypadki instalacji ponad 100-letnich, które nadal działają.

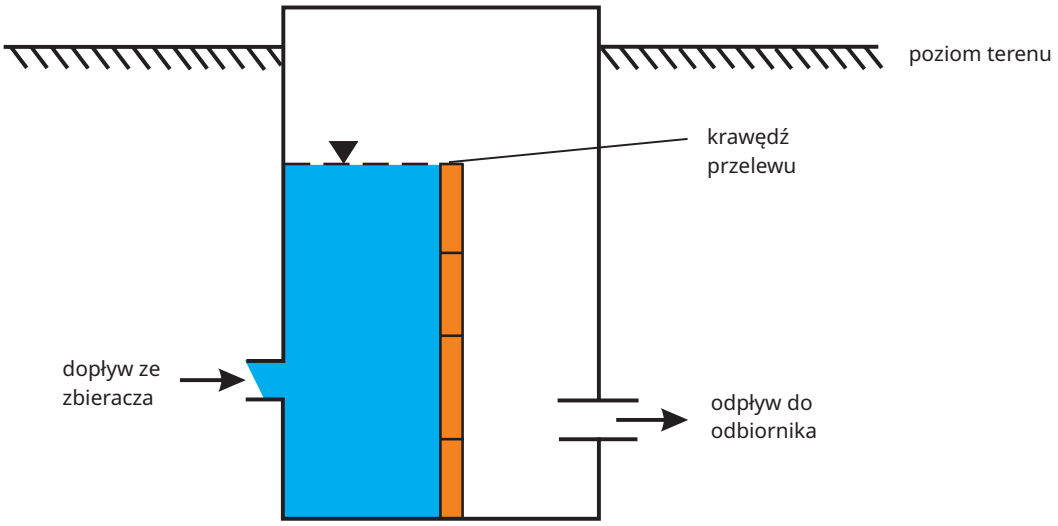
Sączki drenarskie spełniają bezpośrednią funkcję odbierania wody z gleby. W starych rozwiązaniach składają się one z ceramicznych rurek drenarskich, o średnicy 5 cm i długości 33 cm. Taki rurociąg zbiera wodę na całej swojej długości, a nie tylko na końcu. Rurki ceramiczne ułożone są na równym dnie wąskiego rowka drenarskiego czołowo i bardzo ściśle, tak aby szczeliny między nimi nie przekraczały 1,5 mm. To właśnie przez te szczeliny wnika w rurociąg odsączający woda. Powstawanie większych szczelin w rurociągu powoduje dostawanie się do niego drobnych cząstek gleby 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, żeby nie uległy one zamuleniu.

W związku z powyższym wybór metody likwidacji tego typu odwodnienia zależy od wielu czynników. Pierwszą kwestią jest posiadanie planów tego rodzaju 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 poprzez łączenie metod: kopania, poszukiwania za pomocą sondy oraz poszukiwania odpływu.

Aby nie rozkopywać zbyt dużych obszarów, można posłużyć się metodą szpilowania gruntu sondą, czyli ok. 2-metrowym prętem o średnicy 1 cm. Gdy już wiadomo, jak rozległa, gęsta i zlokalizowana jest sieć drenarska, należy podjąć decyzję o zakresie prac likwidacyjnych sieci drenar-

skich. 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 studzienkę 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 studzienki już istniejące, aby uniknąć ingerowania w rów/ciek. Schemat takiego rozwiązania przedstawia rysunek 50.



Rys. 50. Studnia piętrząca na zbieraczu przed wylotem [opracowano na podstawie: Mioduszewski [2003]

Jeżeli jednak tego rodzaju rozwiązania są niemożliwe do realizacji z jakichś względów (np. konstrukcja i stan instalacji, duże spadki terenu), należy wykopać odcinki instalacji. Teoretycznie wydawać by się mogło, że w instalacjach położnych 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, tak aby rowkiem po wykopie nie płynęła woda. Po likwidacji zbieraczy (całych lub dużych odcinków, idąc od ujścia) w gruncie pozostaje rozległa sieć sączków, które jednak nie mają dokąd odprowadzać wody, więc woda w nich pozostaje, ale jej poziom w terenie 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 nie jest on dostępny, dla pewności wykopać jeszcze dłuższy odcinek sączków.

W terenie można także spotkać tzw. drenaż francuski, oparty na kruszywie lub grubych frakcjach żwiru wsypanych w rowek, czasem owinięty w włókninę. Zasada jego likwidacji jest analogiczna, tj. wykopanie sączków z kierunków od ujścia i zastąpienie materiałem nieprzepuszczalnym.

Zasypywanie rowów melioracyjnych

Zasypywanie rowów melioracyjnych (całkowite lub częściowe) stosuje się w przypadku, gdy nie spełniają one właściwie swojej funkcji. Z reguły są to sytuacje, w których nie ma już potrzeby odwodnienia obszarów wodno-błotnych, leśnych siedlisk bagiennych i wilgotnych, ze względu na trwałe zmiany warunków wodnych obszaru lub zmianę potrzeb. Jest to działanie prowadzące do wtórnego zabagnienia i zmiany stosunków wodnych istniejących nawet od dziesięcioleci. Dlatego zawsze należy dokonać analizy, w jaki sposób działania te wpłyną na ewentualne cenne elementy przyrodnicze, które mogły wykształcić się na danym terenie. Szczegółowe wskazówki, jak realizować tego typu kompleksowe działania, zawarte są w podrozdziale „Doprowadzenie wody do osuszonych terenów mokradłowych".

Zasypanie (likwidacja) rowu
Opis zalecanych rozwiązań
Zasypanie rowów odwadniających na obszarach wodno-błotnych często okazuje się najskuteczniejszą metodą likwidacji lub ograniczenia odpływów wody. W sytuacji, gdy pozyskanie i dowiezienie ziemi do odcinkowego zasypywania rowu nie nastręcza trudności, jest to polecana metoda. W terenach rozległych i trudno dostępnych czasem możliwości dowiezienia ziemi (zalecany jest materiał rodzimy) pojawiają się dopiero po zamarznięciu gruntu. **Uwaga – ziemia używana do zasypywania rowów lub budowy przetamowań ziemnych nie może stanowić nośnika gatunków roślin niedostosowanych do tego siedliska lub inwazyjnych.**

Fot. 54. Sukcesja roślinna na zabliźniającym się rowie oraz przegrody drewniano-ziemne na różnym etapie eksploatacji (fot. J. Lasota)

Fot. 55. 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, wspierając proces zalądowiania rowu wspomagany wstawianiem płotków/progów/zastawek.

Fot. 56. i **Fot. 57.** Sukcesywnie zasypywany rumoszem drzewnym i zarastający rów odwadniający (fot. J. Lasota)

Uwagi

Rozwiązania stosowane do likwidacji rowów, które w szkodliwy sposób oddziałują na 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 (grodza ziemna) i pozostawić niektóre odcinki 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.

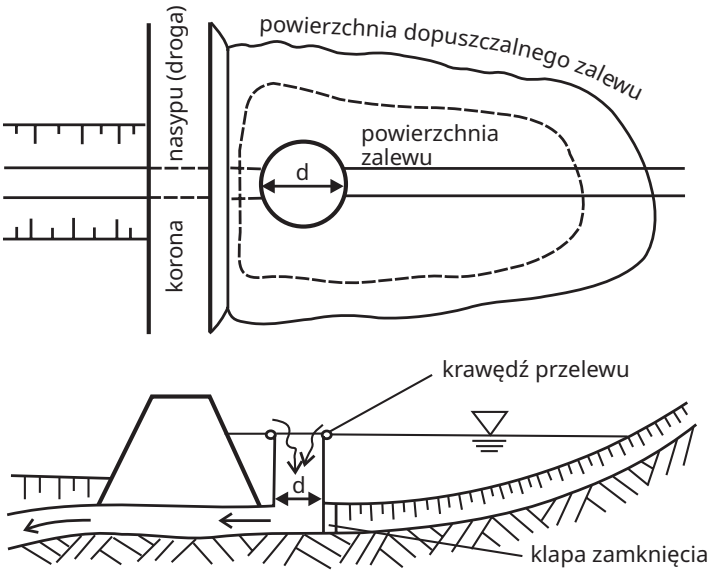
Budowa opóźniaczy odpływu na rowach

Opóźniacze odpływu
Opis zalecanych rozwiązań

Opóźniacze odpływu 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 (zdjęcie po prawej stronie).

Fot. 58. i **Fot. 59.** Opóźniacze odpływu na rowach w Nadleśnictwie Ruszów (fot. R. Majewicz)

W takich sytuacjach zalecane jest też umożliwienie okresowego rozlania się wody w niewielki zalew przed przepustem z cofką wzdłuż rowu (rys. 51). 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 prostopadłym lub rowy wzdłuż dróg. Szczególnie te ostanie tworzą na terenach nizinnych i górskich niewykorzystany potencjał retencyjny, który w ten sposób można łatwo zagospodarować.



Rys. 51. Opóźniacz odpływu, rzut z góry i przekrój podłużny [opracowano na podstawie: Paluch i in. 2005]

Efekty w środowisku
Magazynowanie wody w środowisku, zwiększanie retencji, przeciwdziałanie suszy, podniesienie poziomu wód gruntowych, gromadzenie wody z odwodnienia dróg. Zakazane jest ich stosowanie na ciekach naturalnych. Nie wpisują się w krajobraz. Mogą powodować podtapianie dróg poprzez podnoszenie poziomu wody w rowach przydrożnych.

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. Działania takie często są też uzasadnione nadrzędnym celem ochrony cennego przyrodniczo obszaru. Metody stosowane w takich przypadkach omówione zostały w kolejnych 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. Czyszczenie, odmulenie lub pogłębienie zarośniętych rowów powinno zostać ograniczone do minimum, w zakresie niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania budowli oraz technicznych wymogów na etapie wykonawstwa.

Niekiedy doprowadzenie wody do osuszonego mokradła wymaga usunięcia przeszkód, np. wału ziemnego wzdłuż cieku, powstałego na skutek składowania urobku z odmulania cieku. Tego typu działania mają na celu odtworzenie naturalnych zalewów i przywrócenie łączności rzeki z terenami mokradłowymi w dolinie.

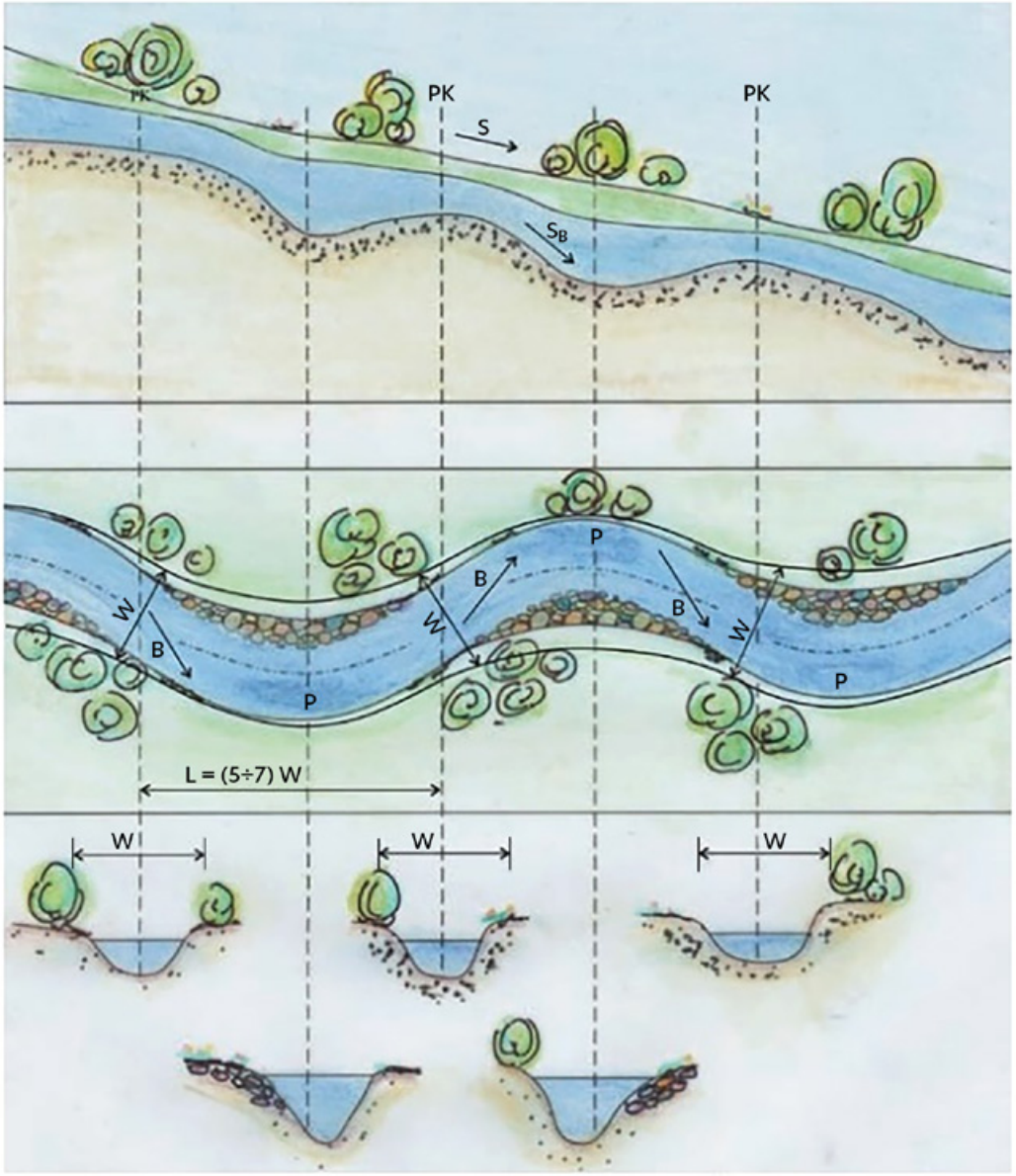
Bardzo dobrym rozwiązaniem jest również kierowanie nadmiaru wody podczas wezbrań ze zbiorników wodnych bezpośrednio do obszarów mokradłowych.

Meandryzacja cieków, unaturalnienie rowów oraz odtwarzanie terenów zalewowych

Naturalny pionowy układ koryt rzecznych: bystrze–przegłębienie (szypot–ploso)

Bystrza (szypoty, przemiały) i przegłębienia (plosa) to naturalne formy występujące w korytach cieków naturalnych, które są nierozerwalnie ze sobą powiązane, tworząc sekwencje bystrze–ploso (ang. *riffle–pool sequance*) [Lofthouse i Robert 2008, Thompson 2018]. Bystrza powstają w miejscach deponowania rumowiska i formowania się łach. W rzekach transportujących materiał grubopiaszczysty i żwirowy odległości pomiędzy poszczególnymi bystrzami i przegłębieniami wahają się od 5 do 7 szerokości koryta rzeki. Z kolei w ciekach górskich, charakteryzujących się znacznym spadkiem oraz grubym materiałem podłoża, odległość pomiędzy bystrzami zmniejsza się i wynosi od 2 do 4 szerokości koryta.

Bystrza są idealnym miejscem do składania ikry przez ryby reofilne, przegłębienia z kolei to miejsca występującego bentosu (makrobezkręgowców dennych). Dlatego w nowoczesnym kształtowaniu koryt rzecznych odtwarza się naturalne sekwencje morfologiczne dna lub dąży do ich utrzymania. Zróżnicowanie warunków hydraulicznych przepływu (napełnienie, prędkość) w korycie rzeki prowadzi do zwiększenia bioróżnorodności [Książek i in. 2020].



oznaczenia:
B – bystrze
P – przegłębienie
W – szerokość koryta
PK – przekrój kontrolny
L – długość fali meandra
S – spadek koryta
S_B – spadek bystrza

Rys. 52. Układ bystrze–przegłębienie (przemiał–ploso) w rzece o podłożu żwirowym [Bojarski i in. 2005]

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 osiągnąć w stosunkowo krótkim czasie poprzez przywracanie meandryzacji na naturalnych ciekach, które uległy wyprostowaniu na terenach nizinnych. Meandryzacja poza odtwarzaniem układu bystrze–ploso prowadzi także do wydłużenia trasy spływu wody i uzyskania mniejszego spadku hydraulicznego, a w efekcie do spowolnienia odpływu.

Nizinne kompleksy leśne i użytki ekologiczne tworzą wspaniałą rezerwę terenową, w której można dążyć do przywrócenia naturalnych meandrów cieków różnej wielkości i tworzyć zatoki zastoiskowe, miejsca okresowych wylewów, zbiorniki itp. Tego typu rozwiązania pokazane są na rysunkach 53–59. W niektórych przypadkach do otworzenia meandrów używa się ciężkiego sprzętu i po prostu przekopuje się koryto w nowy układ, by nie czekać latami na efekty samoczynnych procesów renaturyzacyjnych. W przypadku dysponowania niewielkimi środkami można ograniczyć się do wspomagania naturalnych procesów poprzez bardzo tanie metody, tj. tworzenie kamiennych ostróg, deflektorów kamiennych lub montowanie deflektorów nurtu w postaci kłód drewnianych układanych w dnie i brzegu. Na szerszych ciekach wspaniale sprawdzą się ostrogi ożywione. Ostrogi mogą być zbudowane z pni drzew, karp, otoczaków, poprzetykanych sadzonkami wierzby. Wbudowane w brzeg i dno tworzą naturalne ostoje dla organizmów wodnych, kontrolują erozję i transport rumowiska.

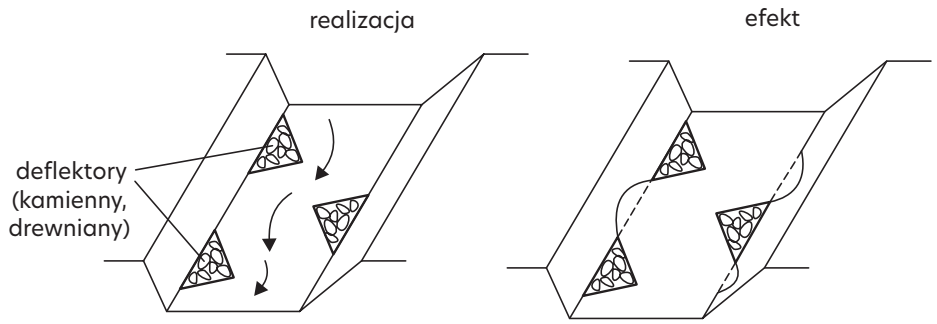
Na wyprostowanym cieku, poprzez montaż deflektora, przeciwne brzegi są dość szybko podbierane przez nurt i układ bystrze–przegłębienie odtwarza się samoczynnie, co oczywiście wymaga czasu.

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



Rys. 53. Schemat naprzemiennego rozmieszczania deflektorów/ostróg z materiałów naturalnych (rys. L. Książek)

Przykłady realizacji

Fot. 60. Deflektory nurtu drewniano-kamienne, Nadleśnictwo Piwniczna (archiwum CKPŚ)

Uwagi

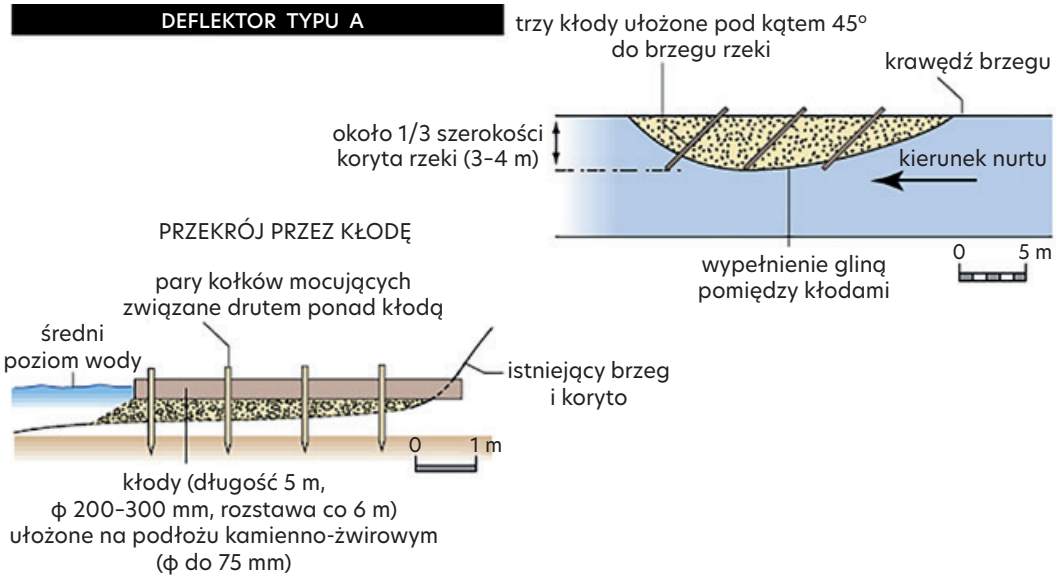
Ostrogi wykonane z drewna lub kamieni nie powinny nadmiernie koncentrować przepływu.

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



Rys. 54. Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno-żwirowym na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006]

Uwagi

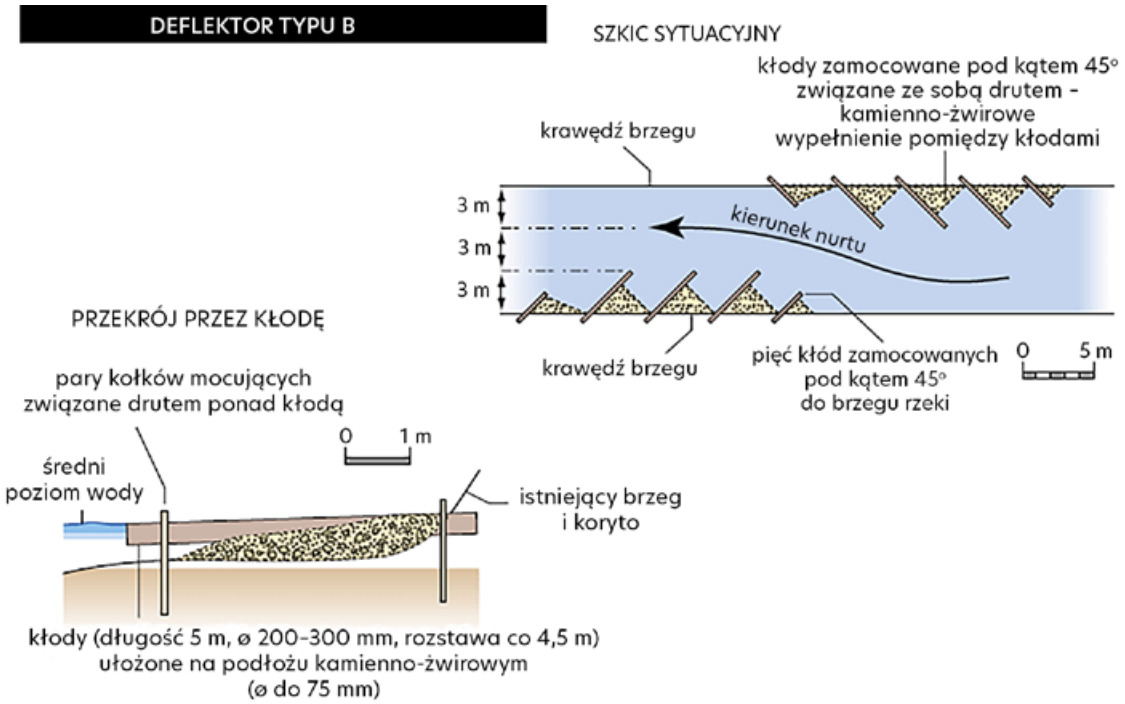
Ostrogi mogą być wykonane wyłącznie z kamienia lub samych kłód drewna.

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



Rys. 55. 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.

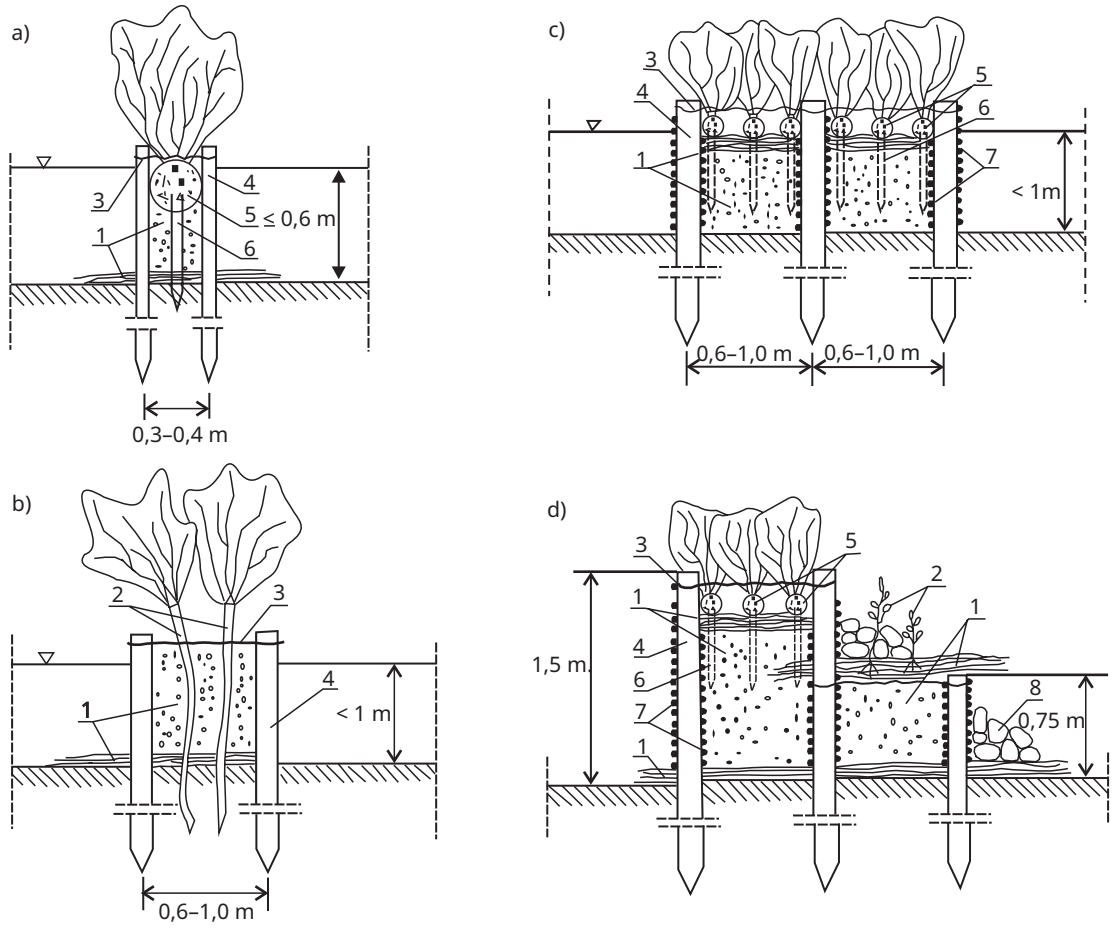
Efekty w środowisku

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 56–59.

Deflektory ożywione faszynowo-palowe wg Żelazo i Popka [2014]

Opis zalecanych rozwiązań



a) z kiszką faszynową
b) szkieletowa
c) płotek dwurzędowy
d) płotek 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 kiszka 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 – oplot płotka z gałęzi faszyny
8 – narzut kamienny

Rys. 56. Konstrukcje faszynowo-palowe [Żelazo i Popek 2014]

Uwagi

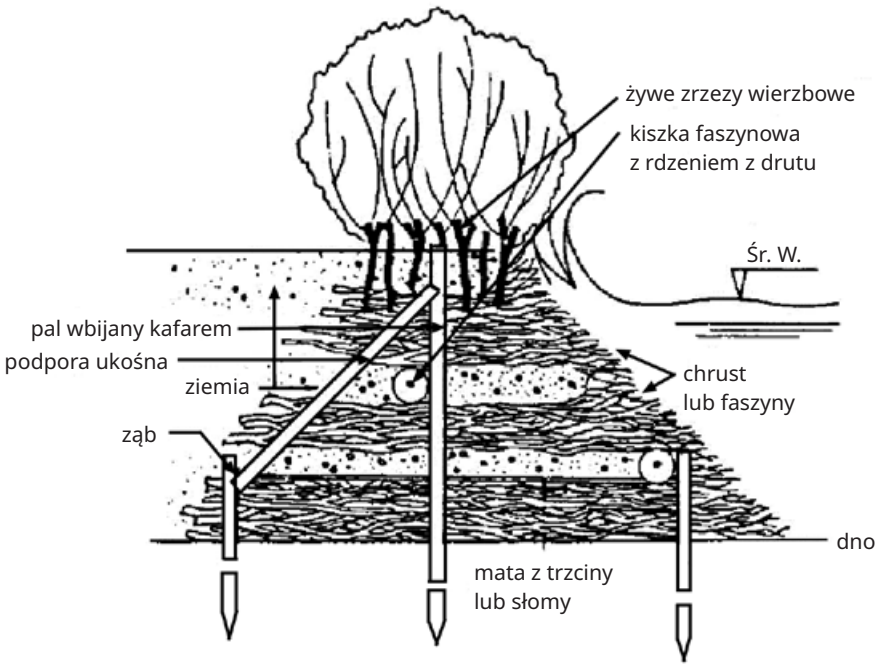
W celu poprawnego i skutecznego działania konstrukcji faszynowych należy pamiętać o zabiegach związanych z utrzymaniem i okresową konserwacją wikliny. Jednakże, jeżeli konstrukcja zostanie dobrze obsadzona i przerośnięta korzeniami wierzby, wiklina nie będzie wymagała konserwacji, a odkładające się namuły stworzą z niej rdzeń żywej ostrogi. Stosowane sadzonki i żywa faszyna powinny być dopasowane 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 elementy obce biologicznie i krajobrazowo).

Żywa ostroga faszynowa wg Begemanna i Schiechtla [1999]

Opis zalecanych rozwiązań



Rys. 57. Żywa tama faszynowa [Begemann i Schiechtl 1999]

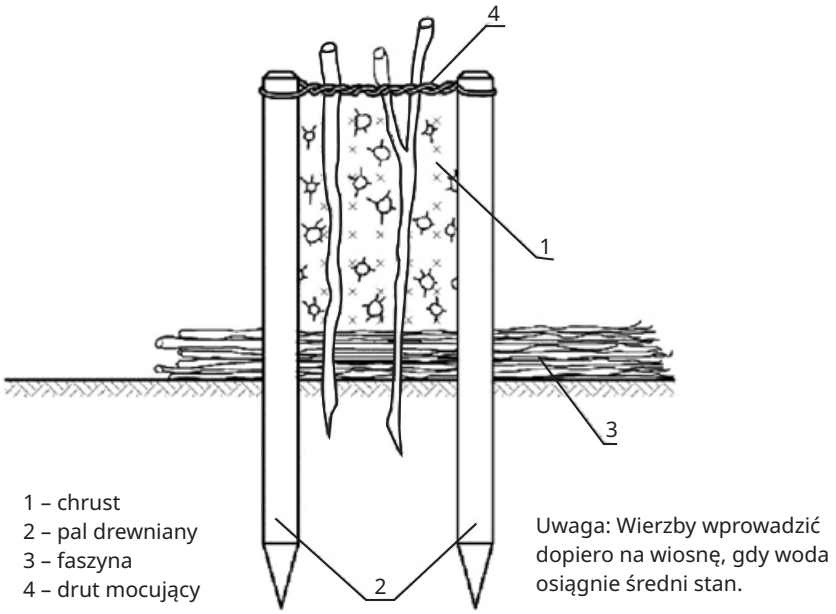
Efekty w środowisku

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

Ożywiona ostroga szkieletowa wg Begemanna i Schiechtla [1999]

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 58. Tama szkieletowa z chrustem i sadzonkami wierzbowymi [Biedroń 2018, na podstawie: Begemann i Schiechtl 1999]

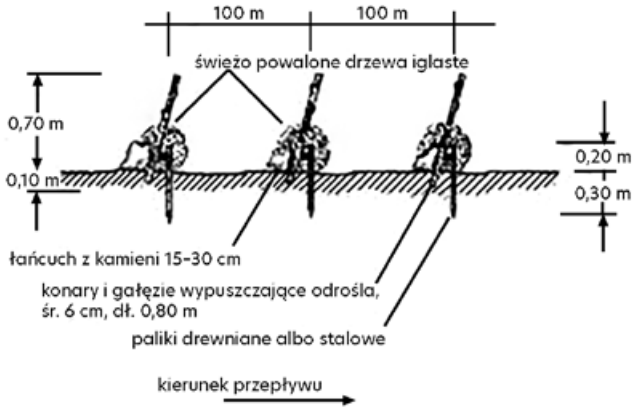
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, naturalne ostrogi.

Żywe ostrogi pośrednie wg Begemanna i Schiechtla [1999]

Opis zalecanych rozwiązań

Należy wyznaczyć dawną linię podnóża skarpy. Poczynając od rozmytego brzegu, wbija się rzędami w grunt, na głębokość 30 cm, paliki o 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 wbija się gęsto zrzezy wierzbowe. Zrzezy zabezpiecza się przed wyrwaniem za pomocą narzutu kamiennego. Do nasadzeń najlepiej użyć gatunki lokalnie występujących wierzb drzewiastych. Po naturalnym zamuleniu konstrukcji można wykonać podbudowę z olszy, sadzonej w rozstawie 1 × 1 m.



Rys. 59. i **Fot. 61.** Schemat żywych ostróg pośrednich [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

Ostrogi pośrednie służą zabezpieczeniu większych osuwisk brzegu, 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

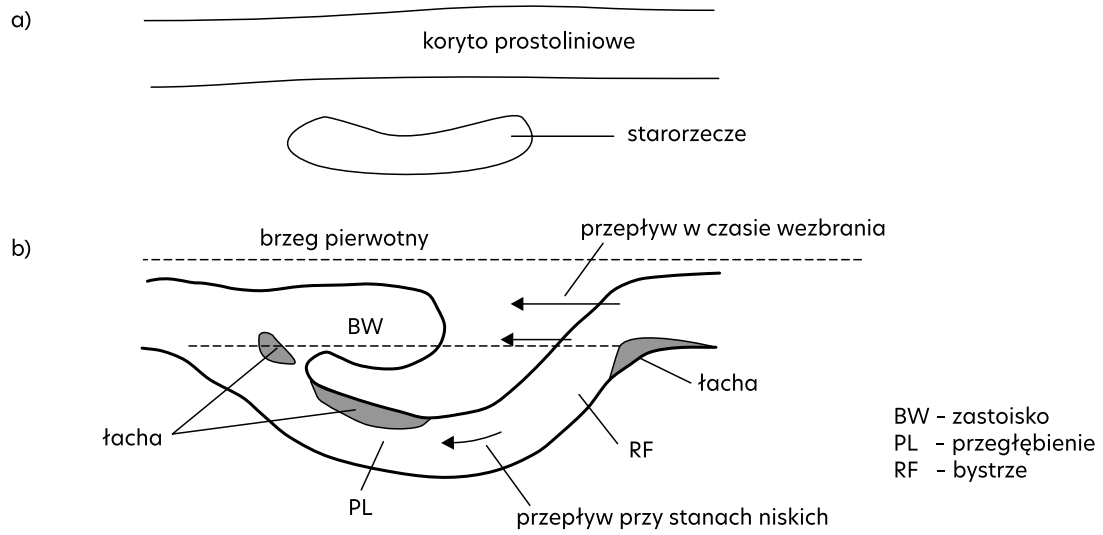
Powstają kryjówki dla ryb. Dzięki nierównomiernemu zalądowieniu powstają miejsca podmokłe i kałuże stanowiące dogodne siedliska dla płazów i innych organizmów.

Wymienione rozwiązania mogą być stosowane nie tylko jako narzędzia przywracania meandrów i odtwarzania układu bystrze–przegłębienie, ale także użyte na brzegach wklęsłych do ochrony skarp przed naporem nurtu (zob. podrozdział „Techniczno-przyrodnicze zabezpieczanie brzegów”). 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 zabiegów jest wykorzystanie prostych odcinków cieku na tworzenie zatok zastoiskowych. Na rysunkach 60 i 61 pokazano przykłady takich rozwiązań. Nawet proste tworzenie naprzemiennych zatoczek w wyprostowanym brzegu lub rozszerzeń cieku, gdzie na płyciznach porastać będzie roślinność stanowiąca cenne enklawy dla fauny wodnej, jest już działaniem korzystnym.

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

Opis zalecanych rozwiązań



Rys. 60. Odtwarzanie zatok zastoiskowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006]

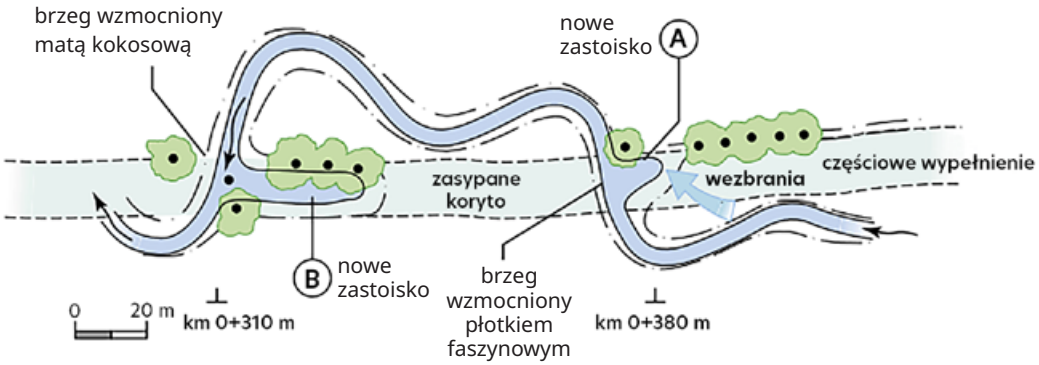
Efekty w środowisku

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.



Rys. 61. 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

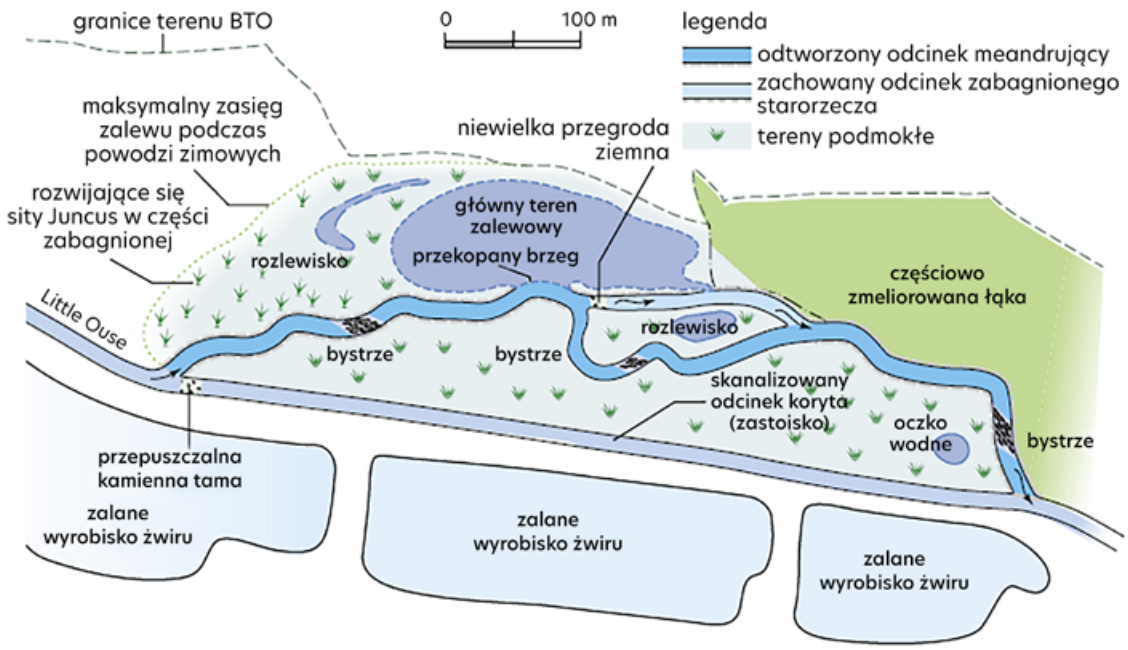
Wzbogacenie walorów ekologicznych i krajobrazowych rewitalizowanego cieku, stworzenie nowych siedlisk przy niewielkich nakładach finansowych.

Przy tworzeniu meandrów stare odcięte odcinki koryta wyprostowanego mogą być także przekształcone na samodzielne oczka wodne lub zbiorniki (rys. 60). W zależności od układu terenu przy meandryzacji można też tworzyć tereny zalewowe, co ma istotny aspekt przeciwpowodziowy i środowiskowy.

Tereny zalewowe odtworzone na rzece Little Ouse, Thetford, Anglia [Krukowski 2006]

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 62. Odtworzenia terenów zalewowych na przykładzie rzeki Little Ouse, Thetford, Anglia [Krukowski 2006]

Efekty w środowisku

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

Przedstawione działanie umożliwia odtwarzanie mokradeł na naturalnych terenach zalewowych rzek, które obecnie są odcięte od rzeki rowami. Zapewnia ono również odpowiednią przestrzeń, na którą rzeka może wylać w czasie wezbrań, co ogranicza ryzyko powodziowe na obszarach wrażliwych. Działanie dotyczy jednak dużych rzek i może być trudne do realizacji w ramach Projektów.

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej

2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej

Do szczególnie newralgicznych inwestycji należą budowle realizowane w korytach cieków naturalnych. Podejmowanie prac polegających na nowej zabudowie podłużnej cieków w ramach Projektów dopuszcza się jedynie w wyjątkowych sytuacjach, gdy z przyczyn obiektywnych nie ma możliwości implementacji innych rozwiązań, np. biologicznych (przyrodniczych) lub biotechnicznych (przyrodniczo-technicznych). W pierwszej kolejności należy wybierać rozwiązania polegające na odsunięciu głównego nurtu cieku od miejsca zagrożonego erozją (np. nasyp drogi, inne budowle lądowe). W celu odsunięcia nurtu i redukcji siły erodującej można zastosować deflektory, które rozpraszają energię i przekierowują nurt na przeciwległy brzeg.

Najczęstszą sytuacją, szczególnie w wąskich dolinach górskich, jest „konflikt o przestrzeń", na której zlokalizowana jest droga i koryto cieku. W niektórych przypadkach bardziej racjonalnym podejściem będzie zmiana trasy drogi niż cykliczne naprawy jej nasypu i finasowanie zabudowy podłużnej cieku. Realizacja zabudowy podłużnej musi być więc dobrze przemyślana, ponieważ nawet jednostronna zabudowa brzegu cieku prowadzi do jego kanalizacji i przyspieszenia odpływu. Ponadto, na 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, a w dalszym biegu zmniejsza spadek (akumuluje osady lub eroduje). Stabilizacji dna rzek można dokonać za pomocą bystrzy 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 cieku. Może się bowiem okazać, że na pewnych ciekach lub ich odcinkach z powodu odporności materiału dennego erozja nie występuje.

Przedstawione w rozdziale metody umacniania brzegów powinny być stosowane przede wszystkim w przypadku zamiany istniejącej zdekapitalizowanej infrastruktury o negatywnym odziaływaniu na środowisko, typu: mury oporowe, umocnienia brzegów z gabionów, stopnie betonowe itp. Podejmując decyzje dotyczące doboru odpowiednich umocnień, w pierwszej kolejności należy rozważyć metody biologiczne, omówione w niniejszym rozdziale, następnie metody biotechniczne, łączące zabiegi przyrodnicze i techniczne, a na końcu sięgać po rozwiązanie techniczne, o możliwie najbardziej przyrodniczo przyjaznym charakterze.

2.1.1. Zabezpieczenie skarp i brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury

Umacnianie skarp, zboczy i osuwisk narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy

Na terenach leśnych, w miejscach, gdzie nie występuje zagrożenie dla infrastruktury, np. drogowej, warto rozważyć, czy przeciwdziałanie powstawaniu osuwisk jest uzasadnione. 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 jeziorka osuwiskowe stanowią cenne siedliska przyrodnicze i ciekawy element krajobrazu.

Na skarpach i zboczach, gdzie występuje silny spływ powierzchniowy, przed przystąpieniem do żywej obudowy lub obudowy biotechnicznej należy odwodnić grunt, stosując opaskowe rowy odwadniające lub np. dreny faszynowe. Na osuwiskach, gdzie pożądane jest duże zwarcie krzewów, należy prowadzić cięcia pielęgnacyjne polegające na usuwaniu większych drzew, które zmniejszają dostęp światła. Z kolei nad osuwiskiem zaleca się tworzyć pasy zadrzewień w celu ochrony przed spływem wód powierzchniowych z terenów położonych powyżej. Rynny erozyjne należy zabezpieczać w dnie, układając w całym ich przekroju przytwierdzone palikami gałęzie drzew iglastych. Dzięki temu prostemu rozwiązaniu energia spływającej wody ulega rozproszeniu, a odkładanie się między gałęziami rumoszu stopniowo prowadzi do wypełnienia rynny. Poniżej opisano kilka umocnień stosowanych do umocnienia skarp i brzegów narażonych na erozję (rys. 63–82; fot. 62–87).

Darniowanie, mulczowanie
Opis zalecanych rozwiązań
Gęsty obsiew mieszanką traw lub pokrycie powierzchni skarpy fragmentami darni.

Fot. 62. Okładzina z płatów darniowych [Begemann i Schiechtl 1999]

Fot. 63. Warstwa długiej słomy (mulcz) z siewem na mokro (hydroobsiew) [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

Płaty darni z przerośniętą korzeniami glebą (o wymiarach 40 × 40 cm) najlepiej pozyskać z okolicznych terenów. Układa się je na wyrównanej, pokrytej warstwą humusu, powierzchni. Na stromych skarpach mocuje się je kołkami drewnianymi lub szpilkami, a do ich podtrzymania stosuje się również tyczki (fot. 62).
Standardowy obsiew traw wykonuje się, gdy warunki glebowe są dobre, tzn. powierzchnia pokryta jest warstwą próchniczną. W mniej korzystnych warunkach terenowych oraz na większych powierzchniach można zastosować mieszankę nasion, nawozów, lepiszczy i wody, którą za pomocą pompy wytryskuje się na skarpę (hydroobsiew).
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 luźno, z wieloma szczelinami. Na koniec należy skleić warstwę mulczu nietrwałym spoiwem, nieszkodliwym dla roślin.

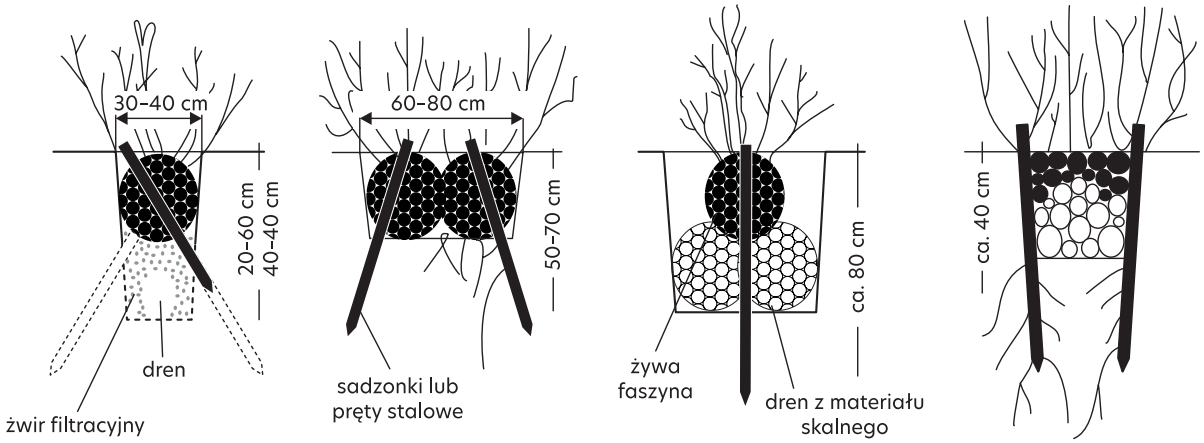
Efekty w środowisku

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. Faszynę mocuje się zrzezami wierzbowymi, kołkami drewnianymi lub szpilkami 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.



Rys. 63. Różne rodzaje drenów faszynowych [opracowano na podstawie: Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

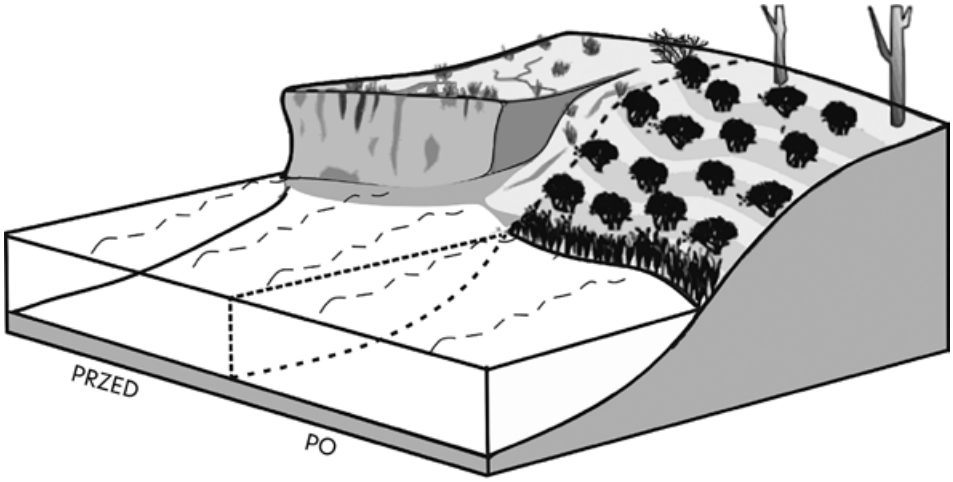
Dren faszynowy służy do odprowadzenia wody z górotworu i przygotowania skarpy do wprowadzenia dalszej zabudowy biologicznej lub biotechnicznej (zob. także „Nasyp z porostem wierzbowym” poniżej)

Efekty w środowisku

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

Stabilizacja biologiczna stromych skarp

Opis zalecanych rozwiązań



Rys. 64. 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

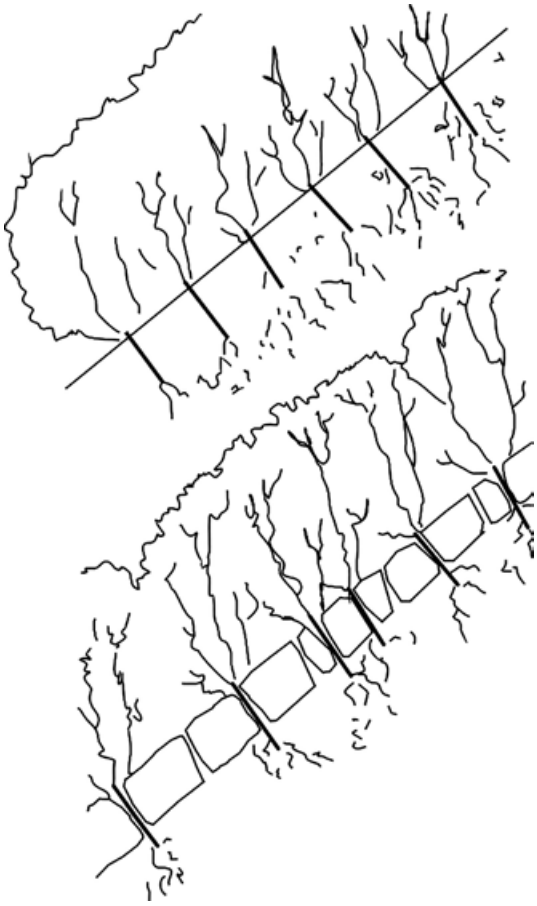
Efekty w środowisku

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 ¼ swojej długości. Zrzezy należy rozmieścić nieregularnie (nie w rzędach) w ilości 2–5 sztuk/m^2.



Rys. 65. Skarpa umocniona zrzezami wierzbowymi: a) na skarpie, b) w szczelinach bruku układanego na sucho [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

Nasadzenia stosuje się także do umacniania skarp brzegowych potoków. Zmniejszają one prędkości spływu powierzchniowego i odwadniają skarpę. 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 niezadarnionych.

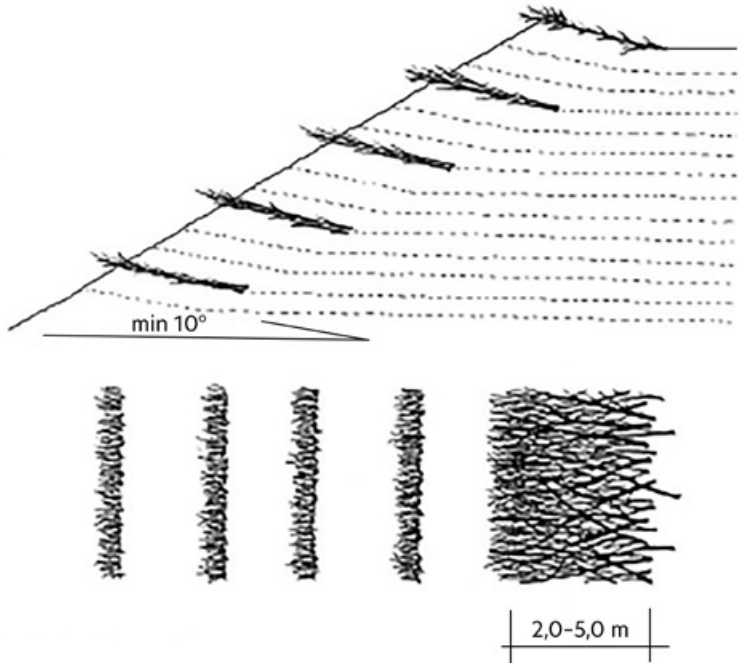
Efekty w środowisku

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.



Rys. 66. i **Fot. 64.** Krzewiaste umocnienia tarasowe na skarpie/osuwisku [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

Konstrukcje tarasowe mają jedną z najwyższych skuteczności wgłębnej 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 oraz młodych sadzonek drzew i krzewów pozwala wprowadzić roślinność pionierską i kolejne stadia rozwojowe za jednym razem, co dodatkowo obniża koszty pielęgnacji.

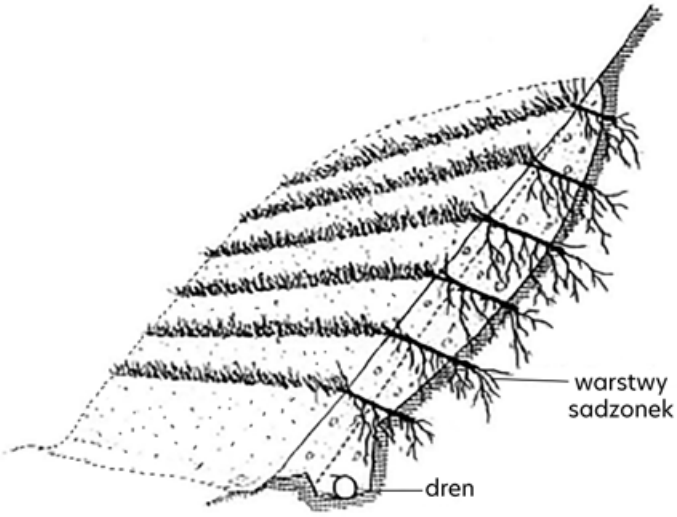
Efekty w środowisku

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 bądź krzewy układane naprzemiennie z zagęszczonym gruntem.



Rys. 67. Odwodnienie skarpy w wyniku zastosowania nasypu z porostem wierzbowym [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

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

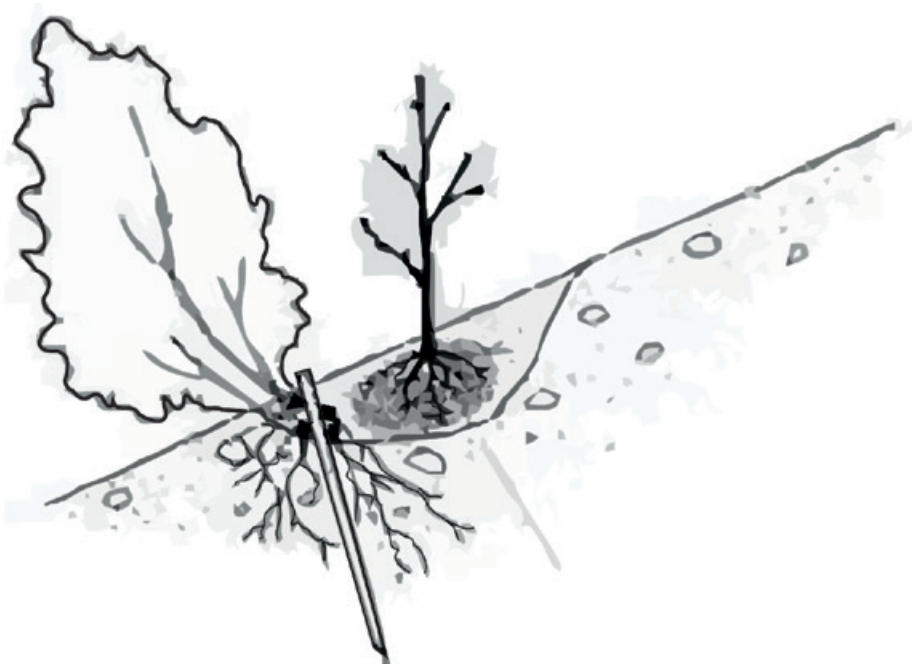
Efekty w środowisku

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 o 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 zrzezami wierzbowymi lub palikami drewnianymi. Powyżej umieszcza się ukorzenione sadzonki. Na szczególnie ubogich siedliskach zagłębienia należy wypełnić dobrej jakości glebą.



Rys. 68. Umocnienie żłobkowe [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

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

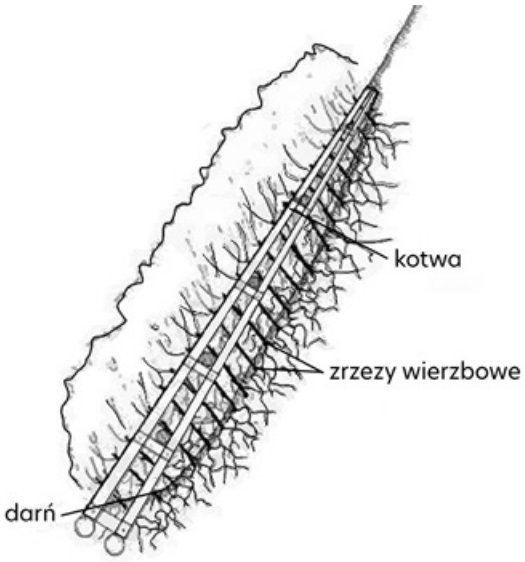
Efekty w środowisku

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 2 × 2 m, należy wypełnić wiązkami zrzezów wierzbowych, ukorzenionych krzewów i kęp roślin zielnych. Do obsadzania rusztowań nadają się różne gatunki wierzb, np.: wierzba iwa i wierzba purpurowa, a także olsza czarna, jarząb pospolity, kruszyna, głóg, dereń świdwa, tarnina, jeżyna.



Fot. 65 i **Rys. 69.** Drewniane rusztowanie na skarpie wzmocnione nasadzeniami wierzbowymi [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

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

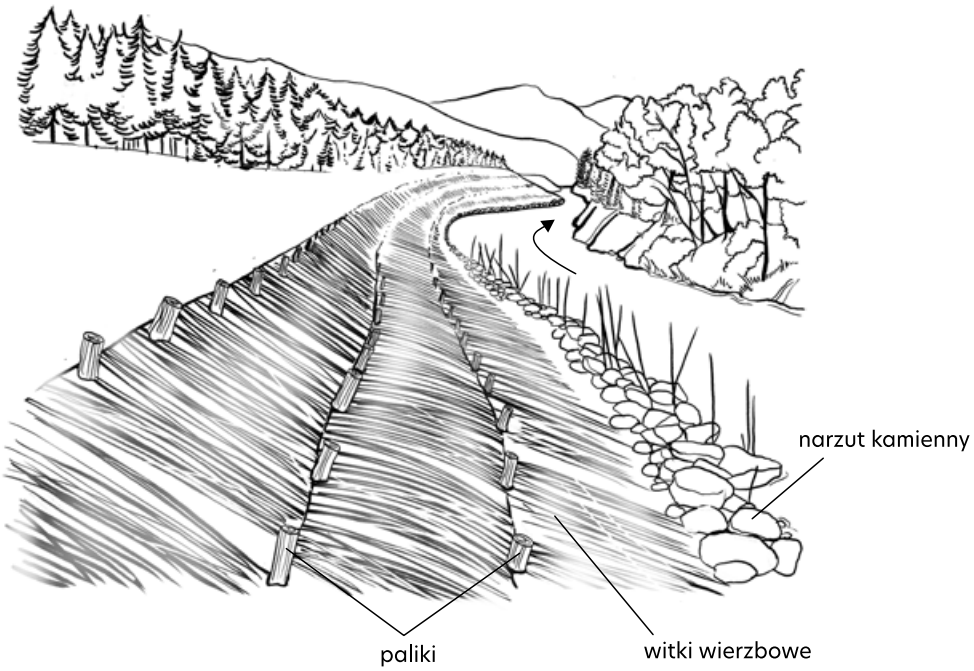
Efekty w środowisku

Odtworzenie roślinności na skarpie, przeciwdziałanie erozji.

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 cieku.
Przykład realizacji



Rys. 70. Brzegosłon wierzbowy na potoku Muczne wykonany w 2014 r. (opracowanie URK)

Fot. 66. Przykładowy fragment cieku przed realizacją umocnienia, Słomka (fot. L. Książek, 2005)

Fot. 67. Fragment umocnienia w trakcie pierwszego sezonu wegetacyjnego, potok Muczne (archiwum CKPŚ)

Uwagi

Do nasadzeń należy stosować: do wysokości 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 brzegosłonu należy usunąć w trakcie prac konserwacyjnych druty mocujące.

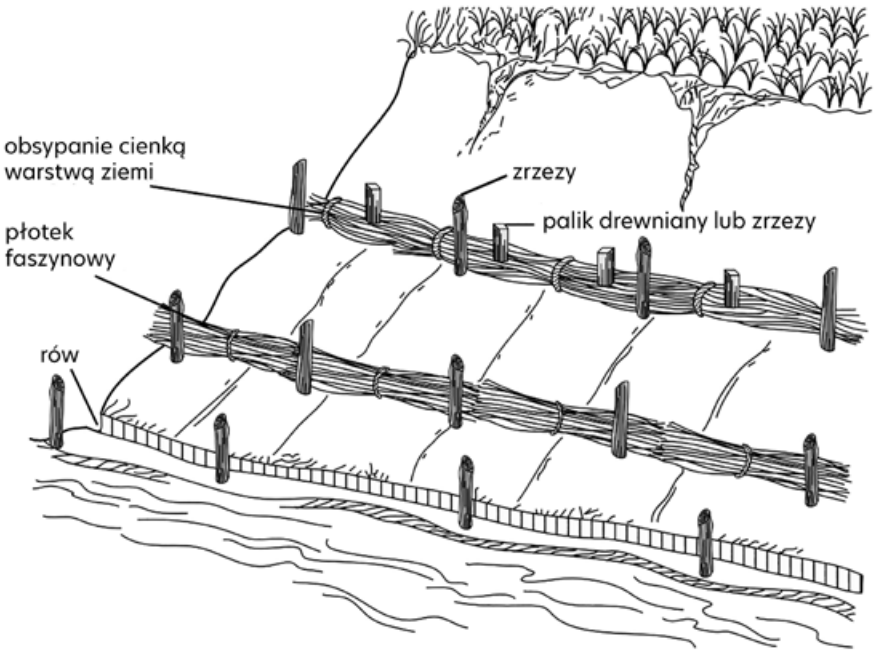
Efekty w środowisku

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

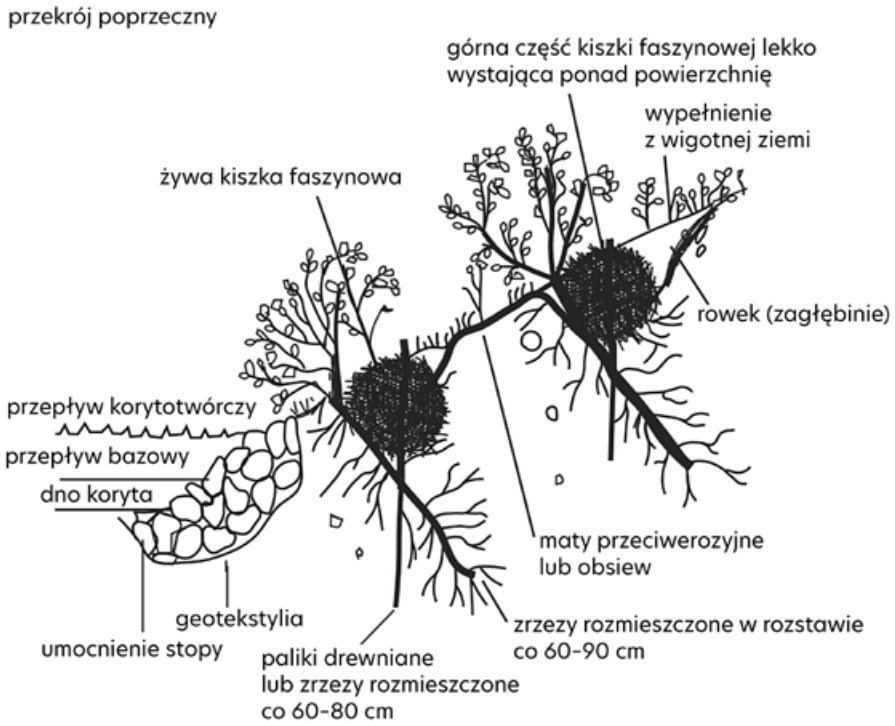
Wiązki (kiszki) faszynowe

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 71. Żywe wiązki faszynowe na brzegu rzeki [Shrestha i in. 2012]



Rys. 72. Żywe wiązki faszynowe na brzegu rzeki [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 skarpę.
Stosując umocnienia faszynowe na brzegach potoków, należy ich podstawę zabezpieczyć narzutem kamiennym lub kiszką 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. Niewłaściwie dobrane gatunki wierzb mogą jednak zakłócić naturalną szatę roślinną wzdłuż potoków i 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 kierunku nurtu wody, górną pod kątem 45°, zgodnie z kierunkiem nurtu wody, i mocuje drutem. Końce gałęzi powinny leżeć na dnie. Po przykryciu gruntu chrustem wbija się w glebę zrzezy wierzbowe lub sadzi się olchę czarną.

Fot. 68. Brzeg umocniony warstwą chrustu i sadzonkami wierzbowymi [Begemann i Schiechtl 1999]

Efekty w środowisku

Rekultywacja zniszczonego, pozbawionego szaty roślinnej brzegu. Z czasem naniesiony przez rzekę materiał osadza się, a warstwa chrustu wraz rumoszem tworzą trwałą okrywę.

Płotki wierzbowe

Opis zalecanych rozwiązań

Zrzezy wierzbowe o długości 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 wierzb stanowią fazę inicjalną i powinny być później wzmocnione nasadzeniami z drzewiastych gatunków wierzb, olszy i odpowiednich dla siedliska krzewów.

Fot. 69. Płotek ze zrzezów wierzbowych tuż po wykonaniu [Begemann i Schiechtl 1999]

Fot. 70. Ukorzenione zrzezy wierzbowe [Begemann i Schiechtl 1999].

Uwagi

Płotki wierzbowe służą głównie umacnianiu osuwisk brzegowych, których dno leży powyżej średniego poziomu wody w lecie i stopniowemu zalądowieniu podebranych przez nurt fragmentów brzegu.
Kierunek ustawienia płotków wpływa na ich funkcję. Ustawione pod kątem prostym do kierunku nurtu, powodują powstawanie obszarów zalądowionych, za którymi pozostają obszary podmokłe. Ustawione pod kątem 30–45° do kierunku nurtu wody powodują równomierne zalądowienie. Ustawienie ukośne, w kierunku przeciwnym do kierunku nurtu, wpływa w największym stopniu na wytracenie energii wody.

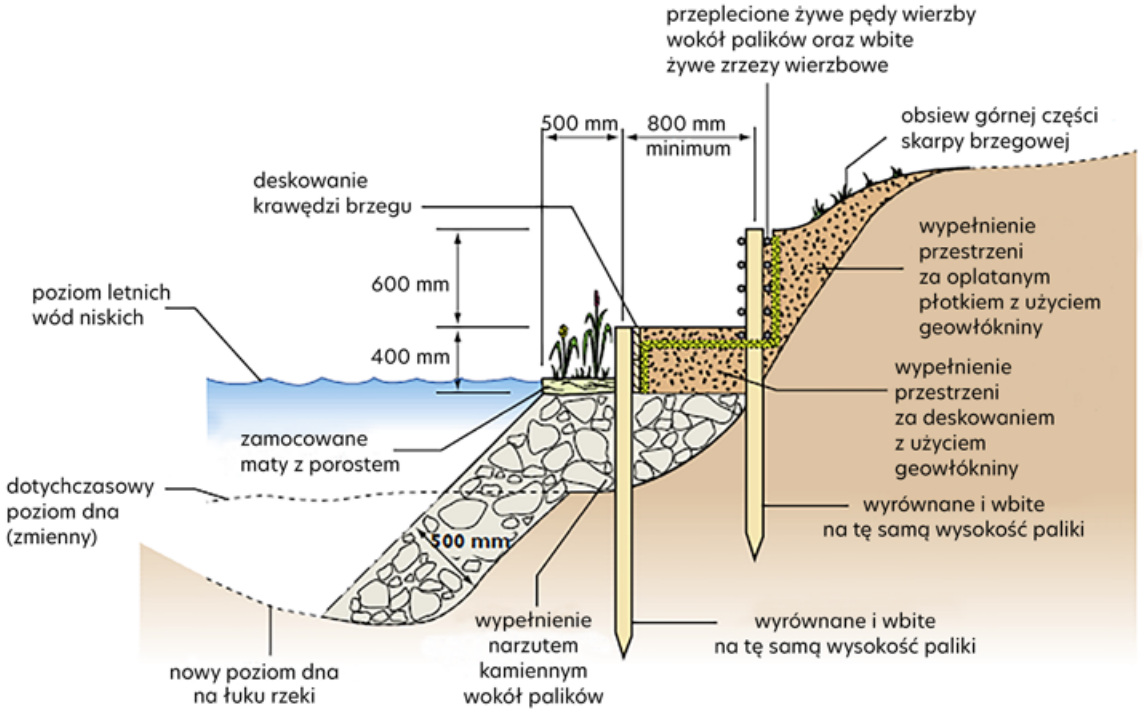
Efekty w środowisku

Powstawanie obszarów podmokłych, stworzenie siedlisk dla płazów.

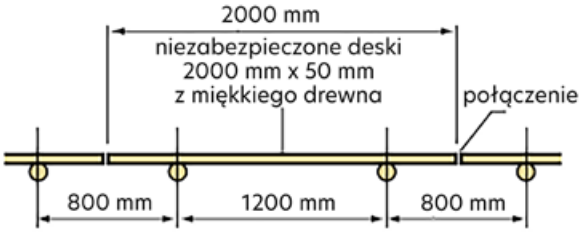
Płotki plecione

Opis zalecanych rozwiązań

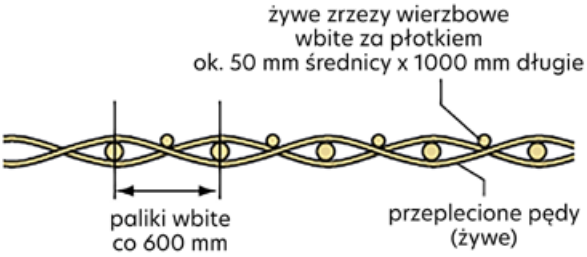
Świeże pędy wierzbowe (np. wierzby wiciowej) przeplecione pomiędzy palikami. Pod wodą stosuje się stabilne podłoże z kruszonego kamienia. Deskowanie stopniowo ulegnie rozkładowi, a korzenie nasadzonych roślin przejmą jego rolę.



Rys. 73. Przekrój przez brzeg umocniony płotkiem plecionym [Krukowski 2006]



Rys. 74. Schemat deskowania krawędzi brzegu [Krukowski 2006]



Rys. 75. Schemat płotka plecionego [Krukowski 2006]

Uwagi

Metoda do stosowania przy umacnianiu stromych brzegów rzeki wymagających wzmocnienia i zabezpieczenia, zajmuje niewiele miejsca. Do zabudowy należy stosować rodzime gatunki wierzb. Trzeba zaplanować regularne przycinanie wierzb.

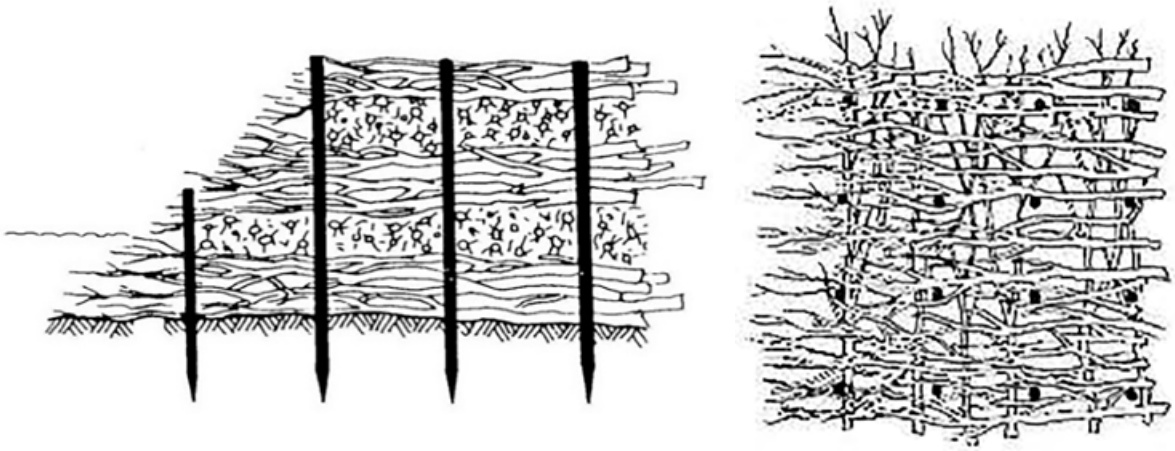
Efekty w środowisku

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

Brzegosłon krzyżowy

Opis zalecanych rozwiązań

Gałęzie i kamienistą ziemię układa się warstwami w ten sposób, aby odtworzyć dawny profil brzegowy. 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 zaostrzone zrzezy wierzbowe.



Rys. 76. Brzegosłon krzyżowy z lewej – przekrój poprzeczny, z prawej – rzut z góry [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

Brzegosłony krzyżowe służą do regeneracji osuwisk brzegów i wymyć na mniejszych ciekach. Zmniejszają prędkość przepływu w sąsiedztwie brzegu.

Efekty w środowisku

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

Siatka jutowa z sitowiem i sadzonkami pędowymi

Opis zalecanych rozwiązań

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

Fot. 71. Umocnienie z siatki jutowej z sitowiem i sadzonkami pędowymi [Begemann i Schiechtl 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 w celu zapewnienia jak najlepszego odwodnienia konstrukcji muru.

Fot. 72. Murek kamienny bez zaprawy, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2025)

Fot. 73. Murek kamienny bez zaprawy (fot. L. Książek)

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.

Fot. 74. Narzut kamienny z dużych głazów układany mechanicznie, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2009)

Fot. 75. Narzut kamienny nieożywiony klinowany mniejszymi frakcjami, Nadleśnictwo Nowy Targ (fot. J. Smarczewski, 2021)

Uwagi

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

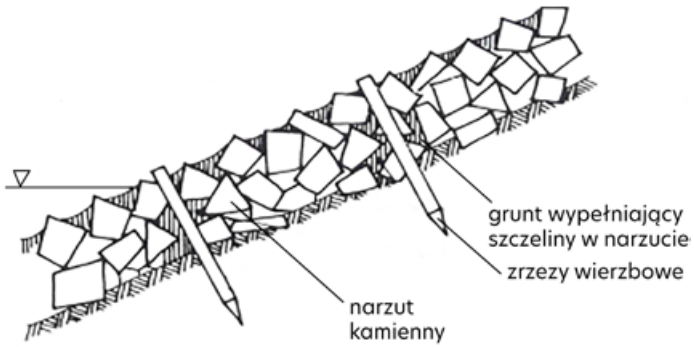
Efekty w środowisku

Zwiększenie szorstkości koryta, redukcja przepływu przy brzegach, odepchnięcie nurtu, wyłapywanie osadów (sedymentów), stabilizacja brzegów. Może również przyczyniać się do zanikania łęgów 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 wyrośniętych pędów o długości ok. 1 m i średnicy w cieńszym końcu 30 mm. 2/3 pędu powinno być zagłębione w narzucie i gruncie.



Rys. 77. Przekrój poprzeczny żywego narzutu kamiennego [Begemann i Schiechtl 1999]

Fot. 76. Ukorzeniony zrzez wierzbowy w narzucie (archiwum CKPŚ)

Fot. 77. Zabezpieczony faszyną narzut kamienny z nasadzeniami wierzbowymi, Nadleśnictwo Baligród (archiwum CKPŚ)

Uwagi

Podwyższona trwałość i estetyka narzutów kamiennych dzięki układaniu głazów i inicjowaniu zadarnienia poprzez zasypanie ziemią wolnych przestrzeni między głazami (tworzy się struktura dobrze upakowana) i obsiew właściwymi mieszankami 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.

Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, oddalenie nurtu od brzegu, zatrzymywanie sedymentów. Narzut kamienny może przyczynić się do zanikania łęgów olszowo-jesionowych. Nasadzenia tworzą siedliska dla zwierząt strefy przybrzeżnej i ocieniają wodę.

Kratownica drewniana

Opis zalecanych rozwiązań

Na brzegach potoku narażonych na nadmierną erozję i osuwiska wykonuje się kratownice drewniane, które następnie wypełniane są ziemią i/lub kamieniami i obsadzane roślinnością. Umieszcza się je nad brzegami wklęsłymi potoków jako ubezpieczenie skarp, na wypadach budowli lub mogą stanowić ubezpieczenie brodu.

Przykłady realizacji

Fot. 78. Kratownica drewniana pełniąca funkcję ubezpieczenia skarpy, Nadleśnictwo Międzylesie (archiwum CKPŚ)

Fot. 79. Kratownica ożywiona wierzbą, 2015 (archiwum CKPŚ)

Uwagi

Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną.

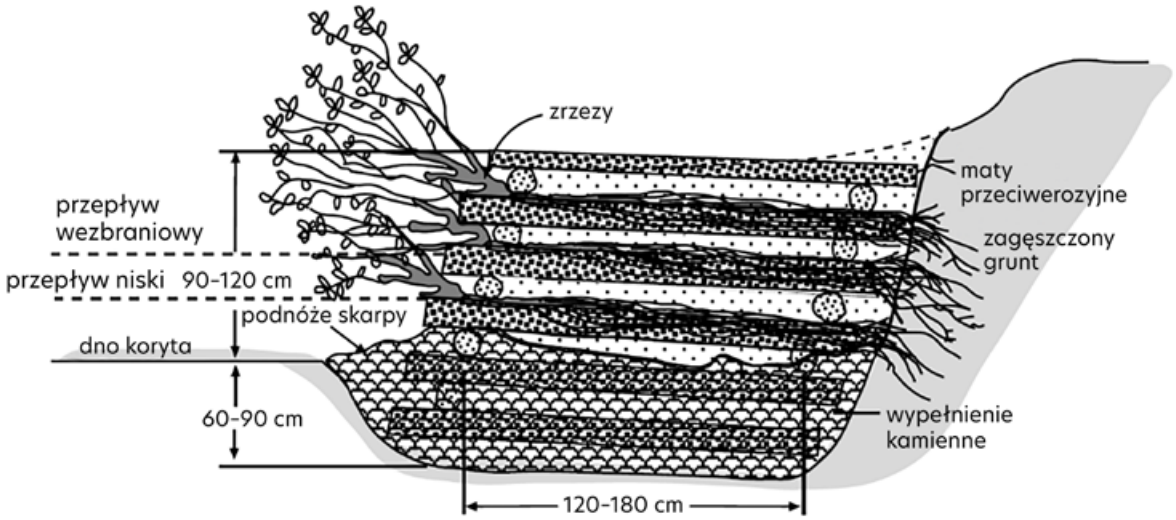
Efekty w środowisku

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

Kaszyce z nasadzeniami

Opis zalecanych rozwiązań

Kaszyca posadowiona w 1/3 poniżej dna potoku, od 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 lepiężnik różowy, jarząb pospolity, kalinę i kruszynę.



Rys. 78. Kaszyce z nasadzeniami zabezpieczające osuwisko wzdłuż brzegu rzeki [Shrestha i in. 2012]

Przykład realizacji

Fot. 80. 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, powstają też siedliska dla zwierząt zamieszkujących tereny nadbrzeżne.

Zabezpieczanie podnóża skarpy brzegowej

Zabezpieczenia z powalonych pni drzew

Opis zalecanych rozwiązań

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

Fot. 81. Powalony świerk zabezpieczający podmyty brzeg [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

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

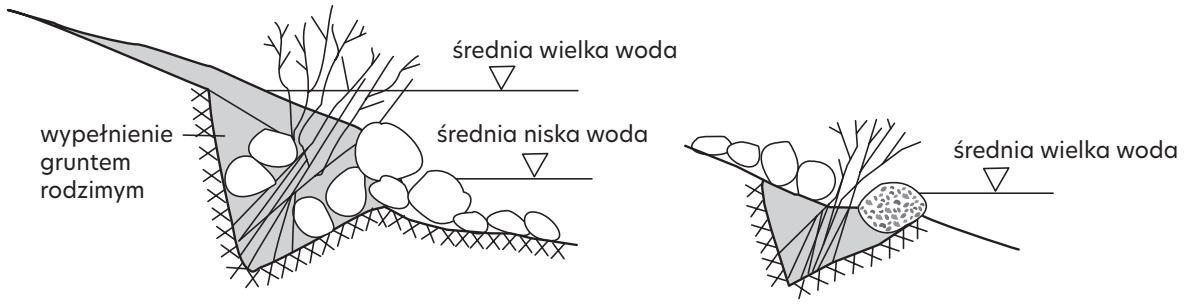
Efekty w środowisku

Wytworzenie siedlisk dogodnych dla zwierząt i kryjówek dla ryb.

Namulacze

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 79. Namulacze – przekrój poprzeczny [opracowano na podstawie: Duszyński 2007]

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.

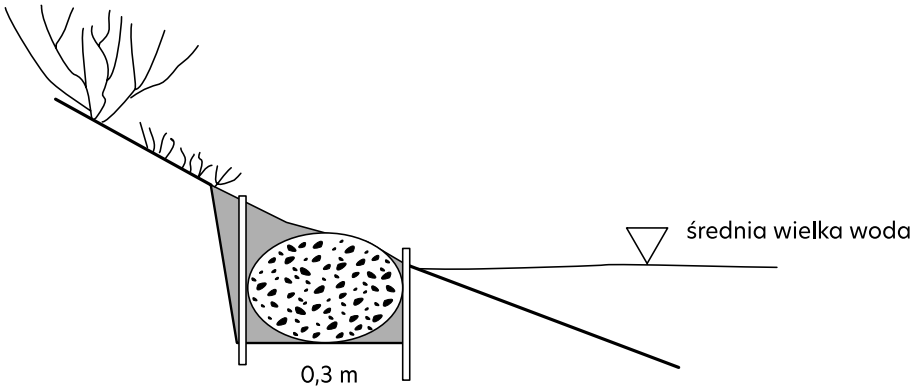
Efekty w środowisku

Stanowią miejsca schronienia i tarlisk dla ryb.

Faszynowa opaska brzegowa

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 80. Faszynowa opaska brzegowa i przekrój poprzeczny przez wiązkę faszyny [opracowano na podstawie: Duszyński 2007]

Uwagi

Faszyna w połączeniu z warstwą gruntu przerośniętego korzeniami trwale umacnia podnóża skarpy. Rozwiązanie stosowane jest najczęściej na odcinkach pomiędzy zakolami i łukami rzek. Faszyna bywa często stosowana w ekologicznym budownictwie ziemnym, np. jako element umacniania osuwisk. Może stanowić zabezpieczenie brzegoskłonów i materacy faszynowych przed podmyciem. Stosowane sadzonki i żywa faszyna powinny być dostosowane do siedliska i pochodzić tylko z gatunków rodzimych.

Efekty w środowisku

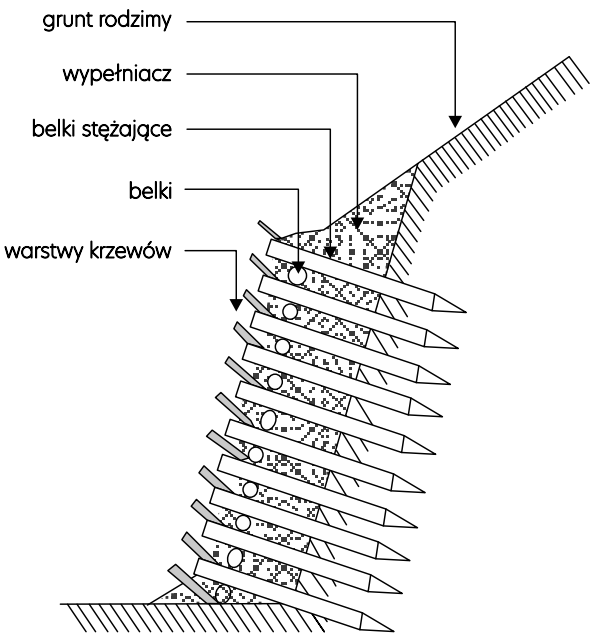
Ochrona przed erozją wklęsłego brzegu, zatrzymanie sedymentów, zawiesin i dopływu biogenów wraz ze spływem powierzchniowym.

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 zaostrzonych kłód wbitych pod kątem prostym w stosunku do powierzchni skarpy. W powstałych między kłodami niszach układa się warstwy zrzezów 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.



Rys. 81. Przekrój poprzeczny kaszycy [Begemann i Schiechtl 1999]

Przykłady realizacji

Fot. 82. Kaszyca w Nadleśnictwie Baligród (fot. J. Smarczewski, 2021)

Fot. 83. 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 używanie olchy, sosny lub świerka. Wysokość kaszyc nie powinna przekraczać 2 m. Poziome kłody przyjmują większy nacisk gruntu niż kleszcze stężające, dlatego celowe jest użycie kłód o większej średnicy. Kaszyce wykorzystywane 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.

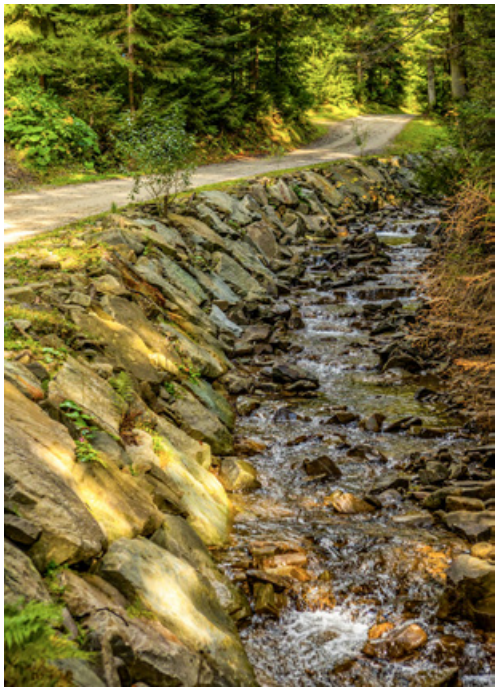
Efekty w środowisku

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

Ożywiony, układany narzut kamienny na brzegu wklęsłym

Opis zalecanych rozwiązań

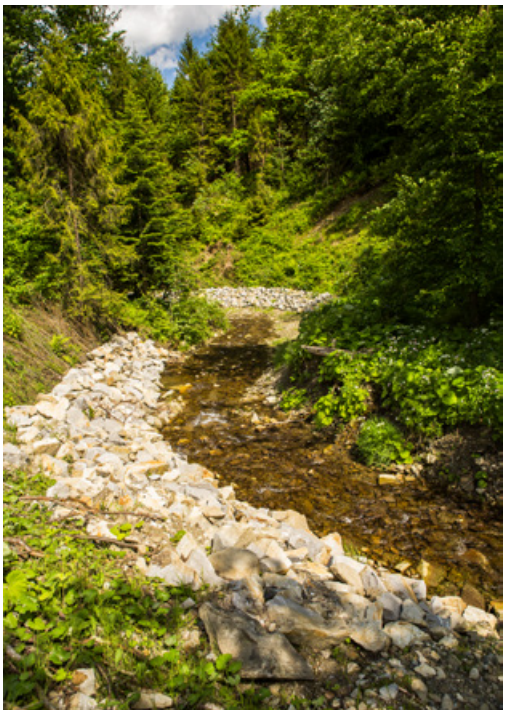
Faszyna i zrzezy wierzbowe umieszczone w układanym, klinowanym narzucie kamiennym, możliwość wykonania w takcie budowy prostych nasadzeń wiążących strukturę.



Fot. 84. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nowy Targ (fot. J. Smarczewski, 2021)

Fot. 85. Ożywiony narzut kamienny, Nadleśnictwo Nowy Targ (fot. J. Smarczewski, 2021)

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.



Fot. 86. Narzut kamienny, 2015 (archiwum CKPŚ)

Uwagi

Podwyższona trwałość i estetyka narzutów kamiennych dzięki układaniu głazów, klinowaniu odpadami kamienia i inicjowaniu zarastania przez żywe zrzezy wierzbowe wtykane pomiędzy kamienie. Płotki faszynowe na szczycie skarpy i na dole utrzymują płaszczyznę narzutu w początkowym okresie. Taka konstrukcja jest trwalsza od tradycyjnego narzutu, utrudnia rozkradanie kamienia i jest znacznie bardziej estetyczna.

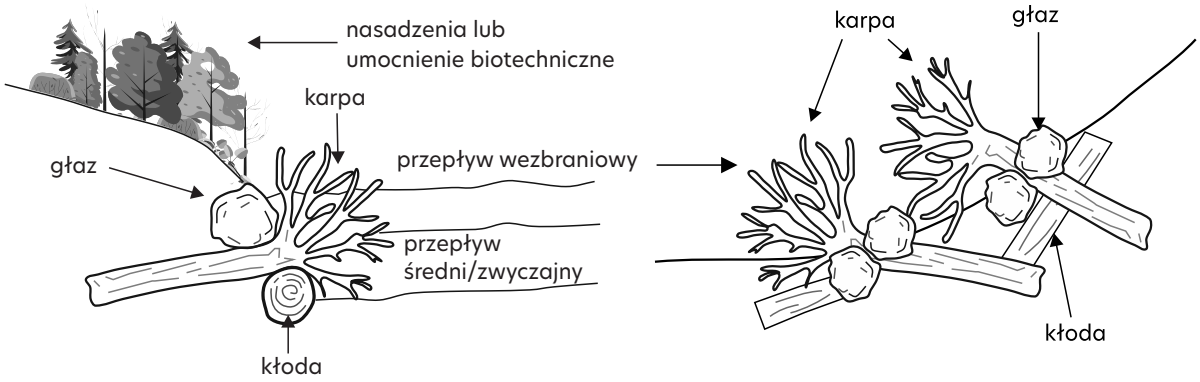
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, zatrzymywanie sedymentów.

Ochrona brzegu wklęsłego za pomocą karp

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 82 i **Rys. 83.** Zabezpieczenie brzegów za pomocą karp [Rexine i in. 2010]

Efekty w środowisku

Ochrona brzegów przed podmywaniem i napływem osadów do cieku. Powstają siedliska dla zwierząt strefy przybrzeżnej. U podnóży karpy 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.

Fot. 87. Zabezpieczenie brzegu wklęsłego narzutem kamiennym (fot. L. Książek, 2007)

Uwagi

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

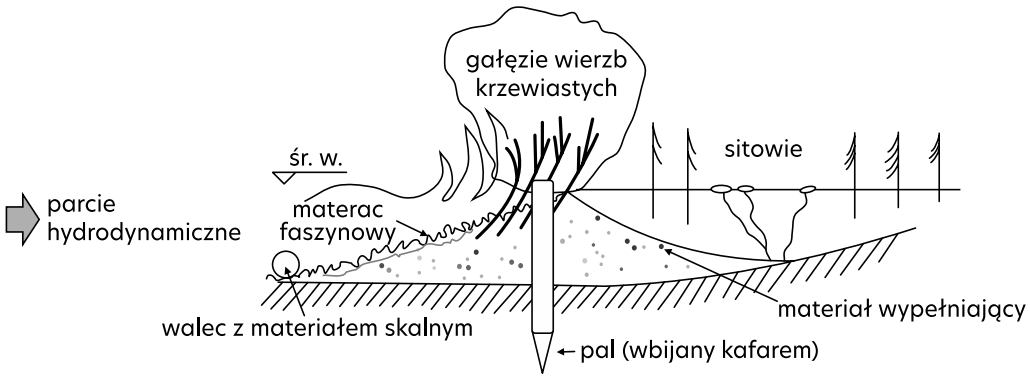
Efekty w środowisku

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

Do ochrony brzegu wklęsłego doskonale sprawdzają się także deflektory nurtu i ostrogi (opisane szerzej w podrozdziale „Meandryzacja cieków, unaturalnienie rowów oraz odtwarzanie terenów zalewowych"). Na rysunku 84 pokazano przykład jednego z przyjaznych środowisku 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 przeciwległą krawędź. Uszczelnia się materiałem spoistym. Po przejściu wody wiosennej należy posadzić zdrewniałe sadzonki wierzbowe, a następnie usunąć je po ustabilizowaniu się brzegów.



Rys. 84. Tama faszynowa [Begemann i Schiechtl 1999]

Efekty w środowisku

Tamy faszynowe mają za zadanie ochronę brzegu i roślinności nadbrzeżnej przed działaniem falującej wody. Można stosować je jako naturalne ostrogi.

2.1.2. Rozbiórka i modernizacja budowli niedostosowanych do wód wezbraniowych

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 dokonać rozbiórki takiego obiektu i przywrócić naturalny bieg cieku.

Przykłady realizacji

Fot. 88. Zniszczony betonowy przepust okularowy na nieużytkowanym szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Cisna, przerywający ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ).

Fot. 89. Stopień wodny o konstrukcji betonowej (kaskada) w złym stanie technicznym, przerywający ciągłość biologiczną rzeki (fot. Ł. Borek)

Fot. 90. Bystrze o zwiększonej szorstkości w miejscu rozebranego betonowego jazu w Nadleśnictwie Krasiczyn, przywracające ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ)

Efekty w środowisku

Przywrócenie ciągłości biologicznej cieku i transportu rumowiska.

Przebudowa istniejących zapór przeciwrumowiskowych

Zapory przeciwrumowiskowe stabilizują dna koryta i brzegi cieku poprzez ograniczenie transportu rumowiska i są najczęściej zlokalizowane w górnych odcinkach rzek i potoków górskich. Aby umożliwić dostawę materiału wleczonego na dolne stanowisko budowli, w korpusie zapory wykonuje się otwory dozująco-szutrujące, rozmiarami dostosowane do wielkości rumowiska występującego na danym odcinku rzeki [Wołoszyn i in. 1994, Książek i in. 2007]. Ponadto, transport rumowiska nie ulega zanikowi po zakończeniu pracy zapory przeciwrumowiskowej, czyli po jej załadowaniu, ze względu na transport drobnego materiału w fali wezbrania. Niemniej jednak każda zapora przerywa ciągłość biologiczną cieku, dlatego też w Projektach dopuszcza się jedynie możliwość całkowitej rozbiórki istniejących zapór.

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

W sytuacji, gdy mały ciek lub rów krzyżuje się z drogą gruntową lub szlakiem turystycznym, bród można wykonać w najprostszej postaci poprzez ułożenie luźno przylegających kamieni na podłożu wzmocnionym tłuczniem. Jednak w przypadku większych przepływów zaleca się stosować brody kaszycowe, które poprzez dodatkowe wzmocnienie kłodami są bardziej wytrzymałe i mają mniejszą podatność na wymywanie materiału kamiennego. Górna krawędź kamieni powinna wystawać z wody przez większą część roku. Taki sposób przeprawy zapewnia pełną drożność korytarza ekologicznego cieku, dlatego też bród w niektórych przypadkach może być lepszym rozwiązaniem niż przepust. Bród może powodować niewielkie spiętrzenie wody, dlatego w cieku naturalnym bród należy w miarę możliwości zagłębić w korycie, aby nie przerywać ciągłości biologicznej cieku i nie powodować erozji dna poniżej budowli. Na rowach zaleca się konstrukcję brodu z piętrzeniem, gdzie pokład brodu jest jednocześnie umocnieniem dolnego stanowiska budowli (fot. 91–93, rys. 85).

Bród piętrzący ze ścianką szczelną
Opis zalecanych rozwiązań
Brody często są budowlami wielofunkcyjnymi. W tym wypadku konstrukcja stanowi element ochrony czynnej mokradeł i ma też funkcję piętrzącą. Od strony cieku – próg drewniany i/lub ścianka szczelna.

Przykłady realizacji

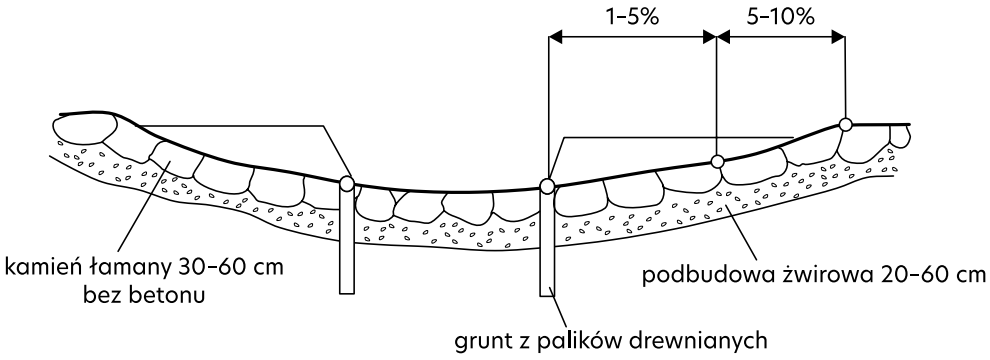
Fot. 91. Bród piętrzący w Nadleśnictwie Choczewo (fot. J. Smarczewski, 2021)

Fot. 92. Bród piętrzący, którego funkcją jest także zatrzymanie wody na obszarach mokradłowych, Choczewo (fot. J. Smarczewski, 2021)

Bród kamienny

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 85. Szkic brodu z Nadleśnictwa Łosie (rys. L. Książek)

Bród kaszycowy (drewniano-kamienny)
Opis zalecanych rozwiązań
Bród o konstrukcji drewnianej wypełniony kamieniem (np. dużym tłuczniem).

Fot. 93. Bród drewniano-kamienny w Nadleśnictwie Baligród (archiwum CKPŚ)

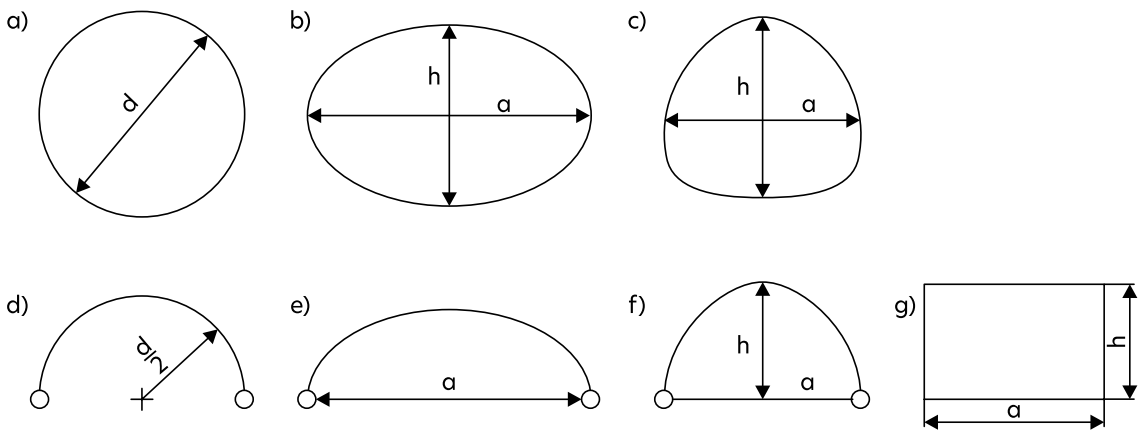
Przepusty i mosty

Niektóre, zwłaszcza starsze, budowle na ciekach czy rowach charakteryzują się parametrami lub konstrukcją, które obecnie nie są dostosowane do efektywnego pełnienia określonych funkcji lub ich potencjał nie jest w pełni wykorzystany w danych warunkach. Skutkuje to niedostateczną trwałością, stabilnością i funkcjonalnością budowli, jak również ryzykiem powstawania awarii, a nawet katastrofy budowalnej. Wynika to nie tyle z błędów projektowych, lecz raczej z pojawienia się nowych technologii i materiałów budowlanych oraz norm, przepisów, wytycznych itd., których istniejące budowle mogą nie spełniać. Ponadto, obiekty takie projektowane są na tzw. przepływ miarodajny, o założonym prawdopodobieństwie wystąpienia, a jego wyliczenie oparte jest na wieloletnich pomiarach przepływów lub opadów. Jednak w wyniku obserwowanych w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zmian w rozkładzie i intensywności opadów oraz przebiegu temperatur, zmianie mogła ulec również wielkość i dynamika przepływów w ciekach na pewnych obszarach. W związku z tym budowle zaprojektowane i wykonane zaledwie 30–40 lat temu mają niedoszacowane wymiary, ponieważ projektowane były na inne wartości przepływów. Przykładem są przepusty rurowe, w tym wielootworowe, które zmniejszają przepustowość rzeki, są niedostosowane do przeprowadzania wód wezbraniowych oraz ułatwiają tworzenie się zatorów. 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 za-

grożenie dla stabilności całej konstrukcji. W efekcie zniszczeniu mogą ulec przyczółki przepustu, nawierzchnia drogi, a nawet cała budowla.

Nowo projektowane budowle komunikacyjne na ciekach powinny zostać zaprojektowane w sposób, który zapewnia ciągłość korytarzy ekologicznych, łącząc rozdzielone ciągami komunikacyjnymi siedliska organizmów wodnych. 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, a jednocześnie nie stwarzają problemu w eksploatacji i nie są podatne na tworzenie się zatorów. Mogą być one wykonane z blachy falistej, tworzyw sztucznych lub betonu. Zaleca się przewymiarowanie konstrukcji, uwzględniając kierunek zmian charakteru opadów w ostatnich dziesięcioleciach (deszcze nawalne i wzrost przepływów maksymalnych).

W obu Projektach, niezależnie od lokalizacji, tj. na cieku naturalnym czy na rowie, nie dopuszcza się stosowania przepustów wielootworowych. W Projekcie realizowanym na terenach górskich (MRG3) dodatkowo zaleca się, aby minimalna średnica przepustu wyniosła 1,0 m, a kształt rurociągu nie był kołowy. Na rysunku 86 przedstawiono rekomendowane kształty przepustów. Szczegółowe zalecenia przedstawiono w załączniku 1 i 2 do niniejszego Podręcznika.



Rys. 86. Typowe kształty przekroju poprzecznego nowoczesnych przepustów [opracowano na podstawie: Wysokowski i Howis 2008]

Wszelkie drogowe obiekty inżynieryjne, w tym przepusty i mosty, powinny być projektowane zgodne 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 ww. Rozporządzenia:

- 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 pochylenia 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 niezmienionego 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 – 0,6 m, małych zwierząt (np. lisy, kuny i borsuki) – 1,0 m (wymagają specjalnych ścieżek), zwierząt średnich (np. 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

Rys. 87. Przepust/most z naturalnym dnem [Przybyła 2002, zmieniony]

Fot. 94. 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

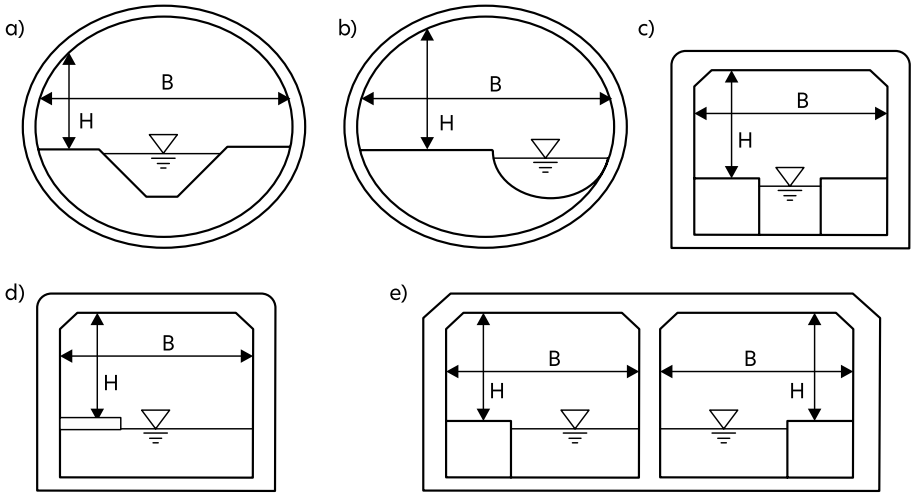
Przepusty zagłębione powinny również posiadać naturalne dno w celu umożliwienia wędrówek przez nie zwierząt wodnych. Aby osadzał się w nich materiał niesiony przez wodę, na dnie przepustu należy ułożyć kamienie lub rumosz drzewny. Wskazane jest również umieszczenie na jego końcu narzutu kamiennego, jeżeli spód przepustu znajduje się wyżej niż dno cieku.

Rys. 88 i **Rys. 89.** Przepusty zagłębione [Przybyła 2002, zmieniony]

Przepusty i przejścia zespolone

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rys. 90. 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 [opracowano na podstawie: Bajkowski i Marzysz 2004]

Przykład realizacji

Fot. 95. Przepust ze ścieżką jednostronną w Nadleśnictwie Lądek-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.

Fot. 96. Przepust ze ściętym rurociągiem i pochyłym przyczółkiem niewymagający umocnień technicznych w Nadleśnictwie Tułowice [https://tulowice.katowice.lasy.gov.pl/mrn2]

Fot. 97. Przepust umocniony kamieniem łamanym z nasadzeniami w korycie w Nadleśnictwie Komańcza [https://komancza.krosno.lasy.gov.pl/projekty-i-fundusze]

Uwagi
Przepustowość rurociągów musi być dostosowana do aktualnych przepływów maksymalnych. Zaleca się przewymiarowanie światła przepustu.

Efekty w środowisku
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 budowliprzy ścianach czołowych/przyczółkach. Dozwolone jest wykorzystanie betonu i zapraw pod umocnienie kamieniem. Zaleca się stosowanie umocnień koryt z materiałów naturalnych, takich jak: narzut kamienny, darniowanie, faszyna.

Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza

Bystrza o zwiększonej szorstkości

Stabilizację koryt potoków górskich i podgórskich, ale także rzek nizinnych charakteryzujących się dużymi spadkami podłużnymi, często znaczną zmiennością stanów wody, nagłymi wezbraniami 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 wszystkich na ciągłość ekologiczną, przez co nie dopuszcza się ich realizacji 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 to, że na rowach są dopuszczone 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 (zob. rys. 93, bystrza typu austriackiego lub Vincenta), oraz że cała budowla powinna być zakończona drewnianą palisadą.

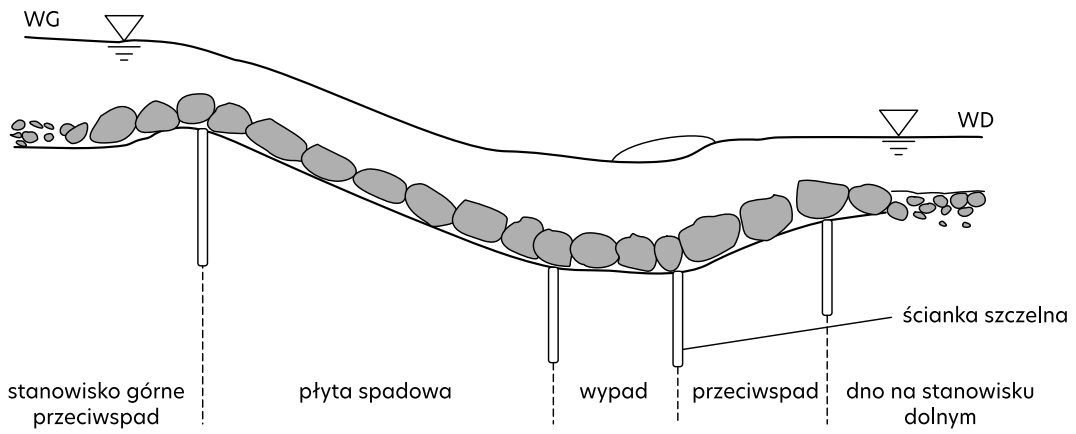
Ponadto dobór wielkości kamieni na bystrzu i sposób ich rozmieszczenia mają istotny wpływ na skuteczność działania bystrza oraz jego zharmonizowanie ze środowiskiem przyrodniczym. Potok w stanie naturalnym o zarośniętych brzegach znajduje się zwykle w stanie równowagi dynamicznej i biologicznej. Naruszenie 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 trzeba rozmieścić kamienie o różnej wielkości, stwarzając schronienia dla ryb i organizmów żywych. Schronienia takie powinny znajdować się także przy brzegach. Proponowane rozwiązania spełniają wymogi związane zarówno ze stabilizacją dna potoku, ekologią, jak i harmonią z krajobrazem. Lokalizacja bystrza, jeśli to możliwe, powinna być tak wybrana, aby mogło ono odgrywać również rolę szypotu (naturalnego bystrza), a nie tylko redukcji spadku i stabilizacji dna. Ponadto bystrza są budowlą prostszą w konstrukcji, w przeciwieństwie do rozwiązań takich jak stopnie, progi oraz przepławki dla ryb, nie naruszają walorów krajobrazowych cieku wodnego i zapewniają 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 jednolite

Opis zalecanych rozwiązań



Rys. 91. Schemat bystrza jednolitego na rzece Böhme (Niemcy) [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009]

Efekty w środowisku

Stabilizacja dna potoku, zapewnienie ciągłości cieku. Może stanowić schronienie dla ryb i innych organizmów wodnych, umiejętnie wybudowane harmonizuje z krajobrazem.

Bystrze regularne

Opis zalecanych rozwiązań

Fot. 98. Bystrze regularne na rzece Targaniczanka (fot. L. Książek, 2010)

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

Fot. 99. Bystrze kaskadowe typu „plaster miodu", rzeka Biała Tarnowska w rejonie miejscowości Florynka (fot. L. Książek, 2020)

Uwagi

Bliska naturze budowla do stosowania na małych rzekach podgórskich.

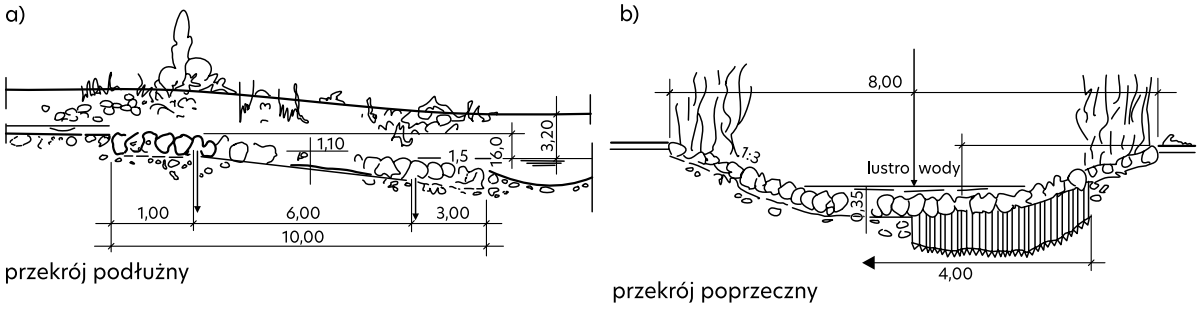
Efekty w środowisku

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.



Rys. 92. Bystrze z kamienia łamanego, stabilizujące dno [Begemann i Schiechtl 1999]

Uwagi

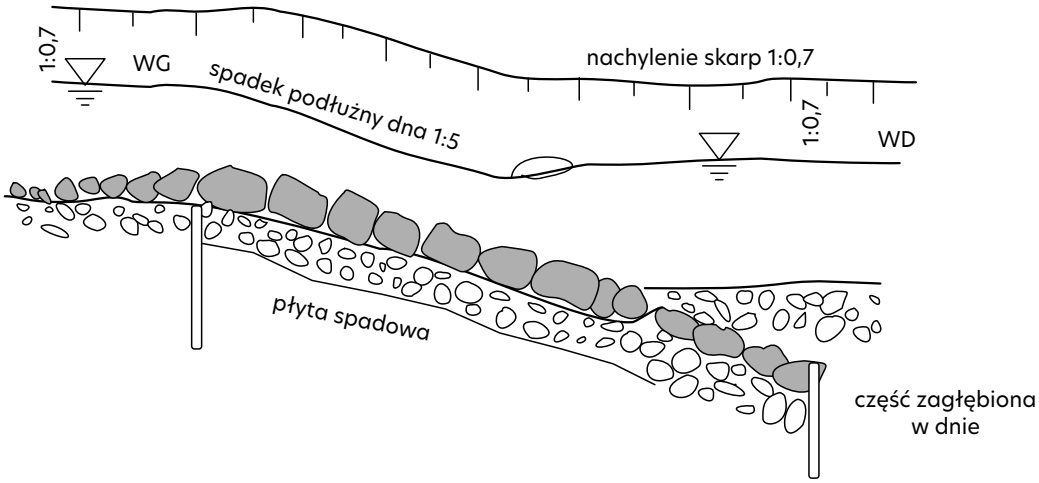
Szerokość dna cieku wynosi 3–5 m. Aby zapobiec osiadaniu bloków kamiennych, należy ułożyć pod nimi warstwę filtracyjną z grubego żwiru, a nad nią warstwę z kamienia łamanego.

Efekty w środowisku

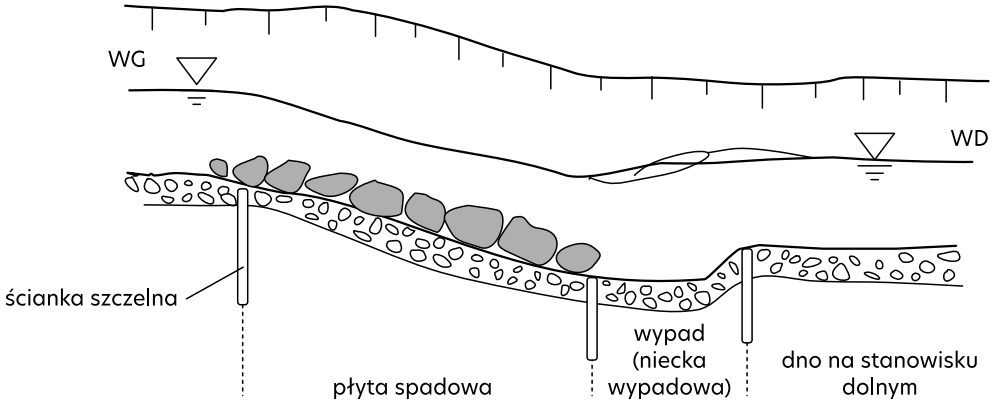
Przeciwdziałanie erozji dennej cieku. Zmniejszenie spadku i stabilizacja dna przy dużych różnicach poziomów pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem lub przy dużych prędkościach przepływu. Jednocześnie umożliwia swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych i może spełniać funkcję **naturalnej przepławki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

Bystrze typu Vincenta

Opis zalecanych rozwiązań



Rys. 93. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu Vincenta [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009]



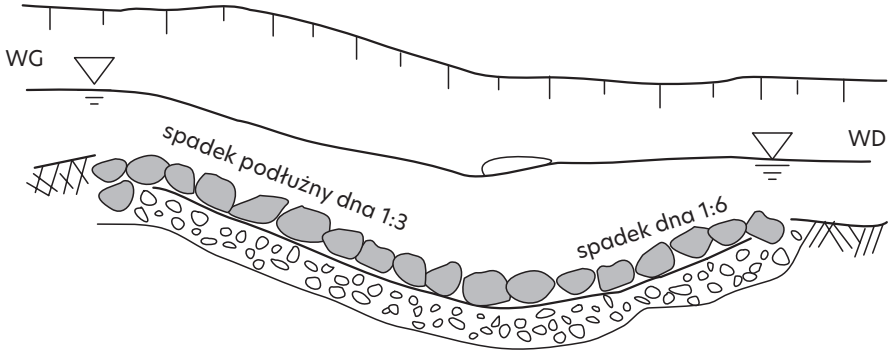
Rys. 94. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości na rzece Kahl z ubezpieczeniem dna dolnego w formie niecki [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009]

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



Rys. 95. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu austriackiego [opracowano na podstawie: 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.

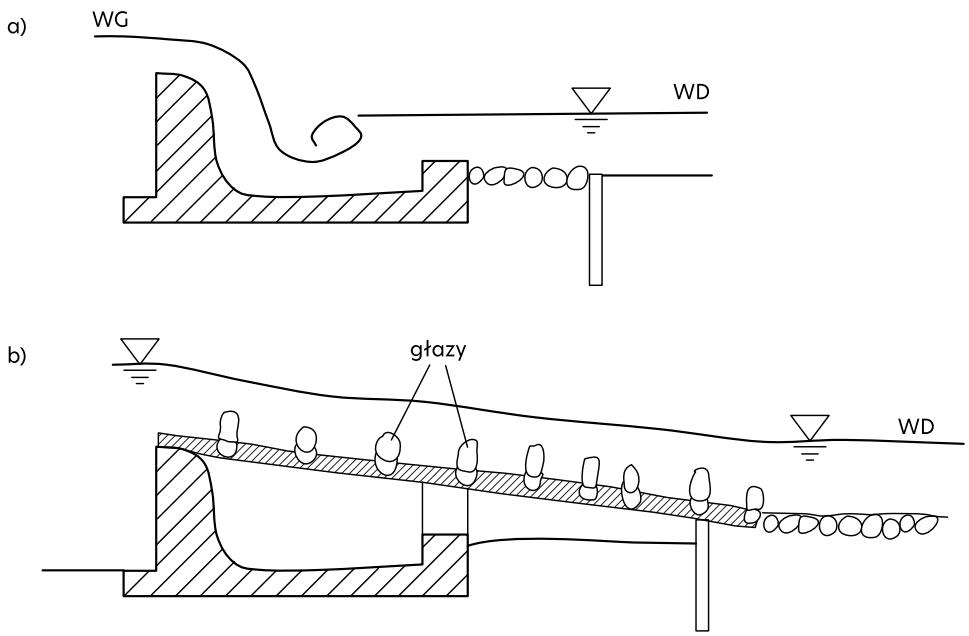
Przebudowa progów, stopni oraz kaskad na bystrza

Na **ciekach naturalnych stale prowadzących wodę** w Projekcie górskim (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 nastąpić jedynie wtedy, gdy będą one stanowić **elementy infrastruktury towarzyszącej**, zapewniające poprawne funkcjonowanie budowanego lub przebudowanego obiektu głównego, np. zbiornika, o ile z przyczyn technicznych nie jest mo żliwe zastąpienie ich bystrzem.

Na ciekach naturalnych w Projekcie nizinnym (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 oraz 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.



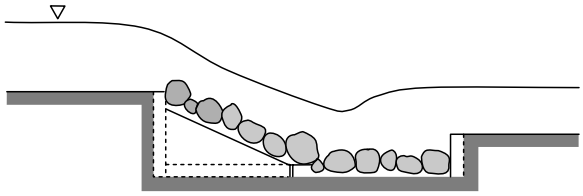
Rys. 96. Projekt przebudowy jazu stałego na przepławkę dla ryb [opracowano na podstawie: Mokwa i Wiśniewolski 2008]

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 naruszała ciągłości ekologicznej.

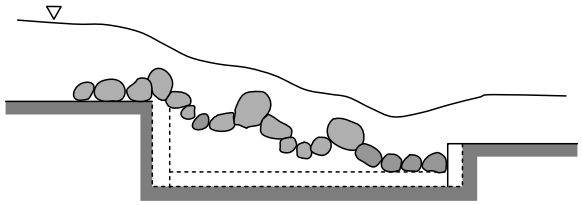
Przebudowa stopni betonowych

Opis zalecanych rozwiązań

Bystrze z narzutu kamiennego. W przypadku nowych budowli można wykonać progową kaskadę kamienną.



Rys. 97. Przebudowa stopni betonowych – bystrze z kamieni ułożonych na płycie dennej starego progu [Żelazo i Popek 2014]



Rys. 98. Przebudowa stopni betonowych – kaskada stopni z luźno ułożonych głazów i kamieni [Żelazo i Popek 2014].

Uwagi

Wysokość zabudowany stopni wynosi 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 przeciwerozyjna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich

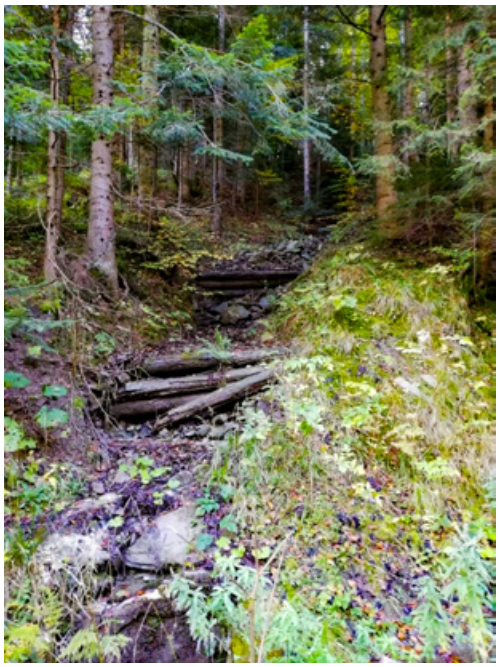
2.2.1. Zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu zrębów

Szlaki zrywkowe to pasy powierzchni leśnej pozbawione drzew i krzewów, odpowiedniej szerokości i w odpowiednich odstępach, udostępniające wnętrze 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 – dochodzi do nasilenia procesów erozyjnych i dostarczania 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 odkłada się, 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 przez zaporę. W ten sposób można uzyskać mikroretencję. Powstałe zbiorniczki będą sprzyjać zarastaniu żlebu roślinnością oraz przyczynią się do okresowego gromadzenie wody dla ekosystemu. Ponadto, w samą zaporę można wprowadzić nasadzenia roślinne.
Przykład realizacji

Fot. 100. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych, Nadleśnictwo Wisła (fot. J. Smarczewski, 2021)



Fot. 101. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych, Nadleśnictwo Wisła (fot. J. Smarczewski, 2021)

Fot. 102. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką i rumoszem skalnym (fot. Ł. Borek)

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 przyszłości. Belki układa się wówczas pomiędzy palikami bez ich mocowania, tak aby można je było łatwo wyjąć.

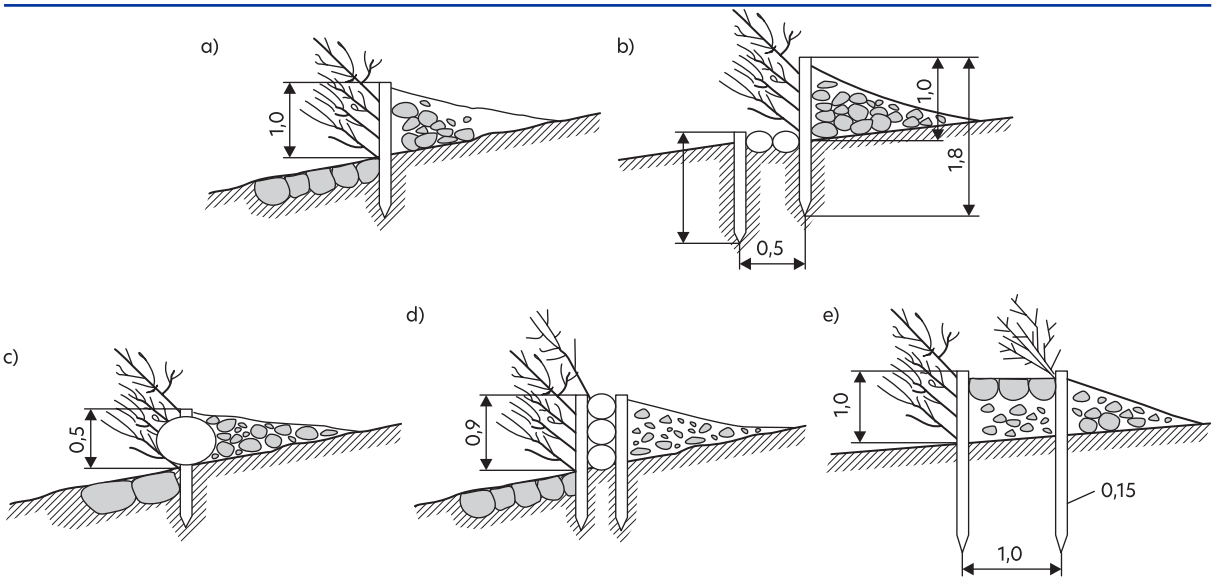
Efekty w środowisku

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

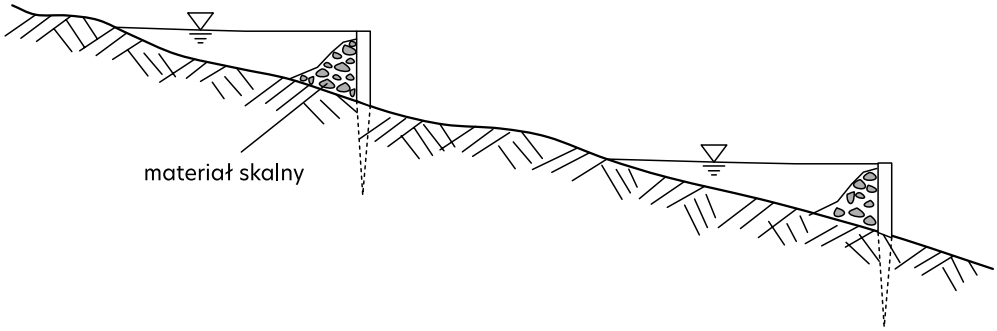
Przegrody drewniano-ziemne z nasadzeniami

Opis zalecanych rozwiązań

W poprzek debr wbija się rzędy zdolnych do odrośnięcia zrzezów 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. sadzi się: jawor, buk zwyczajny, wiąz górski, jodłę pospolitą, jarząb pospolity, modrzew europejski czy jałowiec pospolity.



Rys. 99. Płotki drewniano-ziemne z nasadzeniami: a, b, c, d – pojedyncze, e – podwójne [opracowano na podstawie: Prochal 1968]



Rys. 100. 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, zmieniony]

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

Belki 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

Fot. 103. Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych w Nadleśnictwie Wisła (fot. J. Smarczewski, 2021)

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

Przegrody z kamienia naturalnego

Opis zalecanych rozwiązań

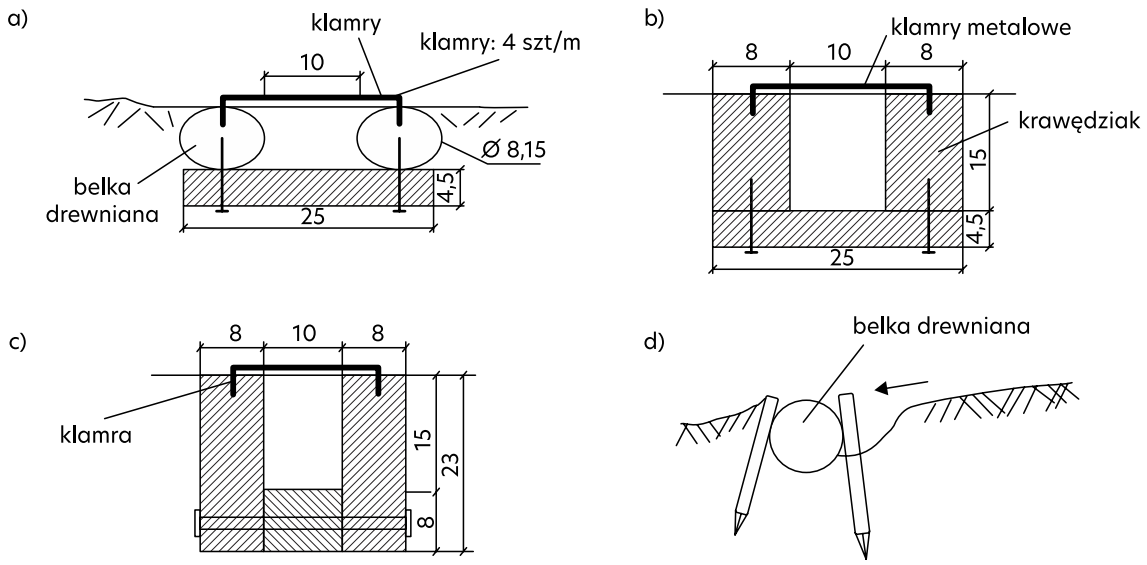
Przegrody z kamienia naturalnego o grubości od 40 do 60 cm (w zależności od szerokości szlaku zrywkowego), wykonane w rozstawie zbliżonej do płotków z belek drewnianych.

Fot. 105. Zabezpieczenie szlaku zrywkowego przed erozją (fot. Ł. Borek)

2.2.2. Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg

Poniżej przestawiono 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 3%.



Rys. 101. Przekroje typowych wodospustów: a – drewniany z bali, b – drewniany z krawędziaków typ I, c – drewniany z krawędziaków typ II, d – z kamienia lub drewna [opracowano na podstawie: Drogi leśne 2006].

Przykłady realizacji

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

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

Fot. 108. Wodospust wykonany z pojedynczego okrąglaka, Węgierska Górka (fot. L. Książek)

Fot. 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 50–100 m.
Na drogach leśnych, gdzie zimą prowadzi się odśnieżanie, przy wodospustach zaleca się wbicie wysokich palików, sygnalizujących kierowcy miejsce, w którym należy unieść pług.

Fot. 110. Wodospust z kłód drewnianych, Nadleśnictwo Wisła (fot. J. Lasota, 2025)

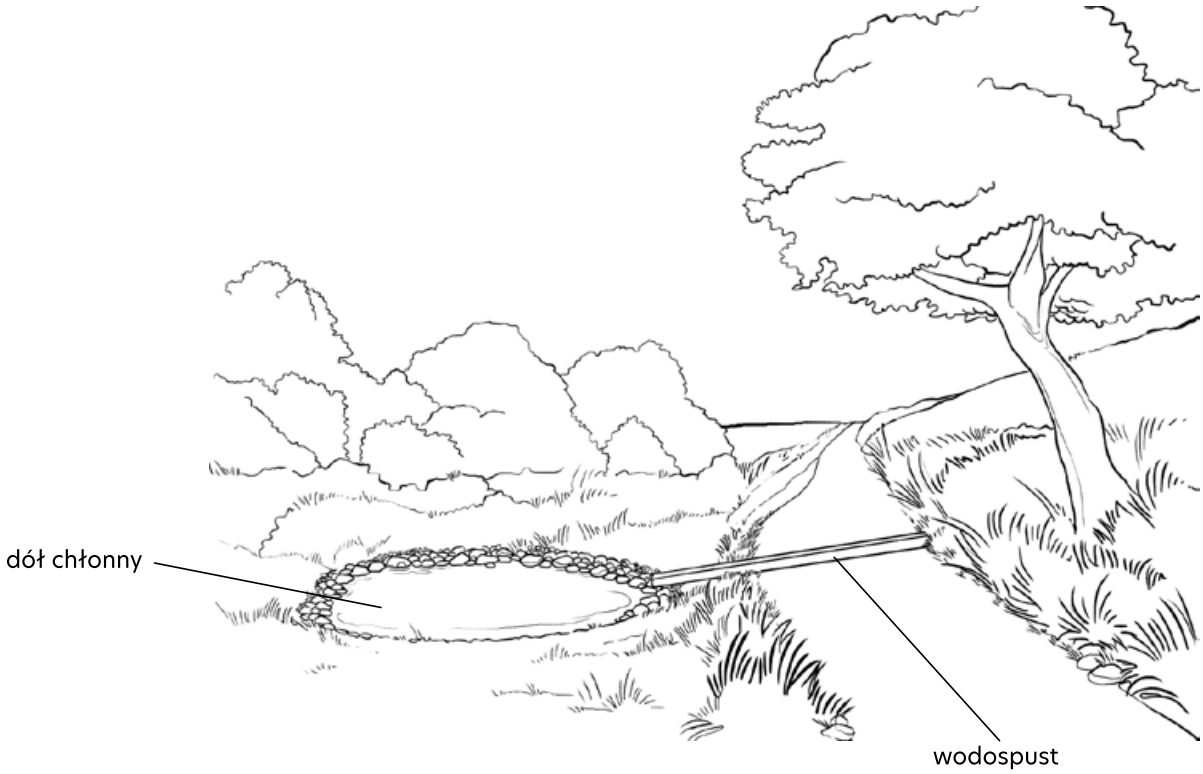
Efekty w środowisku

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

Doły/niecki chłonne

Opis zalecanych rozwiązań

Doły chłonne magazynują wodę zbieraną 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.



Rys. 102. Dół chłonny (opracowanie URK na podstawie realizacji w Nadleśnictwie Jugów)

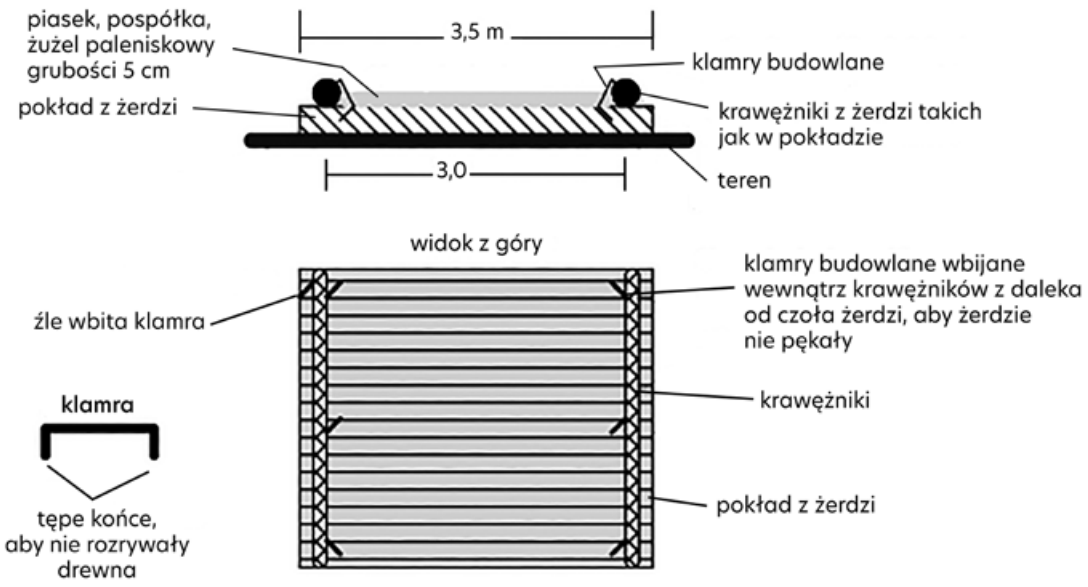
Efekty w środowisku

Doły chłonne zwiększają retencję glebową i zatrzymują wodę w lesie, dodatkowo pełnią funkcje mikrozbiorników (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.

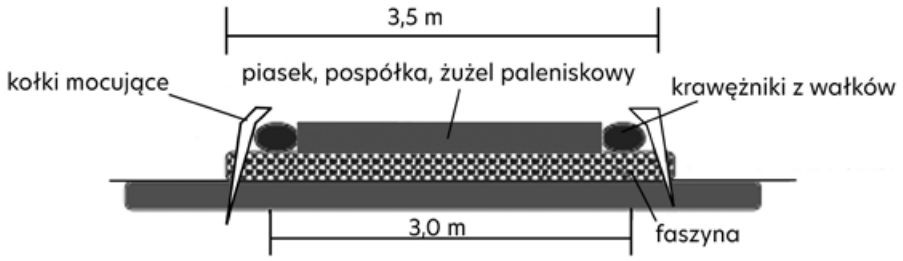
Dylówka, dylowanka, dylina

Opis zalecanych rozwiązań

Żerdzie dębowe ułożone na krótkich odcinkach (w ramach Projektu do 1000 m), obok siebie i poprzecznie do osi drogi. Krawężniki drewniane umieszczone po obu stronach drogi powinny być spięte klamrami budowlanymi. Wałki drewniane powinny zostać przysypane warstwą piasku, pospółki lub gruntu rodzimego o grubości min. 5–10 cm. W celu wydłużenia trwałości drewna dylówki powinny byś stale wilgotne.
Takie rozwiązania stosowane są na gruntach sypkich – trudno przejezdnych, o wysokim poziomie wód gruntowych lub torfach. Jako nawierzchnie można również wykorzystywać faszynę brzozową lub olchową.

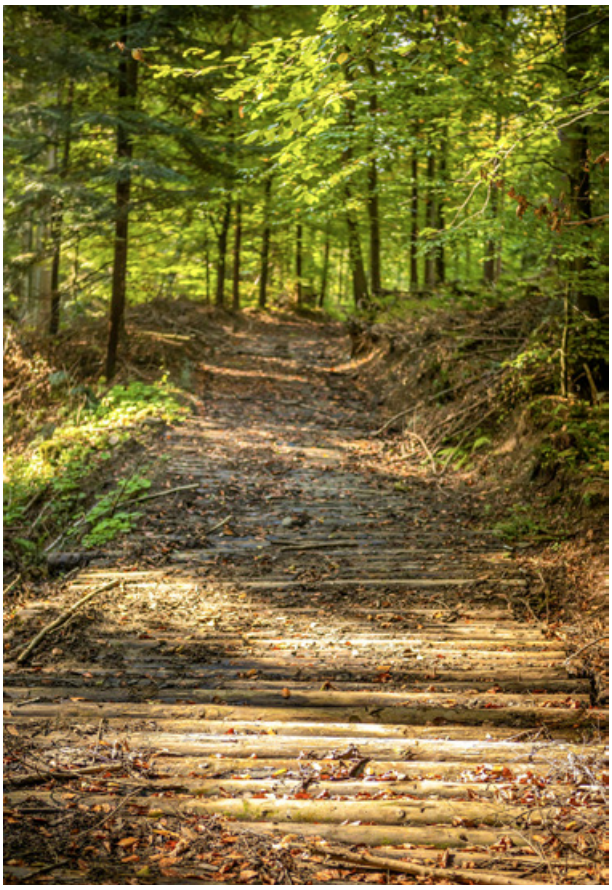


Rys. 103. Dylówka z żerdzi dębowych [opracowano na podstawie: Drogi leśne 2006]



Rys. 104. Dylówka z faszyny [opracowano na podstawie: Drogi leśne 2006]

Przykład realizacji



Fot. 111. Dylowanka 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

Współczesne obserwacje klimatyczne jednoznacznie wskazują na nasilającą się częstotliwość oraz intensywność ekstremalnych zjawisk pogodowych. W Europie Środkowej, w tym w Polsce, coraz wyraźniej zauważalne są skutki postępujących zmian klimatu, przejawiające się m.in. wzrostem średnich rocznych temperatur, niestabilnością opadów oraz ekstremami hydrologicznymi w postaci susz i powodzi. Dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW)

oraz raporty IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021] potwierdzają, że Polska znajduje się w strefie szczególnie narażonej na wzrost liczby dni bezopadowych oraz pojawianie się intensywnych opadów o charakterze nawalnym, co prowadzi do istotnego zaburzenia bilansu wodnego. Rok 2023 był kolejnym z rzędu o rekordowo wysokiej średniej temperaturze powietrza. Według danych IMGW (2024), średnia temperatura w Polsce wyniosła 10,4°C, co oznacza przekroczenie normy wieloletniej (1991–2020) o ponad 1,6°C. Równocześnie obserwowano wyraźne zmiany w rozkładzie i strukturze opadów. Chociaż średnioroczna suma opadów atmosferycznych w Polsce od kilku dekad utrzymuje się na względnie stałym poziomie (średnio ok. 600 mm/rok), to coraz częściej dochodzi do ich koncentracji w krótkich, intensywnych epizodach. Przykładowo, w 2017 roku odnotowano wyjątkowo wysoką roczną sumę opadu, przekraczającą 700 mm, natomiast w latach 2015 i 2018 była ona znacznie niższa, na poziomie ok. 490 mm. W konsekwencji tych zmian meteorologicznych dochodzi do okresowego obniżania stanów wód powierzchniowych, czego przykładem są historycznie niskie poziomy Wisły oraz całkowite wysychanie mniejszych cieków i rowów melioracyjnych w miesiącach letnich. Zmiany te mają istotne implikacje dla gospodarowania zasobami wodnymi w kontekście przeciwdziałania skutkom suszy i powodzi, wymagają nowego podejścia do projektowania infrastruktury retencyjnej i systemów odwodnieniowych. Dodatkowo, analiza trendów klimatycznych wykazuje, że w skali kraju mamy do czynienia nie tyle ze spadkiem całkowitej ilości opadów, ile z ich coraz bardziej nierównomiernym rozkładem w czasie i przestrzeni. Zjawiska te prowadzą do wydłużania okresów suszy atmosferycznej oraz hydrologicznej i glebowej, przerywanych intensywnymi opadami powodującymi lokalne podtopienia i powodzie błyskawiczne.

W związku z ciągle postępującymi zmianami klimatu konieczne staje się dostosowanie podejścia do projektowania oraz utrzymania obiektów hydrotechnicznych. Choć zakres dostępnych rozwiązań jest ograniczony, a wprowadzone modyfikacje nie będą stanowić pełnej gwarancji ochrony przed wszystkimi zmiennymi czynnikami meteorologicznymi, to w określonych przypadkach mogą one przyczynić się do zwiększenia szans na przetrwanie organizmów wodnych oraz ekosystemów związanych z wodami podczas wystąpienia ekstremalnych zdarzeń hydrometeorologicznych. Dodatkowo, odpowiednio zaprojektowane i wdrożone rozwiązania mogą przyczynić się do zmniejszenia ryzyka strat materialnych w przypadku wystąpienia zjawisk powodziowych i podtopień.

1.1. Rozwiązania możliwe do zastosowania w zbiornikach wodnych

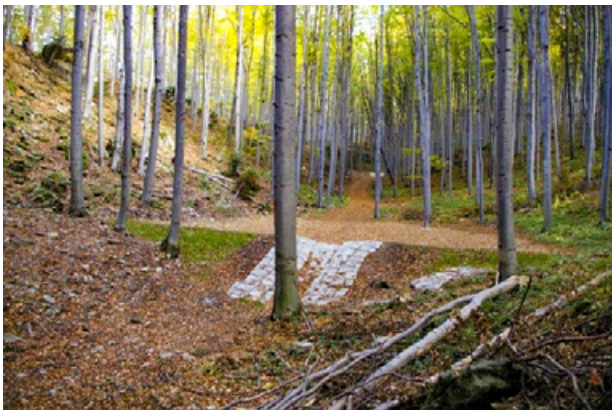
W przypadku zbiorników przepływowych, zasilanych ciekami o niewielkim przepływie lub systemami rowów melioracyjnych, w okresach suszy hydrologicznej istnieje ryzyko obniżenia poziomu wody w cieku poniżej zbiornika, który nie zapewni zachowania przepływu nienaruszalnego. Z kolei w odniesieniu do zbiorników bocznych długotrwałe okresy niskich stanów wód mogą prowadzić do przerwania dopływu wody, a tym samym czasowego obniżenia poziomu wody w zbiorniku. Największą wrażliwością hydrologiczną cechują się zbiorniki zasilane wyłącznie spływem powierzchniowym, których funkcjonowanie uzależnione jest bezpośrednio od lokalnego bilansu opadów atmosferycznych, parowania oraz infiltracji i podsiąkania wód gruntowych. Z uwagi na ich rolę retencyjną i funkcję wspierającą stabilność lokalnych ekosystemów wodnych, obiekty przechwytujące oraz magazynujące wodę powinny być lokalizowane możliwie w jak największej liczbie, ze szczególnym uwzględnieniem górnych partii zlewni.

Zbiorniki zasilane wyłącznie spływem powierzchniowym mogą powstawać praktycznie w dowolnym typie terenu. Jednakże skuteczność ich funkcjonowania, w szczególności w zakresie napełniania i stabilności poziomu zwierciadła wody, jest ściśle uzależniona od właściwego do-

boru lokalizacji. Kluczowe znaczenie mają tutaj: ukształtowanie terenu przyległego, powierzchnia zlewni bezpośrednio odprowadzającej wody opadowe do zbiornika, a także rodzaj gruntu, na którym obiekt jest posadowiony. Dotychczasowe doświadczenia terenowe, m.in. z obszaru Nadleśnictwa Stuposiany, jednoznacznie wskazują na wysoką skuteczność nowo wybudowanych zbiorników retencyjnych, które napełniły się w krótkim czasie po realizacji inwestycji. Co istotne, poziom wody w tych obiektach pozostaje stabilny nawet podczas długotrwałych okresów suszy i fal upałów. Analogiczne przedsięwzięcia zostały zrealizowane przez Nadleśnictwa Nawojowa i Piwniczna. Wykorzystano tam istniejące zagłębienia terenowe, które zaadaptowano na niewielkie, niskokosztowe zbiorniki wodne o wysokiej efektywności funkcjonalnej oraz walorach estetycznych, dobrze wpisujące się w lokalny krajobraz. Przedstawione przykłady stanowią dowody udanych działań adaptacyjnych w zakresie gospodarki wodnej, potwierdzających możliwość skutecznego gromadzenia wody również na znacznych wysokościach n.p.m. Niewątpliwie sprzyjającym czynnikiem jest również ich lokalizacja. W większości przypadków zbiorniki te usytuowane są w miejscach silnie zacienionych, co ogranicza intensywność parowania i wspomaga retencję wody. Wybrane przykłady ilustrujące opisane realizacje przedstawiono na fotografiach 112–117.

Fot. 112., **Fot. 113.**, **Fot. 114.** i **Fot. 115.** Przykłady wykorzystania naturalnego ukształtowania terenu do realizacji zbiornika retencyjnego lub kałuży ekologicznej: Nadleśnictwo Świdnica, 2015 (archiwum CKPŚ), Nadleśnictwo Świeradów, 2021 (fot. J. Smarczewski), Nadleśnictwo Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ), Nadleśnictwo Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ)

Fot. 116. Zbiornik retencyjny na spływ powierzchniowy zaraz po wybudowaniu, Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ)



Fot. 117. Mikroretencja w bezodpływowych zagłębieniach terenu – kaskada zbiorników w szerokim wąwozie w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ)

Wskazane wcześniej zagrożenia w równym stopniu odnoszą się do wszystkich typów zbiorników. Istnieje szereg działań, jakie można podjąć w celu ich skutecznej minimalizacji:

Po pierwsze – zwiększyć zasilanie w wodę, np. w czasie wyboru lokalizacji zbiornika, a nawet w przypadku obiektów istniejących, podlegających przebudowie. Należy dążyć do możliwie pełnego wykorzystania wszystkich potencjalnych źródeł dopływu wody do zbiornika z obszarów przyległych. Największy potencjał w tym zakresie mają obszary górskie, gdzie naturalna rzeźba terenu sprzyja koncentracji i ukierunkowaniu spływu powierzchniowego. W warunkach nizinnych, zwłaszcza w sąsiedztwie intensywnie użytkowanych terenów rolniczych, kwestie dotyczące przekierowania wód powierzchniowych są utrudnione ze względu na zwiększone ryzyko eutrofizacji zbiornika, wynikające z podwyższonego ładunku biogenów (głównie azotu i fosforu) spływających z pól uprawnych. Niemniej jednak, efektywność dopływu i jakość wody zasilającej zbiornik zależą w dużej mierze od lokalnych uwarunkowań fizjograficznych w obrębie zlewni.

W przypadku projektowania zbiorników zlokalizowanych na zboczach, zaleca się ich lokalizacje w miejscach, gdzie układ mikrozlewni umożliwia efektywne wykorzystanie nie tylko stałych cieków wodnych (np. rowów melioracyjnych lub strumieni), lecz również innych, nawet niewielkich cieków okresowych. Również w przypadku już istniejących obiektów hydrotechnicznych często istnieje możliwość zwiększenia efektywności ich zasilania poprzez przechwycenie dopływów wcześniej omijających obiekty lub uchodzących poniżej ich lokalizacji.

Istotny potencjał w zakresie zwiększenia zasilania zbiorników wodnych stanowi odpowiednie zagospodarowanie wód opadowych i roztopowych spływających powierzchniowo po drogach leśnych oraz szlakach zrywkowych zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu. W wielu przypadkach możliwe jest zwiększenie zasilenia zbiornika w spływ powierzchniowy poprzez zastosowanie rozwiązań inżynieryjnych, umożliwiających ukierunkowanie przepływu, np. poprzez systemy wodospustów. Dodatkowym rozwiązaniem wspomagającym efektywne zasilanie zbiornika może być lokalne utworzenie muld czy niewielkich grobli kierujących odpływy bezpośrednio do zbiornika lub wzdłuż naturalnych tras spływu wód do takich obiektów.

W przypadku zbiorników zlokalizowanych na terenach nizinnych konieczne jest dokonanie bilansu potencjalnych korzyści ekologicznych wynikających z poprawy retencji wodnej oraz negatywnych skutków środowiskowych, które mogą wiązać się z doprowadzaniem wód pochodzących z obszarów rolniczych. W sytuacjach, gdy dopływ z pól uprawnych stanowi jedyne realne źródło

Fot. 118. Zbiornik retencyjny na spływ powierzchniowy, 2015 (archiwum CKPŚ)

Fot. 119. Końcowy zbiornik w układzie kaskadowym w Nadleśnictwie Baligród zasilanym z cieku, a dodatkowo także wodą doprowadzoną z rowu przydrożnego – na pierwszym planie widoczne miejsce zasilania zbiornika wodą z rowu (fot. M. Mikulska)

zwiększenia zasilania zbiornika, należy każdorazowo przeprowadzić szczegółową ocenę ryzyka związanego z możliwym dopływem biogenów oraz przyspieszoną eutrofizacją zbiornika. Kwestia ta została szczegółowo omówiona w punkcie dotyczącym procesów eutrofizacji.

Po drugie – ograniczyć nasilenie procesów parowania. Skutecznym sposobem jest osłonięcie pasem zadrzewień, zwłaszcza od strony, gdzie nasłonecznienie jest najbardziej intensywne i trwałe przez większą część dnia. Należy jednak pamiętać, że sadzenie drzew w bezpośredniej bliskości zbiornika może prowadzić do negatywnych skutków, takich jak zwiększona akumulacja liści lub igieł w wodzie, co przyczynia się do przyspieszenia procesów eutrofizacji. Aby zminimalizować ten efekt, można zastosować urządzenia upustowe, które umożliwią swobodny odpływ biomasy unoszącej się na powierzchni wody. W tym kontekście szczególnie efektywne mogą okazać się przelewy powierzchniowe, które pozwalają na odprowadzenie nadmiaru organicznych zanieczyszczeń. Dodatkowo, istotny jest dobór odpowiednich gatunków drzew otaczających zbiornik. Linie drzew nie muszą przebiegać bezpośrednio nad samą powierzchnią wody, gdyż kluczowe jest zapewnienie odpowiedniego cienia, który ogranicza nasłonecznienie akwenów, a tym samym redukuje parowanie.

Po trzecie – zastosować nieregularny przekrój dna zbiornika. Dno zbiornika, w szczególności w przypadku przebudowy starych stawów hodowlanych, nie powinno być płaskie. Należy celowo tworzyć obniżenia terenu, w tym miejsca głębsze (najlepiej kilka takich punktów), w których woda wolniej osiąga wyższe temperatury. Takie zagłębienia sprzyjają także utrzymaniu wody przez dłuższy czas w okresach ekstremalnych susz i obniżenia poziomu zwierciadła wody, stanowiąc tym samym schronienie dla organizmów wodnych. Dodatkowo, w sytuacji zagrożenia całkowitego wyschnięcia zbiornika oraz konieczności przeniesienia żyjących tam organizmów wodnych, szczególnie gatunków chronionych, tworzenie takich obniżeń w dnie zbiornika sprzyja koncentracji organizmów w tych głębszych rejonach, co ułatwia ich wyłowienie i ewentualne przeniesienie do innych zbiorników.

Problem ten jest szczególnie istotny w kontekście adaptacji dawnych, wielkoobszarowych stawów hodowlanych, o stosunkowo niewielkim piętrzeniu, płytkiej wodzie i płaskim dnie. W takich obiektach woda charakteryzuje się szybkim nagrzewaniem i równomiernym wysychaniem na większych powierzchniach, co w okresach długotrwałych susz może prowadzić do całkowitej degradacji organizmów w zbiorniku. Dodatkowo, zbiorniki te wykazują tendencję do szybkiego zarastania, a ekspansja roślinności i wzrost ewapotranspiracji przyczyniają się do dalszego pogarszania jakości środowiska wodnego oraz obniżenia funkcji retencyjnej tych obiektów.

Zaleca się ukształtowanie profilu dna zbiornika w formie tarasowej, co umożliwia koncentrację wody w miarę wysychania zbiornika na coraz mniejszym obszarze, przy równoczesnym zmniejszaniu powierzchni lustra wody. Obszary o większej głębokości sprzyjają obniżeniu temperatury wód przy dnie, a przede wszystkim wydłużają czas utrzymywania się wody w akwenie podczas okresów suszy, co może umożliwić przetrwanie organizmom wodnym do czasu wystąpienia kolejnych opadów. W trakcie przebudowy/rozbudowy zbiornika zaleca się projektowanie obszarów przegłębionych, o znacznie niższej rzędnej w porównaniu do pierwotnego poziomu dna oraz dna koryta wylotu. Głębokość tych przegłębień może sięgać nawet do poziomu warstw wodonośnych, obecnych w gruncie w czasie, gdy zbiornik jest napełniony wodą.

Miejsca zagłębień w dnie zbiornika będą podatne na szybsze procesy zamulania. Procesowi temu można przeciwdziałać w sposób techniczny, szczególnie w przypadku zbiorników wyposażonych w upust denny (spust). Upust ten może być wykorzystywany do oczyszczania zagłębień z osadów dennych. Zanieczyszczone osady wymagają odpowiedniego zagospodarowania. Tego rodzaju rozwiązania są niskokosztowe i charakteryzują się prostotą w obsłudze.

Fot. 120. Ekspansja roślinności na płaskim dnie zbiornika, 2015 (archiwum CKPŚ)

Fot. 121. Zróżnicowany profil dna zbiornika, Nadleśnictwo Celestynów, 2021 (fot. J. Smarczewski)

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 cieku 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 określonych warunkach wskazane jest zastosowanie przegrody filtracyjnej. Funkcję tę może pełnić zapora przeciw rumoszowi dennemu oraz materiałowi organicznemu, takiemu jak liście, kawałki drewna, pełniąca rolę bariery mechanicznej. Rozwiązanie to najczęściej przybiera formę palisady wykonanej z okrąglaków (drewnianych pali), wbitych pionowo w dno cieku, rozmieszczonych w sposób umożliwiający przepływ wody, lecz zatrzymujący większe elementy stałe. Tego typu konstrukcja redukuje ryzyko zamulania i zatorów w dalszej części układu hydrotechnicznego.

Zintegrowane zastosowanie progu dennego z zaporą przeciwrumoszową stanowi rozwiązanie wspomagające proces sedymentacji oraz ograniczające dopływ osadów dennych do zbiornika głównego. Konstrukcja taka efektywnie zatrzymuje większe frakcje materiału wleczonego, umożliwiając ich osadzanie się w strefie wstępnej lub przed zbiornikiem właściwym, co sprzyja zwiększeniu efektywności retencyjnej i eksploatacyjnej obiektu. Należy jednak podkreślić, że w przypadku cieków o charakterze naturalnym, w których odbywa się migracja ichtiofauny, zastosowanie tego typu przegrody może stanowić barierę biologiczną, znacznie ograniczającą lub całkowicie uniemożliwiającą przemieszczanie się ryb. W związku z tym implementacja omawianego rozwiązania w ciekach o istotnym znaczeniu przyrodniczym lub o potwierdzonym występowaniu tras migracyjnych ryb nie jest zalecana i nie powinna być stosowana bez uprzedniej oceny oddziaływania na środowisko.

Po piąte – ocenić wpływ eutrofizacji i zamulania na zbiornik. Eutrofizacja to proces nadmiernego wzbogacania wód powierzchniowych w pierwiastki biogenne, przede wszystkim związki azotu i fosforu, skutkujący wzrostem żyzności wód. W konsekwencji dochodzi do intensywnego rozwoju fitoplanktonu (tzw. zakwity wód) oraz mikroorganizmów beztlenowych (saprobiontów). Proces ten skutkuje akumulacją znacznych ilości materii organicznej w osadach dennych, co prowadzi do zmniejszenia klarowności wody i ograniczenia dostępu światła słonecznego do głębszych warstw zbiornika. To z kolei powoduje obumieranie roślinności bentosowej i inicjuje sukcesywne wypłycanie akwenu w wyniku zwiększonej sedymentacji.

Główne czynniki sprzyjające procesom eutrofizacji wiążą się z antropopresją człowieka w zlewni. Zalicza się do nich: dopływ nieoczyszczonych lub niedostatecznie oczyszczonych ścieków, a także niewłaściwie prowadzona gospodarka rolna. Szczególne znaczenie mają spływy powierzchniowe zawierające biogeny, które pochodzą z nawozów mineralnych i organicznych, prowadzące do zwiększonego ładunku związków azotu i fosforu w środowisku wodnym. Główne przyczyny nasilenia eutrofizacji wynikające z działalności rolniczej to:

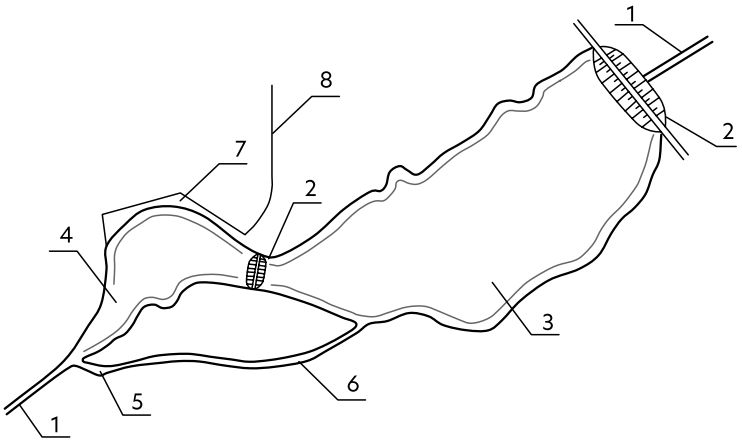
- uprawa gruntów ornych w bezpośrednim sąsiedztwie cieku/zbiornika;
- brak stref buforowych ograniczających dopływ biogenów z pól;
- niewłaściwy kierunek uprawy roli na stokach;
- intensywna produkcja rolna (bez przedplonów i poplonów);
- produkcja zwierzęca, w tym wypas bydła.

W pewnym stopniu do eutrofizacji może przyczyniać się również niewłaściwie prowadzona gospodarka leśna. Wśród najistotniejszych mechanizmów sprzyjających temu zjawisku można wymienić:

- niewłaściwy kierunek prowadzenia zrywki drewna ze stoków;
- wylesione i niezagospodarowane duże tereny po zrębach i klęskach żywiołowych;
- zanieczyszczanie cieków materiałem mineralnym i organicznym w czasie prac leśnych.

Wypłycenie się akwenu może prowadzić do powstania inicjalnych zbiorowisk bagiennych. W takiej sytuacji zarośnięcie akwenu może być zjawiskiem korzystnym. Roślinność bagienna działa jak skuteczny filtr oczyszczający z biogenów dopływającą wodę, zwłaszcza z otaczających użytków rolnych. W takiej sytuacji należy pozostawić taki zbiornik do naturalnego zarośnięcia.

W kontekście przeciwdziałania eutrofizacji istotne, choć często niedoceniane, znaczenie ma stosowanie zbiorników wstępnych. Ich główną funkcją jest przechwytywanie rumoszu zawieszonego i wleczonego, który może być łatwo usunięty bez konieczności opróżniania zbiornika głównego. Tego typu obiekty odgrywają zatem rolę naturalnych osadników, ograniczających dopływ substancji biogennych i cząstek stałych do zasadniczej części zbiornika. Zbiorniki wstępne często są nasadzane roślinnością naczyniową, która wykazuje bardzo dobre zdolności zatrzymywania i wiązania związków azotu i fosforu, co przyczynia się do poprawy jakości wody i ograniczenia tempa eutrofizacji. Z uwagi na stosunkowo niewielką powierzchnię, prace konserwacyjne i odmuleniowe prowadzone w obrębie zbiorników wstępnych charakteryzują się mniejszym zakresem niż w zbiornikach głównych. Powinny być one jednak realizowane z większą częstotliwością, co pozwala na bieżące kontrolowanie dopływu zanieczyszczeń i skuteczne zarządzanie stanem troficznym całego rozwiązania. Dodatkowym atutem tych obiektów jest często towarzysząca im infrastruktura techniczna, w tym drogowa, co znacznie usprawnia prowadzenie niezbędnych prac eksploatacyjnych i serwisowych. Na rycinie 105 przedstawiono schemat zbiornika głównego wraz ze zbiornikiem wstępnym.



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

Rys. 105. Zbiornik ze zbiornikiem wstępnym zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo 1993]

Jednym z innowacyjnych rozwiązań możliwych do zastosowania w zbiornikach wodnych, które dodatkowo może wspomagać procesy samooczyszczania, są sztuczne wyspy pływające. Konstrukcje te najczęściej przyjmują formę platform o szkielecie wykonanym z drewna lub tworzyw sztucznych, pokrytych matami z biodegradowalnych materiałów, takich jak włókna kokosowe, juta bądź naprzemiennie ułożone ścięte łodygi trzciny pospolitej lub słomy. Na powierzchni wy-

spy nasadza się hydrofitową roślinność naczyniową, której korzenie rozwijają się w toni wodnej, umożliwiając aktywne pobieranie związków biogennych i wspomagając procesy biofiltracji. Do typowych gatunków stosowanych w tego typu instalacjach należą: jeżogłówka gałęziasta, kosaciec żółty, manna mielec, manna zwyczajna, pałka szerokolistna, pałka wąskolistna, sit rozpierzchły, tatarak zwyczajny, trzcina pospolita, turzyca brzegowa. Sztuczne wyspy pływające symulują warunki środowiskowe zbliżone do naturalnych siedlisk przybrzeżnych, tworząc dogodne otoczenie zarówno dla rozwoju roślinności wodnej, jak i dla ptactwa wodno-błotnego, które może je wykorzystywać jako miejsca lęgowe. Platformy te mogą być projektowane w różnych kształtach i rozmiarach, co umożliwia ich dostosowanie do specyfiki danego akwenu. Niezbędnym elementem ich montażu jest trwałe zakotwiczenie konstrukcji do dna zbiornika w celu zapewnienia stabilności i zapobieżenia dryfowaniu. Na fotografiach 122 i 123 przedstawiono wykorzystanie sztucznych wysp pływających na wybranych zbiornikach.

Fot. 122. Pływająca wyspa – efekt jeszcze bez roślinności [http://old.zpkww.pl]

Fot. 123. Zasiedlone wyspy (fot. L. Iwanowski) [www.hydrolech.com.pl]

1.2. Rozwiązania możliwe do zastosowania w budowlach piętrzących i komunikacyjnych

Obecnie wciąż obserwuje się przypadki projektowania poprzecznych obiektów hydrotechnicznych w korytach cieków bez należytego uwzględnienia parametrów odpowiadających przepływom niskim. Tego rodzaju podejścia projektowe są krytycznie oceniane w literaturze przedmiotu, wytycznych projektowych oraz zbiorach dobrych praktyk z zakresu inżynierii wodnej. Należy podkreślić, że w ostatnich latach coraz częściej obserwuje się ekstremalnie niskie i wysokie przepływy, których wcześniej nie odnotowywano. W związku z tym wszystkie typy obiektów retencyjnych powinny być projektowane z uwzględnieniem rozwiązań konstrukcyjnych odpornych zarówno na skutki wezbrań o charakterze katastrofalnym, jak i na występowanie długotrwałych okresów ekstremalnie niskich stanów wód. Projektowanie to powinno zapewniać zachowanie ciągłości ekologicznej cieku, zgodnie z obecnymi standardami ochrony środowiska i zasadami zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi.

W warunkach obniżonego poziomu wód w korycie cieku omawiane obiekty hydrotechniczne mogą stanowić bariery nieprzekraczalne dla organizmów wodnych, prowadząc tym samym do przerwania ciągłości ekologicznej cieku. Jednym z częstych ograniczeń projektowych tego

typu konstrukcji jest całkowicie płaski przekrój poprzeczny dna, co w połączeniu z nadmierną szerokością obiektu skutkuje rozproszeniem przepływu i prowadzi do powstania warstwy wody o niewystarczającej głębokości, która umożliwiałaby migrację ichtiofauny i innych organizmów wodnych. Na fotografii 124 przedstawiono przykład błędnie zaprojektowanej konstrukcji hydrotechnicznej.

Fot. 124. Błędnie zaprojektowana rzędna dna ograniczająca migrację ryb podczas niżówek [Kosicki 2011]

Posadowienie elementów przepustowych, takich jak skrzynki czy rurociągi, na tej samej rzędnej wysokościowej stanowi istotny błąd projektowy, prowadzący do braku koncentracji przepływu w jednym ciągu hydraulicznym. W warunkach niskich stanów wody skutkuje to rozproszeniem strugi i w efekcie tworzy barierę migracyjną dla organizmów wodnych. Dodatkowo często obserwuje się, że łączna szerokość świateł takich obiektów znacznie przekracza szerokość naturalnego koryta cieku, co potęguje efekt rozproszenia przepływu. Proponowanym rozwiązaniem takich ograniczeń, możliwym do zastosowania zarówno w przebudowie istniejących przepustów, jak i na etapie projektowania nowych obiektów, jest zastosowanie wewnętrznych ścianek prowadzących (ukierunkowujących), które przy niskich stanach wody koncentrują przepływ w jednej komorze. Takie podejście pozwala zachować ciągłość ekologiczno-hydrauliczną i poprawia warunki migracji ichtiofauny oraz innych organizmów wodnych.

Analogiczny problem występuje również w przypadku brodów, szczególnie w sytuacjach, gdy ich pokład posiada płaską płaszczyznę. Tego typu geometria konstrukcyjna powoduje rozproszenie przepływu i prowadzi do rozlewania się wody cienką warstwą na całej szerokości obiektu, co w warunkach niskiego przepływu również skutkuje powstaniem bariery dla migracji organizmów wodnych.

Rozwiązaniem minimalizującym przedstawiony problem może być wprowadzenie niewielkiego, kilkuprocentowego nachylenia płaszczyzny poprzecznej obiektu w kierunku osi symetrii przekroju. Takie obustronne spadki umożliwiają koncentrację przepływu w centralnej części konstrukcji, nawet przy bardzo niskich stanach wody, tworząc strugę o zwiększonej głębokości i ciągłości hydraulicznej. Geometria tego typu, zbliżona do litery „V” o dużym kącie rozwarcia, pozwala znacząco poprawić warunki migracyjne dla organizmów wodnych. Fotografia 125 przedstawia przykład proponowanego rozwiązania.

Fot. 125. Bród drewniano-kamienny koncentrujący wodę pośrodku, Nadleśnictwo Jeleśnia (fot. J. Smarczewski, 2021)

W przypadku brodów o niewielkich gabarytach, lokalizowanych na małych ciekach, często charakteryzujących się znaczną zmiennością dynamiki przepływów, wskazane jest stosowanie przelewów dedykowanych dla przepływów niskich. Tego rodzaju rozwiązania (fot. 126) pozwalają na zapewnienie minimalnego ciągłego przepływu w środkowej części brodu, co sprzyja utrzymaniu ciągłości ekologicznej nawet w okresach niskiego lub epizodycznego zasilania cieku. Nawet w przypadku cieków okresowo prowadzących wodę wdrożenie tego typu przelewów jest korzystne z punktu widzenia funkcji środowiskowych i hydraulicznych obiektu.

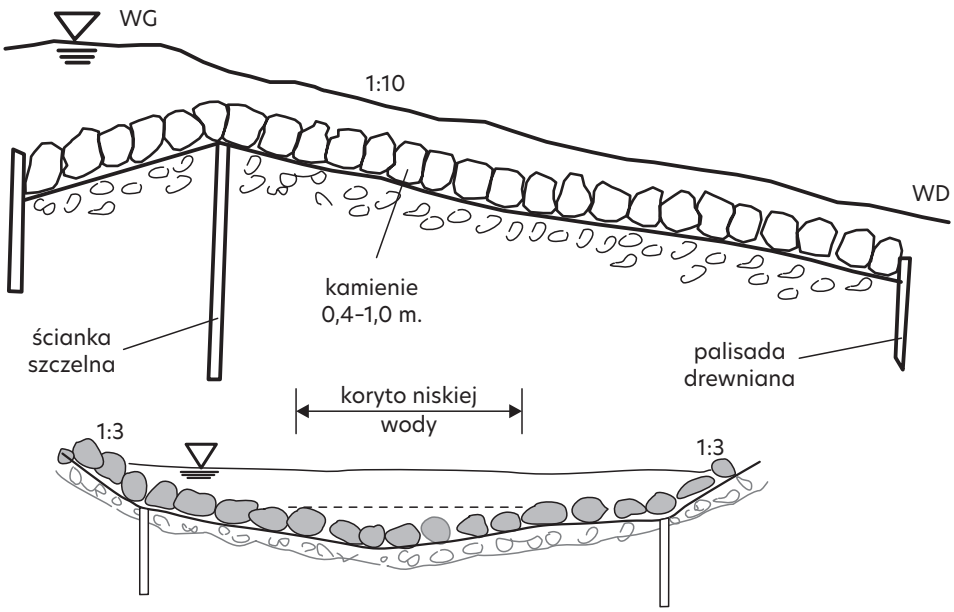
Fot. 126. Przelew na małą wodę w środkowej części brodu, Nadleśnictwo Jawor (archiwum CKPŚ)

Zarówno w przypadku bystrzy, jak i brodów wyposażonych w próg oraz klasycznych progów poprzecznych istotnym aspektem projektowym jest zapewnienie ukierunkowanego, skoncentrowanego przepływu przy niskich stanach wody. Koncentracja przepływu w wyznaczonej strefie pozwala utrzymać ciągłość hydrauliczną i migracyjną cieku, ograniczając rozpraszanie przepływu na zbyt dużej powierzchni.

Fot. 127. Przejazd przez rzekę w bród, Nadleśnictwo Strzyżów, 2015 (archiwum CKPŚ)

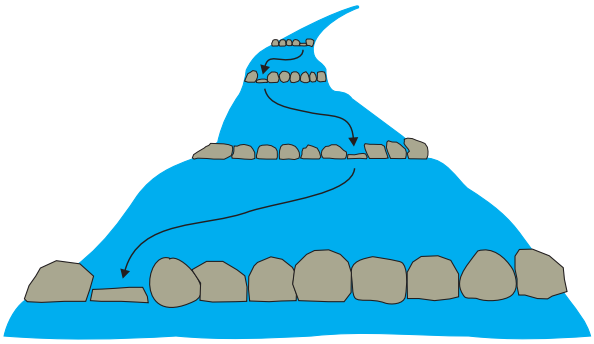
Fot. 128. Próg z obniżonym przelewem w Nadleśnictwie Solec Kujawski (fot. J. Smarczewski, 2023)

Przykład przekroju poprzecznego V-kształtnego progu z pochylnią (bystrzem) przedstawiono na rysunku 106.



Rys. 106. V-kształtny przekrój poprzeczny bystrza [opracowano na podstawie: Radecki--Pawlik 2008, 2009]

W przypadku kaskady progów konieczne jest również wyposażenie ich w przelewy dedykowane przepływom niskim, optymalnie rozmieszczone naprzemiennie względem osi podłużnej cieku (rys. 107). Tego rodzaju rozwiązanie umożliwia koncentrację przepływu przy niskich stanach wody. Dodatkowym efektem funkcjonalnym takiej konstrukcji jest sprzyjanie akumulacji osadów dennych, co z kolei prowadzi do powstawania lokalnych mikrostruktur tworzących efekt meandrowania. Proces ten powoduje spowolnienie przepływu i wytracenie energii wody.



Rys. 107. Progi kamienne z naprzemiennymi przelewami (rys. K. Guzek, P. Włodarczyk, zmieniony)

Fot. 129. Kaskada bardzo niskich progów, łatwa do pokonania dla organizmów wodnych, brak przelewów na małą wodę (fot. T. Kowalik)

Zilustrowane powyżej (fot. 129) rozwiązanie konstrukcyjne z zastosowaniem belek drewnianych pełni istotną funkcję w kontekście dostosowania progów do wymogów migracji ichtiofauny. Poniżej progu tworzy się stale zasilana niecka wypadowa umożliwiająca rybom skuteczne pokonanie przeszkody poprzez „wybicie się" z głębszej wody. Dodatkowo, niecka ta odgrywa rolę schro-

Fot. 130. Erozja dna poniżej progu – brak ubezpieczenia niecki wypadowej, Nadleśnictwo Andrychów, 2005 (fot. L. Książek)

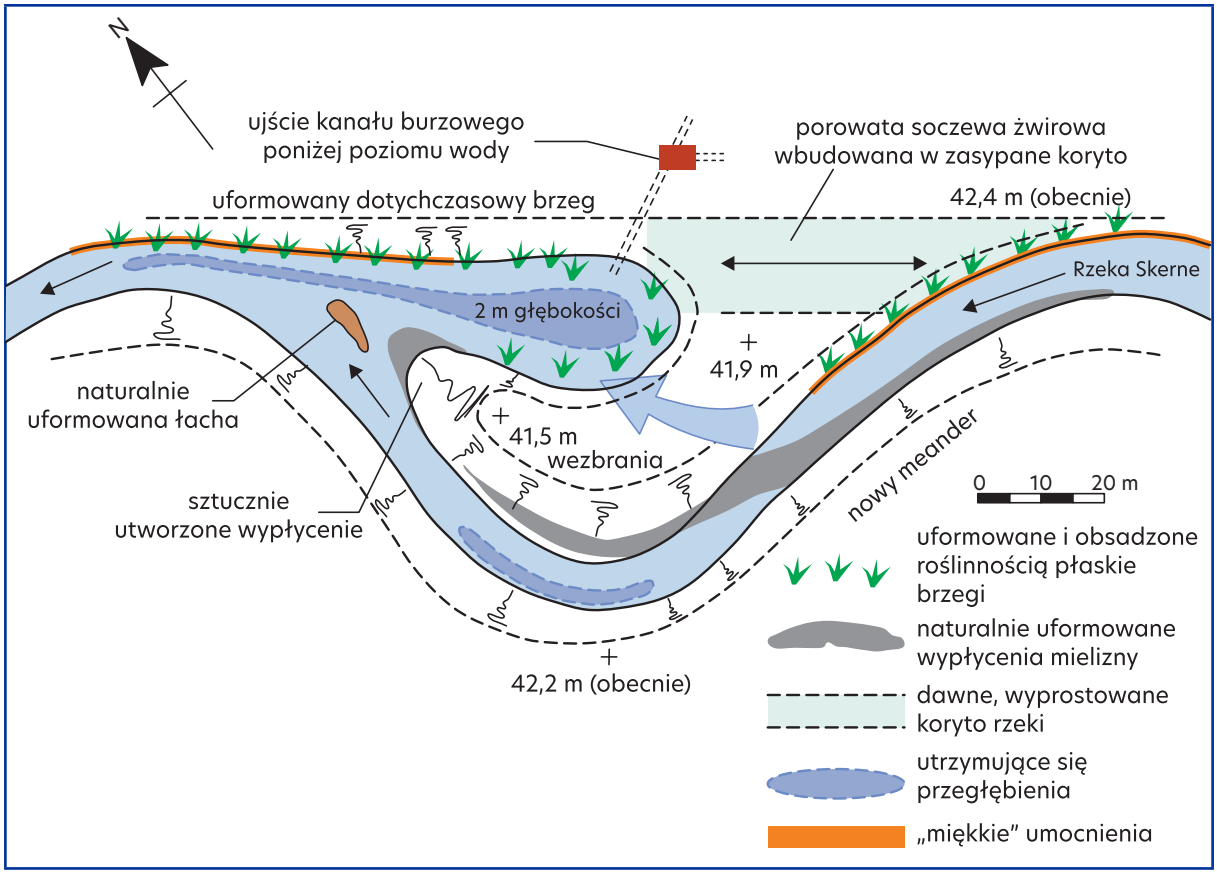
nienia dla różnych organizmów wodnych w okresach niskich stanów wody, podtrzymując warunki środowiskowe sprzyjające ich przetrwaniu. Rozwiązanie to ma również istotne zalety w zakresie ochrony przed erozją. Energia kinetyczna spadającej wody zostaje skutecznie wytracona w strefie niecki wypadowej, co ogranicza erozyjne oddziaływanie strugi na dno cieku. Dodatkowo, zastosowanie umocnień kamiennych poniżej progu stabilizuje podłoże i minimalizuje ryzyko erozji dennej.

Widoczna na fotografii 130 erozja denna, występująca poniżej progu, doprowadziła do obniżenia poziomu dna cieku, odsłaniając jego podstawę konstrukcyjną i w praktyce zwiększając wysokość progu. Tego typu zjawiska pogarszają warunki hydrauliczne oraz stanowią dodatkową barierę migracyjną. Dlatego też podpieranie nawet niskich progów za pomocą belek gurtowych w celu utworzenia niecki wypadowej i stabilizacji dna poniżej obiektu powinno stanowić standardową praktykę inżynierską. Rozwiązanie to może być również efektywnie stosowane w przypadku istniejących już progów, jako element przebudowy. W kontekście cieków naturalnych o stałym przepływie konieczne jest uwzględnianie wymogów związanych z zapewnieniem ciągłości biologicznej i możliwości migracji ichtiofauny. W związku z tym w konstrukcjach progów należy przewidywać przelewy umożliwiające przepływ niskiej wody oraz elementy ułatwiające migrację ryb. Szczególnie rekomendowane są naturalne formy przepławek, takie jak: rampy denne, pochylnie wykonane z materiałów o zwiększonej szorstkości (np. narzuty kamienne, rygle drewniane lub kamienne, struktury z głazów). Wśród skutecznych rozwiązań znajdują się również kaskady bardzo niskich progów z narzutem kamiennym, umożliwiające stopniowe pokonywanie różnic wysokości przez organizmy wodne.

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

W zależności od ukształtowania terenu oraz dostępności przestrzeni, istnieje możliwość tworzenia zatok zastoiskowych lub mikrozbiorników ekologicznych (kałuż), które pełnią ważną funkcję w ekosystemie cieków wodnych. W przypadku cieków silnie meandrujących do ich

utworzenia często wykorzystuje się odcięte meandry, starorzecza lub inne obniżenia terenu w bezpośrednim sąsiedztwie koryta cieku. Główną funkcją zatok zastoiskowych jest stworzenie przestrzeni sprzyjającej rozrodowi i żerowaniu organizmów wodnych, szczególnie w obszarach o niedynamicznym przepływie wody. Podczas warunków obniżenia poziomu wody, takich jak okresy suszy lub niżówek, zatoka zastoiskowa może stanowić miejsce przetrwania dla niektórych organizmów do czasu nadejścia opadów, pod warunkiem że jej głębokość jest większa niż głębokość koryta cieku. Czas utrzymywania wody w zatoce zastoiskowej zależy od wielu czynników, takich jak jej zacienienie czy rodzaj podłoża oraz jego przepuszczalność. W przypadkach, gdy podłoże jest mocno przepuszczalne, a zasilanie wodą z cieku zostało odcięte (np. w wyniku wyschnięcia cieku), zatoka może wyschnąć w krótkim czasie. Natomiast w przypadku gruntów mniej przepuszczalnych oraz naturalnego uszczelnienia dna zatoki przez namuły, woda może stagnować przez dłuższy okres, tworząc sprzyjające warunki do przeżycia organizmów wodnych w okresach niedoboru wody. Na rysunku 108 przedstawiono schemat odtworzenia zatok zastoiskowych na rzekach.



Rys. 108. Odtwarzanie zatok zastoiskowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006]

Opisane rozwiązanie zostało zastosowane przez Nadleśnictwo Międzylesie, gdzie na silnie erodującym i meandrującym cieku stworzono zatokę zastoiskową (fot. 131).

Podobnym rozwiązaniem są tzw. mikrozbiorniczki. Charakteryzują się one mniejszym powiązaniem morfologicznym z ciekiem niż zatoka. Niemniej, w czasie niżówek pełnią podobną funkcję. Wybór rozwiązania zależy głównie od ukształtowania terenu i rodzaju podłoża. Fotografie 132 i 133 obrazują małe zbiorniki boczne w Nadleśnictwie Lądek-Zdrój.

Fot. 131. Zatoka zastoiskowa/mikrozbiornik i zastawki na dopływie, Nadleśnictwo Międzylesie (archiwum CKPŚ)

Fot. 132. i **Fot. 133.** Małe zbiorniki boczne, Nadleśnictwo Lądek-Zdrój (archiwum CKPŚ)

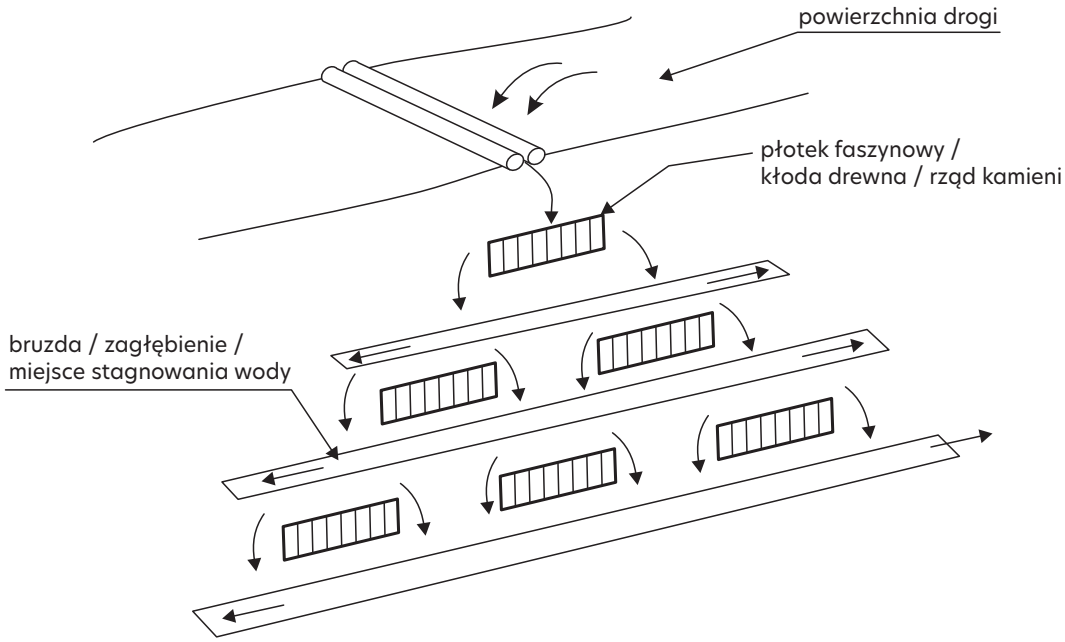
1.4. Przechwycenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych

Woda opadowa odprowadzana jest z powierzchni dróg leśnych lub szlaków turystycznych za pośrednictwem wodospustów, najczęściej kierowanych na sąsiednie stoki. Tego typu rozwiązanie pełni dwie funkcje: zabezpiecza nawierzchnię przed działaniem procesów erozyjnych oraz umożliwia spowolnienie odpływu powierzchniowego i zwiększenie retencji wodnej w środowisku lokalnym. O ile realizacja pierwszego z wymienionych celów jest zazwyczaj bezpośrednim efektem właściwej instalacji wodospustu, o tyle skuteczne zatrzymywanie wody w warstwie ściółki leśnej bądź w strukturze gleby wymaga dodatkowych działań adaptacyjnych. Na stokach o znacznych nachyleniach woda spływająca zwartym strumieniem może prowadzić do lokalnych form erozyjnych oraz w niewielkim stopniu infiltrować w podłoże. W celu ograniczania takich zjawisk zaleca

się stosowanie elementów rozpraszających strumień wody, tzw. rozpraszaczy, których zadaniem jest rozdzielenie przepływu na mniejsze strugi oraz zwiększenie powierzchni kontaktu wody z podłożem. Stosowane rozpraszacze mogą być wykonywane w formie przeciwerozyjnych płotków faszynowych. Przykłady takich rozwiązań przedstawiono na fotografiach 134 i 135.

Fot. 134. i **Fot. 135.** Płotki faszynowe przeciwerozyjne rozpraszające wodę na stok, Nadleśnictwo Gromnik (archiwum CKPŚ), Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ)

Faszynowe płotki przeciwerozyjne wymagają odpowiedniego podparcia konstrukcyjnego w celu zapewnienia ich trwałości i skuteczności działania. W zależności od warunków terenowych, jako elementy stabilizujące mogą być stosowane poziome belki drewniane, naturalne głazy lub garby ziemne. W celu zwiększenia efektywności retencyjnej i ograniczenia spływu powierzchniowego zaleca się rozmieszczenie kilku rzędów płotków w układzie kaskadowym wzdłuż stoku. Dodatkowo, poniżej każdego z płotków rekomenduje się wykonanie niewielkich zagłębień terenowych w formie dołków, bruzd lub mikrozagłębień poprzecznych, które będą pełnić funkcję mikroretencji. Na rysunku 109 przedstawiano schemat rozkładu płotków wraz ze stosowanymi bruzdami.



Rys. 109. Rozłożenie na stromym stoku elementów rozprowadzających wodę na coraz większą szerokość, dodatkowo z zastosowaniem bruzd (rys. K. Guzek, P. Włodarczyk, zmieniony)

Jednym z efektywnych sposobów zwiększania retencji wodnej w środowisku przy jednoczesnym ograniczeniu erozyjnego spływu powierzchniowego są lokalne zbiorniki mikroretencyjne w postaci niecek chłonnych (infiltracyjnych) oraz tzw. kałuże ekologiczne. Ich podstawową funkcją jest przejęcie nadmiaru wód opadowych spływających po nawierzchniach drogowych lub szlakach, zwłaszcza w miejscach, gdzie ze względu na ukształtowanie terenu utrudnione jest klasyczne odprowadzenie wody na stok. Kałuże ekologiczne stanowią płytkie zbiorniki lub zagłębienia, najczęściej lokalizowane na gruntach o ograniczonej przepuszczalności, w których woda stagnuje przez dłuższy czas. Pełnią one ważną funkcję ekologiczną, zapewniając okresowe siedliska dla organizmów wodnych i przybrzeżnych, a także wspierając lokalne warunki wilgotnościowe w okresach suszy. Z kolei niecki, rowy lub doły infiltracyjne, zwykle o większej głębokości, tworzone są na podłożach dobrze przepuszczalnych, często poniżej poziomu zalegania warstwy wodonośnej. Ich dno może być wypełnione materiałem porowatym (takim jak żwir, tłuczeń lub gruboziarnisty piasek), co umożliwia efektywną infiltrację wód opadowych do głębszych warstw gruntu. Obiekty tego typu pełnią również funkcję oczyszczającą, poprzez filtrację zanieczyszczeń zawartych w wodzie, zanim przedostanie się ona do wód podziemnych. Fotografia 136 prezentuje przykład dołów chłonnych wraz z kałużami ekologicznymi.

Fot. 136. Doły chłonne i kałuże przejmujące wodę odprowadzaną rowkami z drogi, Nadleśnictwo Lądek-Zdrój (archiwum CKPŚ)

Uwarunkowania terenowe w bezpośrednim sąsiedztwie trasy drogi często sprzyjają odprowadzeniu wody opadowej do istniejących już obiektów, tj. zbiorników, rowów, cieków. Ponadto, przy relatywnie niewielkim nakładzie prac możliwe jest kształtowanie nowych struktur mikroretencyjnych, które pełnią funkcje magazynowania i infiltracji wód opadowych. Działania te, odpowiednio dostosowane do lokalnych warunków geomorfologicznych i hydrogeologicznych, pozwalają na zwiększenie retencji krajobrazowej oraz ograniczenie negatywnych skutków spływu powierzchniowego.

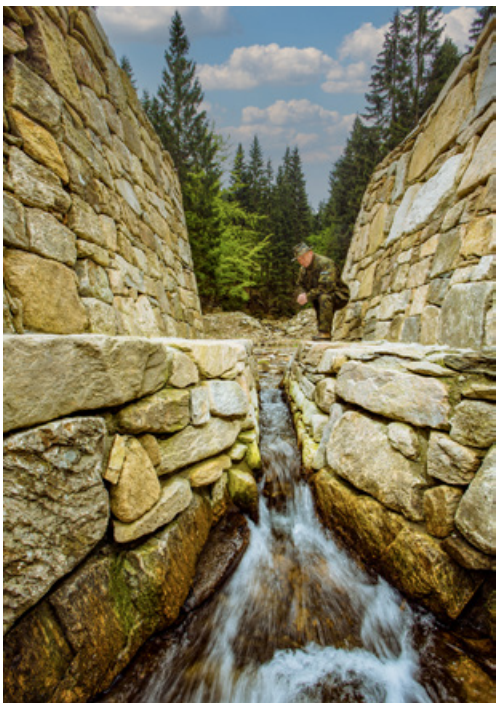
2. Dobre praktyki i nietypowe rozwiązania związane z gwałtownymi opadami i wezbraniami

Przedstawione wcześniej rozwiązania, takie jak zbiorniki suche, rezerwa powodziowa i przelewy awaryjne na zbiornikach, umocnienia brzegów, wodospusty na drogach oraz inne stanowią dostosowanie infrastruktury do gwałtownych spływów/przepływów wód. W rozdziale tym podkreślono rolę rozwiązań nietypowych, wpływających na bezpieczeństwo budowli.

2.1. Adaptacja dawnych obiektów

Przykładem efektywnego wykorzystania istniejących zasobów infrastrukturalnych w celu poprawy retencji wodnej i ochrony przeciwpowodziowej są suche zbiorniki retencyjne stosowane w Nadleśnictwie Międzylesie. Obiekty te wyposażono w przelewy szczelinowe, które nie przerywają ciągłości ekologicznej cieku ani nie ograniczają transportu rumowiska dennego. Zbiorniki powstały w wyniku adaptacji dawnych struktur hydrotechnicznych, pierwotnie przeznaczonych do spławu drewna, a obecnie przekształconych w zbiorniki suche. W terenach górskich nadal zachowały się liczne pozostałości takich historycznych obiektów, których rewitalizacja może przynieść znaczne korzyści środowiskowe i hydrologiczne. Zastosowane w Nadleśnictwie Międzylesie rozwiązania mają charakter bezobsługowy – zbiorniki opróżniają się grawitacyjnie, bez potrzeby interwencji technicznej, a ich funkcja retencyjna przyczynia się do efektywnego spłaszczania fali wezbraniowej w dolnych częściach zlewni podczas epizodów intensywnych opadów. Fotografie 137 i 138 obrazują przykłady stosowanych rozwiązań.

Fot. 137. Widok na zaporę czołową dawnego zbiornika na cieku do spławu drewna w Nadleśnictwie Międzylesie, przerobionego na zbiornik przeciwpowodziowy (archiwum CKPŚ)



Fot. 138. V-kształtny przelew wody ze zbiornika przeciwpowodziowego w Nadleśnictwie Międzylesie, umożliwiający przejście rumowiska i samoczynne napełnianie i opróżnianie obiektu (archiwum CKPŚ)

W kontekście projektowania i przebudowy/rozbudowy poprzecznych przegród hydrotechnicznych w korytach cieków, poza powszechnie już rekomendowanymi i opisanymi wcześniej rozwiązaniami inżynieryjnymi, takimi jak zwiększanie światła przepustów, stosowanie przekrojów niekołowych, eliminacja przepustów wielootworowych, poszerzanie światła pod obiektami mostowymi czy zastępowanie przepustów brodami, należy także uwzględniać aspekty związane z bezpieczeństwem hydraulicznym obiektów w warunkach przepływów katastrofalnych. Projektowanie infrastruktury wodnej w świetle zmieniających się warunków klimatycznych, charakteryzujących się zwiększoną częstotliwością ekstremalnych zjawisk hydrologicznych (np. wezbrań nawalnych), powinno obejmować dodatkowe środki zabezpieczające przed uszkodzeniem lub zniszczeniem obiektów oraz wtórnym zagrożeniem dla środowiska i infrastruktury.

2.2. Ograniczenie ryzyka zatkania przepustów rumoszem

W przeszłości, w celu ochrony przepustów narażonych na kolmatacje materiałem transportowanym przez ciek, powszechnie stosowano zapory przeciwrumowiskowe. Konstrukcje te pełniły funkcję bariery ochronnej, zatrzymującej większe frakcje rumowiska przed dostaniem się do światła przepustu, co znacząco zmniejszało ryzyko jego niedrożności. Rozwiązania tego typu, nadal spotykane w terenach górskich, stanowią istotny element dawnych praktyk inżynierii wodno-leśnej. Dobrym przykładem może być zapora przeciwrumowiskowa zabezpieczająca przepust okularowy w Nadleśnictwie Świeradów, widoczna na zdjęciu po przeprowadzonym oczyszczeniu. Warto zauważyć, że konstrukcje takie, ze względu na obecne regulacje prawne oraz współczesne standardy środowiskowe i inżynierskie, nie uzyskałyby dziś pozwolenia na realizację w tej formie. Niemniej jednak, stanowią cenny przykład rozwiązań historycznych i potencjalny punkt wyjścia do opracowywania nowoczesnych, zrównoważonych metod ochrony obiektów hydrotechnicznych przed rumowiskiem. Fotografia 139 przedstawia przykład omawianego rozwiązania.

Fot. 139. Opróżniona z zalęgającego rumoszu wysoko położona na zboczu góry zapora w Nadleśnictwie Świeradów (archiwum CKPŚ)

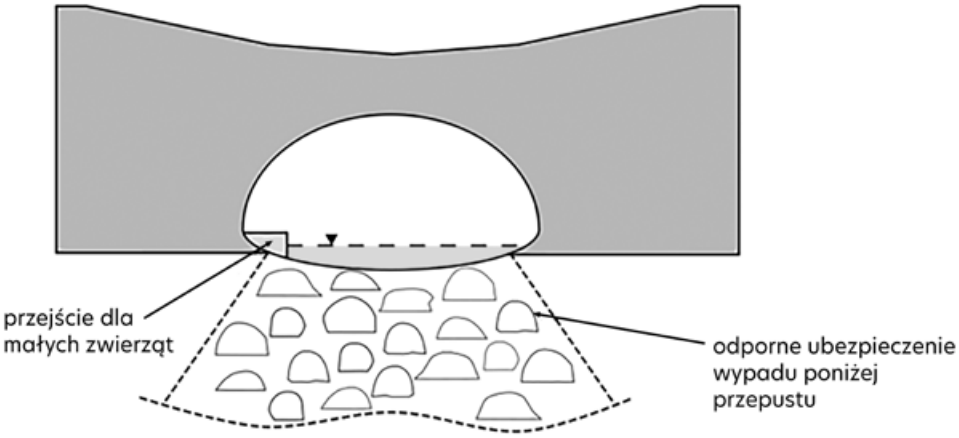
W ostatnich latach zmianie uległy nie tylko obowiązujące regulacje prawne dotyczące projektowania przepustów oraz zapór przeciwrumowiskowych, lecz także podejście projektowe inżynierów i dostępność nowoczesnych, trwałych materiałów budowlanych. W rezultacie w wielu przypadkach przestała istnieć konieczność realizacji tego typu obiektów w ich tradycyjnej formie. Przykładem nowoczesnego podejścia jest przebudowa przepustu na konstrukcję łukową o dużym świetle i przekroju zbliżonym do naturalnego koryta cieku. Jak ilustrują fotografie 140 i 141, zastosowanie konstrukcji z naturalnym, nieprzekształconym dnem oraz dostosowaną szerokością koryta znacząco zwiększa przepustowość hydraulicznego obiektu, minimalizuje ryzyko ograniczenia jego drożności poprzez akumulację rumowiska, a także pozwala na zachowanie ciągłości ekologicznej i sedymentacyjnej cieku. Tego rodzaju rozwiązania są efektywne hydrologicznie, bezobsługowe i odporne na ekstremalne warunki przepływu, co czyni je zgodnymi z aktualnymi wytycznymi dotyczącymi zrównoważonego zarządzania wodami powierzchniowymi.

Fot. 140. Nowoczesne konstrukcje odporne na zatkanie rumoszem, Nadleśnictwo Strzyżów (archiwum CKPŚ)

Fot. 141. Nowoczesne konstrukcje odporne na zatkanie rumoszem, Nadleśnictwo Lubaczów (fot. J. Smarczewski, 2021)

2.3. Przepust z umocnionym przelewem na powierzchni drogi

Rozwiązanie pochodzi z okresu, w którym stosowane prefabrykaty betonowe charakteryzowały się ograniczonymi średnicami, a wodę katastrofalną prowadzono tak, by nie zniszczyła przepustu i drogi w jego otoczeniu. W celu ochrony przepustu oraz infrastruktury drogowej w jego bezpośrednim sąsiedztwie, formowano przelew awaryjny w kształcie litery „V". Konstrukcja ta umożliwiała kontrolowane przelanie wody przez nawierzchnię drogi i jej skierowanie na odpowiednio przygotowaną i zabezpieczoną strefę wypadową poniżej obiektu. W praktyce rozwiązanie to pełniło funkcję przelewu powierzchniowego, a obszar powyżej przepustu funkcjonował tymczasowo jako suchy zbiornik retencyjny, przejmujący nadmiar wód opadowych lub roztopowych podczas epizodów powodziowych. Efektywność tego typu układu uzależniona była od lokalnych warunków morfologicznych terenu, przez co jego zastosowanie nie było możliwe w każdej lokalizacji. Pomimo obecnej dostępności systemów rurowych i prefabrykatów o niemal dowolnych średnicach, analogiczne podejścia mogą nadal znajdować zastosowanie w wybranych warunkach terenowych jako element zabezpieczenia awaryjnego. Nawet w przypadku nowoczesnych przepustów jednootworowych o dużym świetle istnieje bowiem ryzyko zablokowania światła przepływu w wyniku akumulacji rumoszu w trakcie wezbrań katastrofalnych. Na rysunku 110 pokazano opisane rozwiązanie.



Rys. 110. Schemat przepustu z przelewem górnym (rys. L. Książek)

Fot. 142. Straty powodziowe w 2005 roku – uszkodzony mostek o zbyt małym świetle, Targaniczanka (fot. L. Książek)

2.4. Dodatkowe przelewy na wody wezbraniowe

Optymalnym rozwiązaniem w zakresie przepustów jest projektowanie rurociągów o możliwie największym świetle hydraulicznym, pozwalających na bezpieczne odprowadzenie przepływów projektowych wraz z marginesem dla przepływów nadzwyczajnych. Niemniej jednak w szczególnie wymagających warunkach terenowych, zwłaszcza na obszarach o stromych stokach i w zlewniach charakteryzujących się szybką reakcją na gwałtowne opady, nawet pojedynczy przepust o dużej średnicy może okazać się niewystarczający do przyjęcia przepływów katastrofalnych. W takich przypadkach możliwym rozwiązaniem jest zastosowanie dodatkowych, bocznych prze-

pustów, o wyższej rzędnej posadowienia (fot. 143). Funkcjonują one jako układ odciążający, aktywowany dopiero przy przekroczeniu poziomu wody w głównym kanale przepływowym, analogicznie do przelewów awaryjnych. Zgodnie z obowiązującymi zasadami, opisane rozwiązanie jest niedopuszczone w obu Projektach. Jednakże po przeprowadzeniu indywidualnej analizy i uzyskaniu akceptacji CKPŚ dopuszcza się realizację obiektu o parametrach zbliżonych do obiektu mostowego, z zachowaniem odpowiednich standardów inżynierii ekologicznej.

Fot. 143. Przykłady wielootworowych przepustów z rezerwową przepustowością na wody powodziowe [Kosicki 2011]

2.5. Barierki na mostach i przepustach

Konstrukcja barierek na obiektach mostowych i przepustowych może wydawać się drugorzędna. Jednakże dane z analiz strat powodziowych jednoznacznie wskazują, że nieodpowiednie zaprojektowanie tych elementów może przyczyniać się do poważnych uszkodzeń lub całkowitego zniszczenia przepraw. Szczególne zagrożenie stanowią barierki o dużej sztywności i gęstej siatce poprzeczek, trwale zakotwione w konstrukcji mostu lub drogi. W warunkach powodziowych, gdy przepływ wód znacznie przekracza projektową przepustowość obiektu, a zwierciadło wody podnosi się do poziomu nawierzchni drogowej, występuje zjawisko przelewu powierzchniowego przez koronę drogi lub mostu. W takich sytuacjach rumowisko niesione przez nurt może akumulować się na elementach konstrukcyjnych, redukując światło mostu lub przepustu. Barierki o zwartej konstrukcji działają wówczas jak zapory zatrzymujące rumosz, powodując dodatkowe spiętrzenie. Nagromadzony materiał znacznie podnosi poziom wody, wzmacniając siły naporu działające na konstrukcję. W skrajnych przypadkach prowadzi to do hydrodynamicznej destabilizacji przyczółków, zniszczenia mostu lub rozmycia korpusu drogi. Najbardziej narażone na tego rodzaju zjawiska są lekkie konstrukcje, w tym obiekty drewniane i mosty osadzone na filarach zlokalizowanych bezpośrednio w korycie cieku. Fotografie 144 i 145 dokumentują skutki powodzi: rozmycia przyczółków betonowych mostów oraz nagromadzenie znacznych ilości rumoszu drzewnego na barierkach, pokazując siłę destrukcyjną w czasie przepływów ekstremalnych.

Fot. 144. Rumosz niesiony wodą w czasie katastrofalnego wezbrania osadzony na moście, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2005)

Fot. 145. Mostek z uszkodzoną barierką, ocalały po przejściu fali powodziowej, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2005)

Fotografia 145 przedstawia most, który przetrwał powódź w 2005 roku. W czasie przejścia fali wezbrania most nie uległ uszkodzeniu, pomimo ekstremalnych warunków hydraulicznych. Podstawowe właściwości konstrukcji mostu, które wpływają na zachowanie jego stabilności w trakcie przejścia fali powodziowej, to:

- światło mostu – należy zaprojektować je zgodnie z normami, zapewniając optymalną przepustowość i eliminując ryzyko zatorów oraz uwzględniając potencjalne zmiany klimatu i związane z tym ekstremalne zjawiska pogodowe;
- brak filarów w korycie cieku, stabilne zakotwiczenie i ubezpieczenie przyczółków mostu;
- stosowanie wytrzymałych, cienkich elementów konstrukcyjnych, w efekcie czego powierzchnia boczna nie stawia zbyt dużego oporu przepływającej wodzie;
- zapewnienie stabilności dna rzeki w rejonie mostu;
- brak barierek, co umożliwia swobodny przepływ wody i minimalizuje ryzyko zatrzymywania rumoszu, gałęzi lub innych materiałów.

Fot. 146. Zerwany most, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2005)

Nie w każdym przypadku rezygnacja z budowy barierek jest możliwa. Jeżeli barierki są niezbędnym elementem budowli, to projektuje się je tak, aby zapewniały bezpieczeństwo przechodniom i pojazdom oraz aby konstrukcja miała jak najwięcej wolnych przestrzeni, umożliwiających przepływ rumoszu w czasie wezbrań. Należy również odpowiednio zaprojektować przekroje i zdefiniować wytrzymałości barierek.

Na fotografiach 147 i 148 przedstawiono różnice w konstrukcji barierek mostów. Obiekt na fotografii 148 charakteryzuje się dużą liczbą pionowych desek, które, mimo że pełnią funkcje kon-

strukcyjne, mogą w warunkach ekstremalnych wezbrań stanowić potencjalną barierę, blokując przepływ materiałów transportowanych przez wodę. Takie zatory mogą prowadzić do zwiększonych naporów na konstrukcję, co zagraża jej stateczności. Z kolei przepust na fotografii 147 ma prostszą konstrukcję barierek, co pozwala na swobodniejszy przepływ wody i materiału, zmniejszając ryzyko powstania zatorów i uszkodzeń obiektu. Ponadto, istotnym czynnikiem wpływającym na trwałość barierek jest sposób ich mocowania, który może wpływać na odporność konstrukcji na siły wywołane przez gwałtowne wezbrania.

Fot. 147. Ażurowa barierka na szczycie przepustu, Nadleśnictwo Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ)

Fot. 148. Gęsto szczeblowana barierka na moście, Nadleśnictwo Jawor (archiwum CKPŚ)

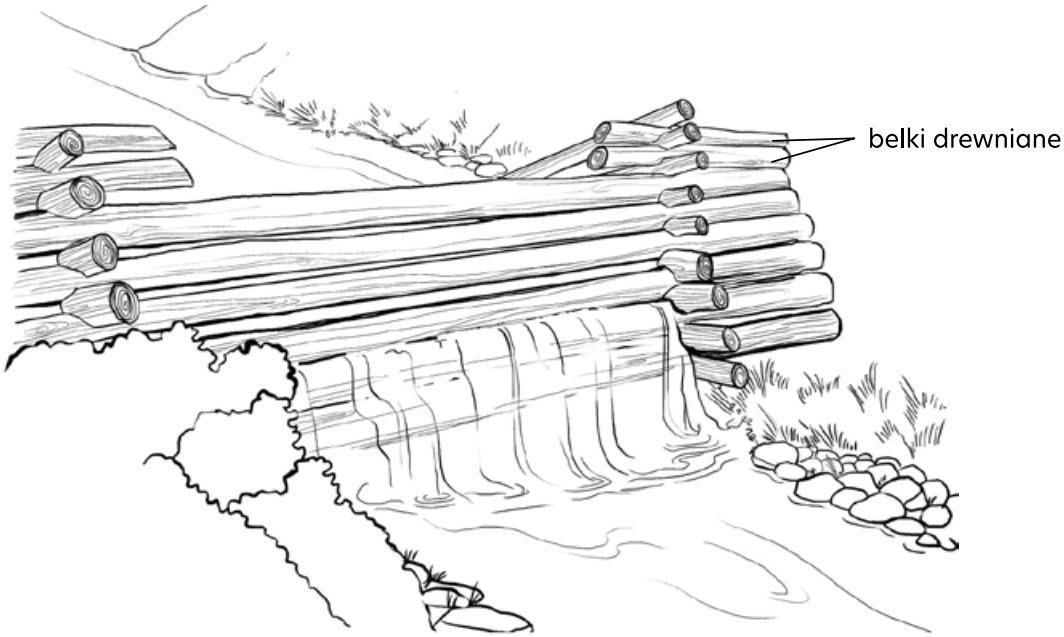
Podsumowując, w rejonach górskich, podgórskich i na niektórych obszarach nizinnych, narażonych na wystąpienie intensywnych wezbrań, projektowanie barierek powinno opierać się na zasadzie minimalizmu konstrukcyjnego. Wybór rozwiązań należy dostosować do wymagań zapewnienia bezpieczeństwa, zarówno dla ruchu pieszego, jak i kołowego, jednocześnie uwzględniając specyficzne zagrożenia powodziowe. W takich przypadkach warto rozważyć zastosowanie dodatkowych działań wspomagających bezpieczeństwo powodziowe obiektów i wprowadzenie rozwiązań umożliwiających swobodniejszy przepływ wody i rumoszu w czasie ekstremalnych przepływów.

2.6. Drewniane zapory przeciwrumowiskowe na ścieżkach spływu wód powierzchniowych

W kontekście silnie wciętych wąwozów, wyerodowanych jarów oraz dawnych szlaków zrywkowych, które przekształciły się w okresowo wodonośne cieki, specyficzną formą zabudowy przeciwerozyjnej, posiadającą także funkcje przeciwpowodziowe, są drewniane zapory belkowe. Ich podstawowym zadaniem jest retencja rumoszu drewnianego i mineralnego, a także jego stopniowe deponowanie powyżej zapory, co sprzyja naturalnemu procesowi stabilizacji dna wąwozu. Działanie to prowadzi do spłycenia doliny i zmniejszenia nachylenia podłużnego koryta, co efektywnie ogranicza transport rumoszu do koryt cieków. Zapory te stanowią konstrukcje nietrwałe, o zmiennej wielkości, które ulegają rozkładowi w czasie, przyczyniając się do wiązania rumoszu z trwałym podłożem. Na fotografii 149 przedstawiono przykład konstrukcji niewielkich zapór przeciwrumowiskowych.

Fot. 149. Niewielkie zapory przeciwrumowiskowe rozłożone w wyerodowanym wąwozie na cieku okresowym, Nadleśnictwo Limanowa (archiwum CKPŚ)

Tego typu zapory drewniane, w zależności od rozmiaru obiektu, układu brzegów wąwozu oraz charakterystyki podłoża, mogą przybierać różne konstrukcje przyczółków. W przypadkach, gdy ściany wąwozu nie zapewniają odpowiedniego oparcia, efektywnym rozwiązaniem są zapory kaszycowe. Zapory te wznosi się z bali drewnianych, łączonych w poziome klatki. Kolejno wypełnia się je kamieniem łamanym. Klatki zawierają ściany poprzeczne, które łączą ściany główne, umiejscowione w odstępach równych lub nieco większych niż odległości pomiędzy ścianami głównymi. W wielu przypadkach spotyka się zapory posiadające tylko przednią ścianę główną, bez tylnej. W takich sytuacjach bale ścian przyjmują kąt nachylenia ku tyłowi.



Rys. 111. Zapora belkowa kaszycowa (opracowanie URK na podstawie realizacji w Leśnictwie Przysietnica)

W Projektach rekomendowane jest podejście zlewniowe. Warto zwrócić uwagę na możliwe synergiczne, pozytywne odziaływanie 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 spłycenie i zmniejszenie spadku koryta cieku/rowu, o twardym i równym dnie, wykorzystywane jako miejsce przepraw pieszych lub kołowych.	Wolski P. 2002. Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
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 kiszek przytwierdzonych palikami do podłoża.	Jędryka E. 2006. Proekologiczne budowle wodne, Rozwiązania konstrukcyjne, dostosowanie do parametrów hydraulicznych cieków i uwarunkowań przyrodniczo-krajobrazowych. Wydawnictwo 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. 2023 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, służy do złagodzenia spadku dna rowu/cieku.	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. 2020 poz. 1165).
Bystrze	budowla stabilizująca dno koryta wykonywana z narzutu kamiennego o szorstkiej powierzchni i o łagodnym spadku, skonstruowana tak, aby zachowana zastała ciągłość biologiczna cieku.	Biedroń I. (kier.) 2018. Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania. Kraków. https://www.gov.pl/web/klimat/katalog-dobrych-praktyk-w-zakresie-robot-hydrotechnicznych

Pojęcie	Definicja	Źródło
Czasza zbiornika wodnego	rodzaj budowli hydrotechnicznej, która wraz ze zboczami i skarpami służy do gromadzenia wody.	Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz.U. 2007 nr 86 poz. 579).
Ciągłość biologiczna cieku	niezakłócona możliwość migracji organizmów wodnych.	Węglarczyk S. Słownik hydrologiczny. Katedra Geoinżynierii i gospodarki wodnej, Politechnika Krakowska. https://iigw.pl/new/strony/slownik.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. 2023 poz. 1478 z późn. zm).
Ciek okresowy	ciek, w którym woda płynie co roku lub prawie co roku na wiosnę bądź 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. 2002. Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
Ciek stały (stale prowadzący wodę)	ciek stale zasilany wodami podziemnymi, a okresowo wodą roztopową i deszczową. Prowadzi wodę przez cały rok.	Wolski P. 2002. Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
Dylowanka	nawierzchnia z dyli lub okrąglaków drewnianych ułożonych prostopadle do osi drogi, służąca zabezpieczeniu terenu szlaku komunikacyjnego przed erozją.	200 lat Centralnej Administracji Drogowej – Monografia drogownictwa na Podkarpaciu, cz. 3.1, GDDKiA. https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/aprint/32648/200-lat-Centralnej--Administracji-Drogowej-Monografia--drogownictwa-na-Podkarpaciu-cz3
Ekotony	strefa przejściowa między dwoma sąsiednimi ekosystemami, charakteryzująca się występowaniem gatunków typowych dla obu środowisk oraz często zwiększoną różnorodnością biologiczną.	Krebs C.J. 2011. Ekologia: eksperymentalna analiza rozmieszczenia i liczebności. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
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. 2023. Podstawy rewitalizacji dolin rzecznych. Politechnika Krakowska, Wydział Środowiska i Energetyki, Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej, Kraków.

Pojęcie	Definicja	Źródło
Głęboczek (przegłębienie)	zagłębienie dna zbiornika wodnego zlokalizowane w najgłębszej jego części.	Żelazo J., Popek Z. 2002. Podstawy renaturyzacji rzek. Wydawnictwo SGGW.
Grobla	nasyp ziemny służący do stałego lub okresowego spiętrzenia wody ponad naturalny poziom terenu, o wysokości zazwyczaj nieprzekraczającej 3,0 m.	Jędryka E. 2006. Proekologiczne budowle wodne. Rozwiązania konstrukcyjne, dostosowanie do parametrów hydraulicznych cieków i uwarunkowań przyrodniczo-krajobrazowych. Poradnik.
Gródź (grodze)	tymczasowa pomocnicza budowla hydrotechniczna stosowana przy robotach fundamentowych, prowadzonych na terenie pokrytym trwale lub przejściowo wodą (w korycie rzeki, na terenie zalewowym, na jeziorze lub na morzu – przy niewielkich głębokościach). Grodzie powinny być zbudowane z materiałów trwałych, o wymaganej w projekcie wytrzymałości, oraz wyposażone w urządzenia zapewniające osobom schronienie w przypadku wpływu wody lub innych substancji.	§ 163 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. 2003 poz. 401).
Gurt	budowla regulacyjna, poprzeczna w korycie cieku, o koronie pokrywającej się z dnem, służąca powstrzymaniu erozji wgłębnej.	Biedroń I. (kier.) 2018. Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania. Kraków. https://www.gov.pl/web/klimat/katalog-dobrych-praktyk-w-zakresie-robot-hydrotechnicznych
Jaz	Budowla piętrząca umożliwiająca regulację przepływu wody w cieku.	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).
Kałuża ekologiczna	płytki zbiornik retencyjny, o powierzchni poniżej 150 m^2 i głębokości nieprzekraczającej 1 m.	
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. 2023 poz. 1478 z późn. zm).

Pojęcie	Definicja	Źródło
Kaszyca/ konstrukcja kaszycowa	masywne mury oporowe stosowane do umacniania skarp i zboczy, brzegów rzek, potoków i osuwisk, zapewniające stateczność stromym brzegom oraz chroniące ich podstawę przed rozmyciem. Przestrzenna struktura konstrukcji, wypełniona materiałem przepuszczalnym, znakomicie wpisuje się w wymagania stawiane konstrukcji, gdy problemem staje się parcie hydrostatyczne, osiadanie, a także hałas i estetyka.	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), kwiecień–czerwiec.
Kładka	most przeznaczony dla ruchu pieszego.	PN-ISO 6707-1. Budownictwo – terminologia; Arkusz 1 – terminy ogólne.
Korona budowli	górna powierzchnia nieprzelewowej części budowli przeznaczona zwykle dla ruchu pieszego lub kołowego, z wyłączeniem krawężników, parapetów i innych konstrukcji uzupełniających.	Sieinski E., Śliwiński P. (red.). 2020. Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. IMGW – Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa.
Maksymalny poziom piętrzenia (Max PP)	poziom zwierciadła spiętrzonej wody z uwzględnieniem stałej rezerwy powodziowej. Dla budowli piętrzącej nieposiadającej pojemności powodziowej maksymalny poziom piętrzenia jest równy normalnemu poziomowi piętrzenia.	§ 1 pkt 3 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019, poz. 1725).
Mikroretencja	jeden z najważniejszych elementów gospodarki wodnej, która polega na zagospodarowaniu wód pochodzenia atmosferycznego i wód powierzchniowych, bezpośrednio w miejscu wystąpienia opadu.	Program przeciwdziałania niedoborowi wody. www.gov.pl (data dostępu: 30.04.2025 r.).
Mikrozbiornik	zbiorniki o piętrzeniu do 0,5 m lub o pojemności poniżej 100 tys. m^3	Mioduszewski W. 2006. Małe zbiorniki wodne. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
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 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 poz. 1725).

Pojęcie	Definicja	Źródło
Mokradło	obszary o płytkim (powyżej 1,0 m) poziomie wody gruntowej, tereny silnie uwilgotnione (zalane wodą lub okresowo zabagnione) o glebach mineralnych lub organicznych.	Ilnicki P. (red.). 2002. Torfowiska i torf. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
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. 2022 poz. 1518).
Mursz	powstaje w wierzchniej warstwie odwodnionych torfowisk. Cechuje się rozdrobnieniem masy torfowej prowadzącej do tworzenia się ziaren, w wyniku wielokrotnego kurczenia się i pęcznienia torfu. W silnie zmurszałych glebach miąższość warstwy murszu przekracza 30 cm.	Ilnicki P. (red). 2002. Torfowiska i torf. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
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 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 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. 2010. Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa.
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. 2002. Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu. Słownik pojęć. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
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 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 poz. 1725).

Pojęcie	Definicja	Źródło
Oczka wodne	naturalne śródpolne i śródleśne zbiorniki wodne o powierzchni do 1 ha, niepodlegające klasyfikacji gleboznawczej.	Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych z dnia 3 lutego 1995 r. (Dz.U. 1995 nr 16 poz. 78), art. 4 pkt 10.
Odsypiska (łachy)	zbudowane z piasków i żwirów elementy morfologiczne koryt rzecznych powstające w wyniku akumulacji (depozycji) rumowiska. Wyróżnia się odsypiska: brzegowe, punktowe, ujściowe, rombowe, ukośne, ławice piaszczyste, odsypiska warkoczowate.	Żelazo J., Popek Z. 2014. Podstawy renaturyzacji rzek. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
Opaska brzegowa	rodzaj budowli regulacyjnej, stosowanej w hydrotechnice, której funkcją jest umocnienie i zabezpieczenie przed erozją istniejącego brzegu cieku lub zbiornika wodnego. Opaska brzegowa jednym bokiem przylega do wody, a drugim (przeciwległym) do istniejącego brzegu.	Borys M., Jędryka E. 2014. Warunki techniczne użytkowania budowli hydrotechnicznych istotnych dla rolnictwa. Wydawnictwo ITP, Falenty.
Opóźniacze 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. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
Ostrogi (deflektory)	budowle regulujące, wchodzące od brzegu w koryto cieku 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. 2002. Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu (słownik pojęć). Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
Osuwisko	osunięcie się gruntu w dół wzdłuż krzywoliniowej powierzchni poślizgu.	Wiłun Z. 2010. Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa.
Pojemność powodziowa stała zbiornika	pojemność zbiornika przeznaczona do wykorzystania przy przechodzeniu fali powodziowej, zawarta między normalnym poziomem piętrzenia a maksymalnym poziomem piętrzenia.	§ 1 pkt 12 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 poz. 1725).
Pojemność użytkowa zbiornika	pojemność zbiornika przeznaczona do wykorzystania w ustalonych dla tego zbiornika celach, zawarta między minimalnym poziomem piętrzenia a normalnym poziomem piętrzenia.	§ 1 pkt 11 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 poz. 1725).

Pojęcie	Definicja	Źródło
Pojemność powodziowa forsowana zbiornika	pojemność zbiornika zawarta między maksymalnym poziomem piętrzenia a nadzwyczajnym poziomem piętrzenia.	§ 1 pkt 11 Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 poz. 1725).
Ponur	część budowli hydrotechnicznej zabezpieczająca dno od strony wody górnej.	Depczyński W., Szamowski A. 1997. Budowle i zbiorniki wodne. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
Poszur	część budowli hydrotechnicznej, która zabezpiecza dno od strony wody dolnej.	Depczyński W., Szamowski A. 1997. Budowle i zbiorniki wodne. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
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. 2006. Podstawy hydrogeomorfologii cieków górskich dla biologów, ekologów oraz inżynierów kształtowania środowiska (wraz z przykładami obliczeniowymi). Wydawnictwo BEL Studio.
Powódź	czasowe pokrycie przez wodę terenu, który w normalnych warunkach nie jest pokryty wodą, w szczególności wywołane przez wezbranie wody w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych, kanałach oraz od strony morza, z wyłączeniem pokrycia przez wodę terenu wywołanego przez wezbranie wody w systemach kanalizacyjnych.	Art. 16. ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2023 poz. 1478 ze zm.).
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. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
Przegłębienie (ploso)	przegłębienie w korycie rzecznym, 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. 2017. Podręcznik oceny wód płynących w oparciu o Hydromorfologiczny Indeks Rzeczny. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa.

Pojęcie	Definicja	Źródło
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.	Sieinski E., Śliwiński P. (red.). 2020. Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa.
Przepławka	konstrukcja, której zadaniem jest umożliwienie migrującym rybom pokonania sztucznej bariery w rzece (np. zapory, jazu, progu itp.). Zapewnienie drożności dla ryb dwuśrodowiskowych jest jednym z wymogów dobrego stanu wód.	Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej. https://www.gov.pl/web/wody-polskie--krakow/przeplawki
Przepływ	objętość wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta rzeki w jednostce czasu, wyrażany w m^3/s.	Sobota J. 1994. Hydraulika. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
Przepływ 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 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. 2007 nr 86 poz. 579).
Przepompownia melioracyjna	urządzenie melioracji wodnych służące do ujmowania, podnoszenia i odprowadzania wody z poziomu niższego na wyższy. Jest podstawowym elementem systemów odwadniających, w których odpływ grawitacyjny wody nie jest możliwy.	Bogusławski P., Łowiec E. 2005. Prace Instytutu Elektrotechniki, 222. Instytut Elektrotechniki Oddział Gdańsk.
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. 2022 poz. 1518).

Pojęcie	Definicja	Źródło
Przepust z piętrzeniem	budowla komunikacyjna mająca nad sobą nasyp drogowy i służąca do przeprowadzenia rowu/cieku, zaopatrzona na wlocie w urządzenie piętrzące.	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. 2020 poz. 1165).
Rów	sztuczne koryto prowadzące wodę w sposób ciągły lub okresowy, o szerokości dna mniejszej niż 1,5 m przy ujściu.	Art. 16 pkt 47 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U 2023 poz. 1478 ze zm.).
Rumowisko rzeczne	materiał skalny różnej wielkości transportowany przez rzekę. Klasyfikacja w zależności od sposobu poruszania się: • wleczone – piaski średnie, grube, żwiry, kamienie, • unoszone – iły, pyły, piaski, piaski drobne, • zawieszone – cząstki nieosiadające nawet w wodzie stojącej.	Wolski P. 2002. Przyrodnicze podstawy kształtowania krajobrazu (słownik pojęć). Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
Rumowisko unoszone	drobne ziarenka zwietrzałych skał, które unosi woda. Ziarenka te wymieszane są z wodą w całym przekroju. Część z nich trudno osiada nawet w wodzie stojącej.	Trybała M. 1996. Gospodarka wodna w rolnictwie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
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. 1996. Gospodarka wodna w rolnictwie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
Spust denny	podwodne urządzenie upustowe w korpusie budowli piętrzącej. Służy do przepuszczenia wody pod ciśnieniem. Pozwala na całkowite opróżnianie zbiornika.	Sieinski E., Śliwiński P. (red.) 2020. Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa.

Pojęcie	Definicja	Źródło
Starorzecza	małe zbiorniki wodne powstające przez naturalne odcięcie od nurtu zakoli rzek w ramach naturalnej dynamiki koryta rzecznego, stopniowo ulegające naturalnemu zamuleniu 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., Pawlaczyk P., Stańko R. 2014. Podręcznik najlepszych praktyk ochrony mokradeł, Warszawa.
Stawy (zbiorniki bezodpływowe)	płytkie zbiorniki wody (najczęściej do 2 m głębokości), bezodpływowe, zasilane głównie przez opady atmosferyczne i płytkie wody podziemne.	Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2020. https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w--statystyce-publicznej/4295, pojecie.html
Stopień	budowla łącząca uskokiem dwa różne poziomy dna rowu.	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. 2020 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 oraz prac mających na celu pozyskanie drewna. Ze względu na rodzaj wykonywanych na nich prac wyróżnia się: • szlaki operacyjne do zrywki drewna, • 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 lipca 2012 r. w sprawie zasad udostępniania drzewostanów siecią szlaków operacyjnych w nadleśnictwach nadzorowanych przez RDLP w Gdańsku (ZG-710-20/13).
Tama	rodzaj budowli regulacyjnej stosowanej w hydrotechnice, służącej wytworzeniu i utrwaleniu nowego brzegu rzeki. Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje tam: podłużne i poprzeczne.	Wołoszyn J., Czamara W., Eliasiewicz R., Krężel J. 1994. Regulacja rzek i potoków. Wyd. II zmienione. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

Pojęcie	Definicja	Źródło
Terasa zalewowa/ taras zalewowy	równia zalewowa – przylegający do koryta cieku 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. 2020. 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
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. 2020. 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
Torf	utwór będący efektem niepełnego rozkładu szczątków roślinnych niektórych zbiorowisk występujących w warunkach długotrwałego lub stałego zabagnienia wierzchniej warstwy gleby. Jego właściwości zależą głównie od składu botanicznego szczątków roślinnych i stopnia ich rozkładu.	Ilnicki P. (red.). 2002. Torfowiska i torf. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
Torfowisko	geobiocenoza wykształcona w warunkach silnego uwilgotnienia z warstwą torfu o miąższości ponad 0,3 m. Jest siedliskiem rosnącej na nim roślinności torfotwórczej lub roślinności zastępczej, która wykształciła się po odwodnieniu torfowiska.	Ilnicki P. (red). 2002. Torfowiska i torf. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
Ujęcie wód podziemnych	obiekty i urządzenia przeznaczone do zdrenowania warstwy wodonośnej i czerpania z nich wody.	Szpindor A. 1998. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
Umocnienia biotechniczne	umocnienia techniczne uzupełnione roślinami lub elementami zdolnymi do wegetacji (żywokoły), które dzięki możliwości rozwoju osiągają większą trwałość. Dobór powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną, należy dobierać gatunki o pożądanych właściwościach biotechnicznych.	Biedroń I. (kier.) 2018. Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania. Kraków. https://www.gov.pl/web/klimat/katalog-dobrych-praktyk-w-zakresie-robot-hydrotechnicznych

Pojęcie	Definicja	Źródło
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 przeciwerozyjnej długich skarp brzegowych.	Bednarczyk S., Duszyński R. 2008. Hydrauliczne i hydrotechniczne podstawy regulacji i rewitalizacji rzek. Gdańsk.
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. 2008. Hydrauliczne i hydrotechniczne podstawy regulacji i rewitalizacji rzek. Gdańsk.
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.).	Biedroń I. (kier.) 2018. Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych, wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania. Kraków. https://www.gov.pl/web/klimat/katalog-dobrych-praktyk-w-zakresie-robot-hydrotechnicznych
Urządzenia upustowe	samodzielne budowle służące do przepuszczania spiętrzonej wody, posiadające 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. 2007 nr 86, poz. 579).
Urządzenia wodne	urządzenia lub budowle służące do kształtowania zasobów wodnych bądź korzystania z tych zasobów.	Art. 16 pkt 65 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2023 poz. 1478 ze zm.)
Wodospusty	urządzenia odprowadzające wodę opadową z korony drogi, które wbudowane są w konstrukcję nawierzchni na drogach o pochyleniu podłużnym większym niż 2%, nachylone w stosunku do osi drogi 30%.	https://www.encyklopedialesna.pl/haslo/wodospust/ Autor: Grzegorz Trzciński.
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. 2023 poz. 1478 z późn. zm.).

Pojęcie	Definicja	Źródło
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 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 poz. 1725).
Zamulanie	proces zatrzymywania i osadzania się w zbiorniku rumowiska unoszonego i wleczonego, który prowadzi do utraty jego pojemności.	Madeyski M., Michalec B., Tarnawski M. 2008. Zamulanie małych zbiorników wodnych i jakość osadów dennych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 11.
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	budowla podpiętrzająca wodę, której nadrzędnym celem jest zatrzymywanie rumowiska wleczonego.	Jędryka E. 2006. Proekologiczne budowle wodne. Rozwiązania konstrukcyjne, dostosowanie do parametrów hydraulicznych cieków i uwarunkowań przyrodniczo-krajobrazowych. Poradnik. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
Zapora ziemna	zapora wykonana z naturalnych materiałów masowych, zwykle miejscowych, bez dodatków wiążących. Zapora może być wykonana jako jednorodna lub ze strefowym rozmieszczeniem gruntu.	Sieinski E., Śliwiński P. (red.). 2020. Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa.
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. 2020 poz. 1165).
Zbiorniki małej retencji	zbiorniki o wysokości piętrzenia mniejszej niż 5 m i/lub o pojemności mniejszej niż 500 tys. m^3 (lub mniejszej niż 1 mln m^3), z zastrzeżeniem, że mikrozbiorniki charakteryzują się piętrzeniem do 0,5 m lub pojemnością poniżej 100 tys. m^3.	Mioduszewski W. 2006. Małe zbiorniki wodne. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.

Pojęcie	Definicja	Źródło
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).	Mioduszewski W. 2014. Stawy, małe zbiorniki wodne. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
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 regulującymi natężenie przepływu wody, można zainstalować budowlę ujściową z progiem stałym.	Mioduszewski W. 2014. Stawy, małe zbiorniki wodne. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
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.	Mioduszewski W. 2014. Stawy, małe zbiorniki wodne. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
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 przelewać się także przez przelewy powierzchniowe. Zmniejszenie wielkości dopływu wody ze zlewni doprowadza do opróżnienia zbiornika.	Sieinski E., Śliwiński P. (red.). 2020. Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa.

Pojęcie	Definicja	Źródło
Zbiornik wodny	naturalne zagłębienie terenu, sztucznie utworzona czasza w dolinie rzeki lub potoku albo specjalna budowla przeznaczona do magazynowania wody.	Sieinski E., Śliwiński P. (red.). 2020. Wytyczne wykonania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. IMGW Państwowy Instytut Badawczy, Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa.
Źródła/źródlisko	naturalne wypływy wód podziemnych na powierzchnię skorupy ziemskiej. Razem z fragmentem cieku odprowadzającego wodę tworzą ekosystem o unikatowych właściwościach nazywany obszarem źródliskowym.	Makles M., Pawlaczyk P., Stańko R. 2014. Podręcznik najlepszych praktyk ochrony mokradeł, Warszawa.

Załącznik nr 1 do Podręcznika 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)

Działania z zakresu małej retencji[1] 1.1. Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników Zbiorniki małej retencji	
Działania realizowane w ramach Projektu: • zbiorniki bezodpływowe (kopane), zasilane głównie ze spływów powierzchniowych i wód opadowych lub na terenach zalewowych; • zbiorniki zaporowe lub boczne zasilane ciekami naturalnymi[2] 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.	
Zbiorniki	Zalecenia szczegółowe: • projektując budowle piętrzące i upustowe zbiornika, należy zadbać o ich wkomponowanie w otaczający krajobraz. Ze względów bezpieczeństwa nie wprowadzono obostrzeń i ograniczeń w zakresie ich konstrukcji czy materiałów, z jakich powinny być wykonane; • ze względów krajobrazowo-przyrodniczych zaleca się stosowanie zapór ziemnych; • w przypadku występowania w danym regionie zwierząt kopiących nory groble mogą być zabezpieczone siatką stalową, powlekaną tworzywem, przykrytą gruntem, lub innym rozwiązaniem; • przy umocnieniach grobli/brzegów zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, występujących blisko miejsca budowy;

[1] Działania mogą zostać uzupełnione zasypywaniem (całkowitym w początkowym ich biegu lub odcinkowym) rowów melioracyjnych. W celu ustabilizowania danego odcinka zasypanego rowu zaleca się stosowanie przegród poprzecznych w zależności od potrzeb, czy to w formie ścianek szczelnych, czy przegród umożliwiających filtrację. W przypadku samodzielnego zadania polegającego wyłącznie na zasypaniu rowu, działanie musi stanowić środek trwały, poprzez wprowadzenie ww. rozwiązań konstrukcyjnych.

[2] Cieki/cieki naturalne w rozumieniu ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2023 poz. 2029) – rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy naturalnymi lub uregulowanymi korytami.

- zaleca się wprowadzenie elementów prośrodowiskowych, takich jak: zróżnicowana głębokość (przegłębienia i płycizny), duża różnorodność strukturalna (przewrócone drzewa, kamienie, podmycia pod brzegami, wyspy), odcinki brzegów płaskich i stromych, odcinki nasłonecznione i zacienione, zróżnicowana linia brzegowa;
- zbiorniki mogą zostać wyposażone w niezbędną infrastrukturę umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych z ograniczeniami, o których mowa w Podręczniku[3];
- lokalizacja zbiorników powinna być poprzedzona analizą przez projektanta zasobów dyspozycyjnych na potrzeby nowego obiektu bez negatywnego wpływu na utrzymanie przepływów nienaruszalnych i funkcjonowanie już istniejących obiektów wodnych i ekosystemów położonych w dole zlewni;
- lokalizacja zbiorników powinna być oceniona przez projektanta pod kątem podatności na zamulanie, eutrofizację i zanieczyszczenie. Zbiorniki, które z dużym prawdopodobieństwem będą podatne na nadmierne zamulanie, zamykające zlewnię erodującego cieku, nie powinny być realizowane;
- odmulanie istniejących zbiorników dopuszczalne jest tylko wówczas, gdy zamulenie nie jest efektem błędnej lokalizacji zbiornika i stanowi element szerszych działań modernizacyjnych;
- zaleca się wykonywanie konstrukcji umożliwiających przepływ rumowiska i migrację organizmów wodnych (w szczególności ryb);
- niedopuszczalne są przedsięwzięcia wpływające niekorzystnie na przedmioty ochrony w formach ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ustawy o ochronie przyrody[4], w przypadku wykazania przez organy ochrony przyrody niekorzystnego wpływu na te przedmioty;

[3] W Projekcie istnieje możliwość realizacji infrastruktury ppoż., 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 m^2 (utwardzenie powierzchni powyżej ww. limitu będzie finansowane ze środków własnych nadleśnictwa). Place manewrowe powinny być utwardzone kruszywem. Nie będą kwalifikowalne utwardzenia 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 czerpane i schody.

[4] Wg art. 6 ust. 1 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2023 poz. 1890) formami ochrony przyrody są:

1) parki narodowe,
2) rezerwaty przyrody,
3) parki krajobrazowe,
4) obszary chronionego krajobrazu,
5) obszary Natura 2000,
6) pomniki przyrody,
7) stanowiska dokumentacyjne,
8) użytki ekologiczne,
9)zespoły przyrodniczo-krajobrazowe,
10) ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów.

Zbiorniki	• szczególną uwagę należy zwrócić na przedsięwzięcia na obszarach źródliskowych oraz na glebach hydrogenicznych polegające na wykonywaniu prac ziemnych trwale przekształcających obszar. Dopuszczalne są wyłącznie małoinwazyjne prace mające na celu poprawę stosunków wodnych i ochronę cennych przyrodniczo siedlisk, np. polegające na zastosowaniu przegród na rowach, w dolinach, rynnach erozyjnych, ścieżkach spływu wód, na obszarach wodno-błotnych i od wód zależnych; • niedopuszczone do realizacji są zbiorniki kopane, zasilane głównie wodami gruntowymi, przy bardzo płytkim, przypowierzchniowym zaleganiu wody; takie zbiorniki w przeważającej części roku mają charakter drenujący i zubożają zasoby wód gruntowych; • w przypadku budowy nowych zbiorników zaleca się wykonanie inwentaryzacji przyrodniczej; • należy odstąpić od realizacji inwestycji lub zmienić formę działań retencyjnych w przypadku stwierdzenia przez stosowny organ negatywnego oddziaływania na środowisko (np. opinia RDOŚ przy decyzji środowiskowej); • dopuszcza się realizację infrastruktury towarzyszącej, która będzie niezbędna na etapie eksploatacji obiektu, a jej celem będzie zapewnienie bezpieczeństwa, np. dojścia do mnicha, łaty wodowskazowe, piezometry, bariery drogowe; • ogrodzenia zbiorników dopuszczalne są tylko w sytuacji uzasadnionej względami bezpieczeństwa (narzucone przez decyzje administracyjne lub uzgodnienia projektowe), przy czym zaleca się umożliwienie swobodnego dostępu zwierzętom chociaż do części zbiornika, a forma ogrodzenia powinna być wkomponowane w krajobraz i bezpieczna dla zwierząt (nie zaleca się stosować ogrodzeń z siatek metalowych, plastikowych czy nisko zamontowanych żerdzi); • nie wchodzi w zakres projektu wykonanie dróg dojazdowych do obiektów, dojazdów pożarowych oraz innych elementów infrastruktury drogowej niezwiązanej z celami projektu (jeśli to konieczne, mogą być one wykonane w ramach jednej umowy z wykonawcą wraz z pracami przewidzianymi na zbiorniku, lecz ich koszt nie będzie podlegał refundacji i nie zostanie ujęty w kosztach całkowitych Projektu); • nie wchodzi w zakres Projektu budowa infrastruktury turystycznej, w tym pieszej, rowerowej oraz nasadzeń ozdobnych i małej architektury; • niedopuszczalne jest wykorzystywanie zgromadzonej wody do celów innych niż określone w Projekcie; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych; • Projekt nie przewiduje wykonania przepompowni melioracyjnych oraz ujęć wód podziemnych.

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym Retencja korytowa wspomagająca renaturyzację mokradeł	
Działania realizowane w ramach Projektu: • budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa zastawek, progów i innych przetamowań na rowach, kanałach, ciekach naturalnych okresowych; • budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa jazów, zastawek, progów i innych przetamowań na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę, pod bezwzględnym 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 opóźniaczy odpływu; • 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.	
Jazy, zastawki, przepusty z piętrzeniem	Zalecenia szczegółowe: • zaleca się rozbiórkę urządzeń niepełniących swojej funkcji wraz z rekultywacją terenu. Należy zwrócić szczególną uwagę na usunięcie pozostałych w korycie prowadnic oraz innych elementów mogących powodować powstawanie zatorów [Biedroń 2018]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych (kamień, drewno), dobrze wkomponowujących się w otoczenie, występujących blisko miejsca budowy – przy wykonywaniu umocnień (np. narzuty kamienne), a jeśli to możliwe również przy wznoszeniu samych budowli (zastawki, jazy zastawkowe z drewna); • forma budowli powinna odpowiadać lokalnym uwarunkowaniom krajobrazowym (np. nawiązywać do innych elementów zabudowy hydrotechnicznej cieku) [Biedroń 2018]; • przy przepustach piętrzących nie zaleca się stosowania betonowych prefabrykatów oraz konstrukcji monolitycznych wlotów i wylotów; • stosowanie umocnień z koszy siatkowo-kamiennych jest możliwe tylko wyjątkowo, jako zabezpieczenie obiektów budowlanych w bezpośredniej bliskości brzegu cieku/rowu [Biedroń 2018]. Tego typu umocnienia powinny być zakrywane ziemią, darnią i/lub matami jutowymi z nasadzeniami;	

	• przy umocnieniach brzegowych z elementów siatkowo-kamiennych, z profili stalowych, z profili z tworzyw sztucznych zaleca się umieszczanie w podstawie skarpy głazów i drobniejszych kamieni między nimi [Biedroń 2018]; • budowle piętrzące na ciekach naturalnych powinny być zaopatrzone w przepławki. Konstrukcja przepławek powinna uwzględniać możliwość migracji wszystkich grup ekologicznych ryb (żyjących przy powierzchni i przy dnie), charakterystycznych dla danego typu abiotycznego cieku. Należy zapewnić prędkość przepływu wody wypływającej z przepławki jako tzw. nurt wabiący, szybszy niż prędkość przepływu głównego nurtu cieku wypływającego [Biedroń 2018]. Zaleca się stosowanie przepławek naturopodobnych, takich jak: rampy/pochylnie denne (kamienne), przy dużych obiektach rampy i kanały obiegowe. W przypadku małych budowli na ciekach posiadających urządzenia do regulacji poziomu wody, w szczególności takich jak przepusty z piętrzeniem, w których nie ma możliwości zastosowania przepławki, wymagane jest umożliwienie okresowego swobodnego przepływu wody podczas migracji ryb. Każda z takich inwestycji powinna być uzgodniona z CKPŚ; • nie dopuszcza się zastawek betonowych jako konstrukcji samodzielnych. Tylko w wyjątkowych sytuacjach, wynikających ze względów bezpieczeństwa i trwałości, betonowe konstrukcje mogą stanowić element innej budowli hydrotechnicznej, np. zastawka piętrząca wodę w cieku, w celu zasilenia zbiornika w układzie bocznym; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Progi i stopnie, brody piętrzące, inne małe przetamowania	Zalecenia szczegółowe: • gdy jest to możliwe, należy prowadzić rozbiórkę budowli niepełniących swojej funkcji [Biedroń 2018]; • preferowanym rozwiązaniem jest przebudowa istniejących progów i stopni na bystrze lub kaskadę bystrzy [Biedroń 2018]; • przyjmuje się, że zabudowę progami można stosować na ciekach o spadkach mniejszych niż 25‰. W przypadku większych spadków następuje silne rozmywanie dna cieku, zagrażające trwałości budowli [Wołoszyn 1994]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, takich jak: kamień, drewno, dobrze wkomponowujących się w otoczenie, występujących blisko miejsca budowy [Biedroń 2018]; • zaleca się wykonywanie konstrukcji: drewnianych, drewniano-faszynowych, drewniano-kamiennych, faszynowo-kamiennych, gruntowo-kamiennych, jedynie w uzasadnionych przypadkach betonowo-kamiennych; • forma budowli powinna odpowiadać lokalnym uwarunkowaniom krajobrazowym (np. nawiązywać do innych elementów zabudowy hydrotechnicznej cieku) [Biedroń 2018];

	• budowle piętrzące na ciekach nie powinny zaburzać ciągłości biologicznej; • maksymalne różnice wysokości zwierciadła wody w stanowisku górnym i dolnym budowli piętrzących nie powinny przekraczać: 0,25–0,30 m w górach, 0,10–0,20 m na nizinach. Gdy różnice są większe, należy budowlę wyposażyć w skuteczną przepławkę [Biedroń 2018]. Zaleca się stosowanie przepławek naturopodobnych, takich jak: rampy/pochylnie denne (kamienne), przy dużych obiektach rampy i kanały obiegowe; • konstrukcja progu powinna zapewnić ciągłość ekologiczną cieku dla organizmów wodnych także przy niskich stanach wody (przelew na niską wodę) [Biedroń 2018]; • nie dopuszcza się stosowania stopni i kaskad na ciekach naturalnych; • nie dopuszcza się stosowania progów i stopni betonowych jako konstrukcji samodzielnych; • 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; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Opóźniacze odpływu	Zalecenia szczegółowe: • należy stosować w celu zatrzymania i opóźnienia spływu wody z górnej części zlewni; • zaleca się lokalizowanie obiektów w szczególności na skrzyżowaniach rowów i przed przepustami; • dopuszcza się wykonanie wyłącznie na rowach; • wskazane jest umożliwienie okresowego rozlania się wody poza koryto w okresie wezbrań oraz niewielkie stałe piętrzenie wody przy stanach niskich/średnich, • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Renaturyzacja mokradeł	
Działania realizowane w ramach Projektu: • 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; • przeciwdziałanie fragmentaryzacji siedlisk mokradłowych rozdzielonych infrastrukturą drogową poprzez budowę przejazdów, przepustów, rurociągów, których celem jest umożliwienie przepływu wody między siedliskami podmokłymi.	

Renaturyzacja mokradeł	Zalecenia szczegółowe: • nawodnienie mokradeł odbywa się zazwyczaj przy wykorzystaniu ww. budowli piętrzących, takich jak: progi, zastawki, brody i przepusty z piętrzeniem oraz poprzez odtworzenie koryt doprowadzających wodę do obszaru. Możliwa jest też likwidacja rowów odwadniających obszar lub częściowe zasypanie rowów, jak również wykonywanie głębokich ścianek szczelnych w celu ograniczenia odpływu wód podziemnych; • każdy renaturyzowany obszar mokradłowy powinien zostać poddany szczegółowym analizom skutków odwodnienia, ze zwróceniem uwagi na ocenę powstałych wtórnie układów ekologicznych; • konieczne jest wkomponowanie budowli w otaczający krajobraz oraz wykorzystanie naturalnych materiałów; • w przypadku dużych obiektywów mokradłowych, analogicznie jak dla zbiorników, nie wprowadzono obostrzeń i ograniczeń w zakresie konstrukcji czy materiałów, z jakich powinny być wykonane budowle piętrzące i upustowe; • zapis dotyczący bezwzględnego warunku zapewnienia drożności cieku dla ryb stosuje się wyłącznie do retencji korytowej. W przypadku obszarów mokradłowych (rozlewisk) należy przeanalizować potrzeby i możliwości zachowania ciągłości ekologicznej; • przewiduje się wykonanie budowli zwiększających liczbę miejsc przepływu wody pomiędzy siedliskami, które zostały rozdzielone infrastrukturą techniczną (np. drogi, nasypy drogowe) oraz umożliwiających migrację organizmów; • Projekt nie przewiduje wszelkiego rodzaju działań ochronnych, takich jak: usuwanie drzew, wykaszanie podrostów drzew i krzewów na torfowiskach, koszenie łąk na obszarach podmokłych, reintrodukcja torfowców; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych; • Projekt nie przewiduje wykonania przepompowni melioracyjnych i ujęć wód podziemnych.
Renaturyzacja cieku	
Działania realizowane w ramach Projektu: • odcinkowa renaturyzacja, w tym meandryzacja cieków naturalnych; • odtwarzanie terenów zalewowych, w szczególności doprowadzenie wód do starorzeczy, modernizacje budowli na polderach zalewowych.	
Renaturyzacje koryt i dolin	Zalecenia szczegółowe: • jako samodzielne działania przewidziano tylko odcinkowe renaturyzacje małych i średnich cieków i rzek [podział według Bajkiewicz-Grabowska i Mikulski 2006];

	• wszystkie pozostałe działania mogą zostać uzupełnione o elementy renaturyzacyjne, w tym meandryzacje cieków naturalnych oraz unaturalnienia koryt kanałów i rowów; • zaleca się takie działania, jak: kształtowanie skarp brzegowych, odtwarzanie rzędnej dna w celu przywrócenia równowagi bilansu rumowiska, budowa bystrzy, zapewnienie przepływu ponadkorytowego (obniżenie terenów przyrzecznych), odtwarzanie lub „tworzenie" starorzeczy, meandryzacje koryt (inicjowanie erozji bocznej lub techniczne kształtowanie koryta), tworzenie naturalnych deflektorów, zróżnicowanie siedliskowe koryta, nasadzenia drzew i krzewów oraz kształtowanie roślinności w strefie brzegowej i zalewowej.
Ostrogi (deflektory)	Zalecenia szczegółowe: • ostrogi, tamy poprzeczne mogą być stosowane wyłącznie w celach meandryzacji, remeandryzacji koryt, uruchomienia procesów erozji bocznej, spowolnienia przepływu wody; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, takich jak: kamień, drewno, faszyna, dobrze wkomponowujących się w otoczenie, występujących blisko miejsca budowy [Biedroń 2018]; • naturalne deflektory można tworzyć z kłód drewnianych, karp, gruntu i narzutu kamiennego; • przestrzenie międzyostrogowe i za tamami powinny zachowywać łączność z głównym nurtem i zostać ukształtowane tak, by były jak najbardziej zróżnicowane siedliskowo (zarówno miejsca głębsze, jak i rozleglejsze, płytkie namuliska, odsłaniane spod wody przy niskich jej stanach) [Biedroń 2018]; • należy stosować umocnienia roślinne. Dobór gatunków powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną danego terenu i uwzględniać pożądane właściwości biotechniczne [Biedroń 2018]; • nie dopuszcza się konstrukcji betonowych oraz wykonywanych w celach regulacyjnych, np. kierowanie nurtu pod przeprawy.
Bystrze	Zalecenia szczegółowe: • zamiast progów i stopni, które ograniczają łączność podłużną cieku, zaleca się wykonywanie bystrzy [Biedroń 2018]; • dobrą praktyką jest wykonanie kilku niższych/krótszych bystrzy niż jednego dużego [Biedroń 2018]; • projektowane bystrza, tym lepiej spełniają swoją funkcję ekologiczną, im spadek bystrza jest łagodniejszy. Zalecane nachylenia bystrzy to 1:10–1:30. Ze względu na warunki miejscowe można dopuścić większy spadek – maksymalnie 1:5 [Biedroń 2018]; • zwiększoną szorstkość budowli uzyskuje się przez odpowiednie ułożenie głazów, kamieni budujących bystrze. Stabilizację kamieni w bystrzu stanowi: drobniejszy kamień (klinowanie większych kamieni), żwir, beton. Zalecane wysokości bystrz – do 2,0 m (wyjątkowo do 3,0 m) [Biedroń 2018];

	• bystrza powinny uwzględniać koncentrację przepływu w okresach niżówek przez odpowiednie ukształtowanie płyty spadowej bystrza dla zapewnienia funkcji przepławki [Biedroń 2018]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych do budowy lub przebudowy [Biedroń 2018]; • budując lub przebudowując bystrze, należy zadbać o jego wkomponowanie w otaczający krajobraz [Biedroń 2018]; • niedopuszczalne jest wykonywanie bystrotoków (czyli umocnionego technicznie odcinka koryta o dużym spadku, prowadzącego wodę ze znaczną prędkością) jako samodzielnych budowli. Mogą one stanowić element dużych budowli hydrotechnicznych, np. zrzutów wody ze zbiornika przez przelew awaryjny.
2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej **2.1. Zabezpieczenie infrastruktury leśnej**	
Działania realizowane w ramach Projektu: • budowle stabilizujące osuwiska oraz zabezpieczenia skarp narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy, mające na celu ochronę infrastruktury leśnej, wykonane metodami przyjaznymi środowisku, takimi jak: geotekstylia, nasadzenia, darniowanie, drenaże oraz z materiałów naturalnych, w szczególności drewna, kamienia, faszyny; • 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; • wykonanie nowych budowli komunikacyjnych w miejscu samowolnych lub historycznie istniejących przejazdów powstałych wskutek 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, takiej jak: 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.	
Stabilizacja skarp i osuwisk, umocnienia koryt	Zalecenia szczegółowe: • stosowane wyłącznie w celu zabezpieczenia infrastruktury leśnej (np. drogi, zabudowy);

- umocnienia powinny być wykonane z materiałów naturalnych (głazy kamienne, tłuczeń, faszyna, drewno, włókna naturalne itp.) w wyjątkowych i uzasadnionych przypadkach uzupełnianych materiałami technicznymi (beton, materiały stalowe, materiały z tworzyw sztucznych itp.) [Biedroń 2018];
- stosowanie umocnień z koszy siatkowo-kamiennych jest możliwe tylko wyjątkowo, jako zabezpieczenie obiektów budowlanych w bezpośredniej bliskości brzegu cieku [Biedroń 2018]. Umocnienia tego typu powinny być zakrywane ziemią, darnią i/lub matami jutowymi z nasadzeniami;
- zaleca się przebudowę uszkodzonych ubezpieczeń siatkowo-kamiennych na ubezpieczenia z narzutu kamiennego [Biedroń 2018];
- zaleca się szerokie stosowanie umocnień biotechnicznych, rozumianych jako umocnienia techniczne uzupełnione roślinami lub elementami zdolnymi do wegetacji (żywokoły), które dzięki możliwości rozwoju osiągają większą trwałość. Dobór powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną; należy dobierać gatunki o pożądanych właściwościach biotechnicznych [Biedroń 2018];
- w narzutach kamiennych zaleca się inicjowanie zadarnienia poprzez zasypywanie gruntem i obsiew wolnych przestrzeni między elementami stałymi umocnień. W strefie zwilżanej przestrzenie między głazami zwykle powinny być pozostawione jako miejsca ukrycia dla organizmów wodnych [Biedroń 2018];
- najlepiej, gdy stosowane materiały są zharmonizowane z typem abiotycznym cieku (należy unikać stosowania np. materiałów wapiennych w ciekach krzemianowych, i odwrotnie – kamienia w ciekach gliniastych i torfowych; drewno rodzimych gatunków jest materiałem naturalnym dla wszystkich typów cieków) [Biedroń 2018];
- zabroniona jest obustronna zabudowa brzegów i dna cieków, prowadząca do jego kanalizacji. Rozumie się przez to techniczne umocnienie/stabilizację całego koryta, mające na celu szybkie przeprowadzenie wód (powyższe skutkuje zdegradowaniem ekosystemu rzecznego oraz zwiększeniem ryzyka powodziowego i procesów erozji na odcinku poniżej umocnienia), wyjątek stanowią konieczne umocnienia budowli hydrotechnicznych i komunikacyjnych;
- nie dopuszcza się konstrukcji betonowych, takich jak: płyty betonowe (w tym ażurowe), ściany oporowe, opaski i brukowania. Wyjątek stanowią wyłącznie duże budowle hydrotechniczne: jazy, mosty, zbiorniki, w których ze względów bezpieczeństwa konieczne jest zastosowanie umocnień betonowych (tylko w przypadku, gdy nie ma rozwiązań alternatywnych);
- zabroniona jest budowa, przebudowa, rozbudowa murów oporowych, z wyłączeniem kaszyc drewnianych i niewielkich murków kamiennych układanych bez zaprawy;
- niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.

Budowa, przebudowa, rozbudowa, odbudowa lub rozbiórka istniejących obiektów komunikacyjnych (przepusty, mosty, brody)	Zalecenia szczegółowe: • celem działań jest ochrona infrastruktury leśnej; • warunkiem koniecznym jest poprawa przepustowości budowli już istniejących/koryt oraz ograniczenie przeszkód w przepływie wody (np. takich jak: filary i wysunięte przyczółki mostów lub przepusty wielootworowe); • wykonanie nowych budowli komunikacyjnych, np. brodów i przepustów, jest możliwe jedynie w miejscu samowolnych lub historycznie istniejących przejazdów powstałych wskutek rozjeżdżania koryta w trasie drogi, w celu dostosowania koryta do wód wezbraniowych (przeciwdziałanie erozji) oraz ograniczania spływu zanieczyszczeń, tj. zawiesiny lub substancji i materiałów będących efektem użytkowania drogi; • konstrukcje, w miarę możliwości, powinny zapewniać swobodny przepływ wody i transport rumowiska, migrację organizmów oraz przeciwdziałać tworzeniu się zatorów. Przewiduje się: zwiększenie świateł obiektów (np. mosty jednoprzęsłowe), dostosowanie kształtów (np. zmiana przepustu kołowego na łukowo-kołowy, łukowy, skrzynkowy), zastąpienie innym rodzajem budowli komunikacyjnej (np. przepustu brodem), wykonanie obiektów zespolonych ze ścieżkami lub półkami dla zwierząt; • na ciekach naturalnych stale prowadzących wodę konieczne jest zachowanie drożności dla ryb; • zabroniona jest budowa nowych lub modernizacja istniejących mostów, kładek, przepustów, brodów niespełniających założeń Projektu, np. budowa nowych obiektów wyłącznie do celów gospodarczych, turystycznych lub modernizacje niemające na celu dostosowania obiektów do wód wezbraniowych; • zaleca się rozbiórkę zbędnych, zniszczonych lub niewłaściwie zlokalizowanych w korytach zapór, jazów, przepustów, wszelkiej zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt, tj. murów oporowych oraz innych technicznych umocnień; • zaleca się stosowanie umocnień technicznych z materiałów naturalnych lub umocnień biotechnicznych; • 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; • nie dopuszcza się przepustów wielootworowych; • nie zaleca się odbudowy przepustów i mostów na obiekty o tych samych parametrach;

	• obustronna zabudowa brzegów cieków dopuszczona jest wyłącznie w celu zwiększenia bezpieczeństwa takich obiektów, jak: mosty, kładki i przepusty, i powinna być ograniczona do niezbędnego minimum. Zaleca się jednocześnie stosowanie umocnień technicznych z materiałów naturalnych, np. ciężkie narzuty kamienne; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Bród	Zalecenia szczegółowe: • z punktu widzenia ekologii cieku jest lepszym rozwiązaniem niż przepust. Celowym bywa przebudowa przepustów na brody [Biedroń 2018]; • powinien być przejezdny przez większą część roku [Biedroń 2018]; • może być budowlą jednofunkcyjną lub wielofunkcyjną. Gdy jest budowlą jednofunkcyjną, należy w miarę możliwości zagłębić go w korycie cieku, aby nie przerywać ciągłości cieku i nie powodować erozji poniżej. Gdy jest budowlą wielofunkcyjną, umożliwia dodatkowo niewielkie spiętrzenie wody (bród piętrzący). W takiej sytuacji wymagane jest ubezpieczenie cieku poniżej brodu, np. bystrze [Biedroń 2018]; • konstrukcja powinna zapewnić ciągłość ekologiczną cieku dla organizmów wodnych także przy niskich stanach wody (profil poprzeczny brodu powinien być płytko V-kształtny, a nie plaski, koncentrujący niski przepływ w centrum) [Biedroń 2018]; • lokalizacja powinna wynikać z naturalnej hydromorfologii koryta, możliwie w miejscach szerokich, na prostych odcinkach cieku [Biedroń 2018]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, takich jak: kamień, drewno, występujących blisko miejsca budowy; • budując lub przebudowując bród, należy zadbać o jego wkomponowanie w otaczający krajobraz [Biedroń 2018]; • niedopuszczalne jest wykonanie brodu z płyt betonowych i bruku; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Rozbiórka lub adaptacja zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt	Zalecenia szczegółowe: • działania mające na celu przywrócenie ciągłości podłużnej (umożliwienie migracji organizmów wodnych wzdłuż cieku i naturalnego transportu rumowiska) oraz poprzecznej (przywrócenie łączności rzeki z jej doliną, obszarami zalewowymi, mokradłowymi) [Biedroń 2018]; • zaleca się takie działania, jak: likwidacja murów oporowych, starych wałów, grobli niepełniących swojej funkcji, likwidacja zbędnej zabudowy poprzecznej cieków, zastąpienie przegród w korytach bystrzami lub ich adaptacja, budowa przepławek naturopodobnych, budowa kanałów obiegowych dla ryb; • zaleca się modernizacje budowli komunikacyjnych w celu umożliwienia swobodnego przepływu wody i transportu rumowiska, migracji organizmów.

Przepławki i inne konstrukcje dla ryb	Zalecenia szczegółowe: • zaleca się wykonywanie przepławek o charakterze naturopodobnym, obejmujących takie obiekty, jak: rampy denne, pochylnie, kanały obiegowe imitujące w najlepszy możliwy sposób naturalne bystrza lub strumienie o większym spadku [Nawrocki 2016]; • zaleca się wykorzystywanie materiałów naturalnych, właściwych dla rzeki o charakterze naturalnym [Nawrocki 2016]; • wykonanie nowych budowli piętrzących na ciekach naturalnych, takich jak: progi, brody, zastawki, jazy, groble, wymaga podjęcia działań zapewniających zachowanie drożności dla ryb (przepławki, konstrukcje zapewniające skoncentrowany przepływ przy niskich stanach wód itd.); • możliwe są działania polegające wyłącznie na modernizacji budowli hydrotechnicznych w celu umożliwienia migracji ryb w korycie. np. budowa przepławki; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.

Załącznik nr 2 do Podręcznika 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 górskich - kontynuacja (MRG3)

1. Działania z zakresu małej retencji[1] 1.1. Budowa, rozbudowa, przebudowa lub odbudowa zbiorników Zbiorniki małej retencji	
Działania realizowane w ramach Projektu: • zbiorniki bezodpływowe (kopane), zasilane głównie ze spływów powierzchniowych i wód opadowych lub na terenach zalewowych; • zbiorniki zaporowe lub boczne zasilane ciekami naturalnymi[2] 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.	
Zbiorniki	Zalecenia szczegółowe: • w przypadku budowy nowych zbiorników zaleca się wykonanie inwentaryzacji przyrodniczej; • projektując budowle piętrzące i upustowe zbiornika, należy zadbać o ich wkomponowanie w otaczający krajobraz. Ze względów bezpieczeństwa nie wprowadzono obostrzeń i ograniczeń w zakresie ich konstrukcji czy materiałów, z jakich powinny być wykonane; • ze względów krajobrazowo-przyrodniczych zaleca się stosowanie zapór ziemnych; • w przypadku występowania w danym regionie zwierząt kopiących nory groble powinny być zabezpieczone powlekaną tworzywem siatką stalową przykrytą gruntem;

[1] Działania mogą zostać uzupełnione zasypywaniem (całkowitym w początkowym ich biegu lub odcinkowym) rowów melioracyjnych. W celu ustabilizowania danego odcinka zasypanego rowu zaleca się stosowanie przegród poprzecznych w zależności od potrzeb, czy to w formie ścianek szczelnych, czy przegród umożliwiających filtrację.

[2] Cieki/cieki naturalne w rozumieniu ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2023 poz. 2029) – rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy naturalnymi lub uregulowanymi korytami.

- przy umocnieniach grobli/brzegów zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, występujących blisko miejsca budowy;
- zaleca się wprowadzenie elementów prośrodowiskowych, 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;
- zbiorniki mogą zostać wyposażone w niezbędną infrastrukturę umożliwiającą czerpanie wody do celów przeciwpożarowych z ograniczeniami, o których mowa w Podręczniku[3];
- lokalizacja zbiorników powinna być poprzedzona analizą przez projektanta zasobów dyspozycyjnych na potrzeby nowego obiektu bez negatywnego wpływu na utrzymanie przepływów nienaruszalnych i funkcjonowanie już istniejących obiektów wodnych i ekosystemów położonych w dole zlewni;
- lokalizacja zbiorników powinna być oceniona przez projektanta pod kątem podatności na zamulanie, eutrofizację i zanieczyszczenie. Zbiorniki, które z dużym prawdopodobieństwem będą podatne na nadmierne zamulanie, zamykające zlewnię erodującego cieku, nie powinny być realizowane;
- odmulanie istniejących zbiorników dopuszczalne jest tylko wówczas, gdy zamulenie nie jest efektem błędnej lokalizacji zbiornika i stanowi element szerszych działań modernizacyjnych;
- zaleca się wykonywanie konstrukcji umożliwiających przepływ rumowiska i migrację organizmów wodnych (w szczególności ryb);
- niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych;
- niedopuszczalne są przedsięwzięcia wpływające niekorzystnie na przedmioty ochrony w formach ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ustawy o ochronie przyrody[4], w przypadku wykazania przez organy ochrony przyrody niekorzystnego wpływu na te przedmioty;

[3] W Projekcie istnieje możliwość realizacji infrastruktury ppoż., 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 m^2 (utwardzenie powierzchni powyżej ww. limitu będzie finansowane ze środków własnych nadleśnictwa). Place manewrowe powinny być utwardzone kruszywem. Nie będą kwalifikowalne utwardzenia 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 czerpane i schody.

[4] Wg art. 6 ust. 1 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r o ochronie przyrody (Dz.U. 2023 poz. 1890) formami ochrony przyrody są:

1) parki narodowe,
2) rezerwaty przyrody,
3) parki krajobrazowe,
4) obszary chronionego krajobrazu,

Zbiorniki	• należy odstąpić od realizacji inwestycji lub zmienić formę działań retencyjnych w przypadku stwierdzenia przez stosowny organ negatywnego oddziaływania na środowisko (np. opinia RDOŚ przy decyzji środowiskowej); • szczególną uwagę należy zwrócić na przedsięwzięcia na obszarach źródliskowych i na glebach hydrogenicznych polegające na wykonywaniu prac ziemnych trwale przekształcających obszar. Dopuszczalne są wyłącznie małoinwazyjne prace mające na celu poprawę stosunków wodnych i ochronę cennych przyrodniczo siedlisk, np. polegające na zastosowaniu przegród na rowach, w dolinach, rynnach erozyjnych, ścieżkach spływu wód, na obszarach wodno-błotnych i od wód zależnych; • niedopuszczone do realizacji są zbiorniki kopane, zasilane głównie wodami gruntowymi, przy bardzo płytkim, przypowierzchniowym zaleganiu wody. Takie zbiorniki w przeważającej części roku mają charakter drenujący i zubożają zasoby wód gruntowych; • dopuszcza się realizację infrastruktury towarzyszącej, która będzie niezbędna na etapie eksploatacji obiektu, a jej celem będzie zapewnienie bezpieczeństwa, np. dojścia do mnicha, łaty wodowskazowe, piezometry, bariery drogowe; • ogrodzenia zbiorników dopuszczalne są tylko w sytuacji uzasadnionej względami bezpieczeństwa (narzucone przez decyzje administracyjne lub uzgodnienia projektowe), przy czym zaleca się umożliwiać swobodny dostęp zwierzętom chociaż do części zbiornika, a forma ogrodzenia powinna być wkomponowana w krajobraz i bezpieczna dla zwierząt (nie powinno się stosować ogrodzeń z siatek metalowych, plastikowych czy żerdzi); • nie wchodzi w zakres Projektu budowa infrastruktury turystycznej, w tym pieszej, rowerowej oraz nasadzeń ozdobnych i małej architektury; • nie wchodzi w zakres projektu wykonanie dróg dojazdowych do obiektów oraz dojazdów pożarowych i innych elementów infrastruktury drogowej niezwiązanej z celami projektu; • niedopuszczalne jest wykorzystywanie zgromadzonej wody do celów innych niż określone w Projekcie; • Projekt nie przewiduje wykonania przepompowni melioracyjnych oraz ujęć wód podziemnych.

5) obszary Natura 2000,
6) pomniki przyrody,
7) stanowiska dokumentacyjne,
8) użytki ekologiczne,
9) zespoły przyrodniczo-krajobrazowe,
10) ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów.

1.2. Przywracanie funkcji obszarom mokradłowym Retencja korytowa wspomagająca renaturyzację mokradeł	
Działania realizowane w ramach Projektu: • 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; • adaptacja istniejących systemów melioracyjnych do pełnienia funkcji retencyjnych, w szczególności poprzez zmiany spadków istniejących rowów, poszerzanie koryt rowów w zasięgu oddziaływania budowli piętrzących, przebudowę rowów melioracyjnych na rowy bezodpływowe, likwidację rowów, montaż urządzeń regulujących poziom wody w studniach drenarskich.	
Zastawki, przepusty z piętrzeniem	Zalecenia szczegółowe: • dopuszcza się wykonanie wyłącznie na rowach, kanałach, ciekach naturalnych okresowych; • zaleca się rozbiórkę urządzeń niepełniących swojej funkcji wraz z rekultywacją terenu. Należy zwrócić szczególną uwagę na usunięcie pozostałych w korycie prowadnic oraz innych elementów mogących powodować powstawanie zatorów [Biedroń 2018]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych (kamień, drewno), dobrze wkomponowujących się w otoczenie, występujących blisko miejsca budowy – przy wykonywaniu umocnień (np. narzuty kamienne), a jeśli to możliwe również przy wznoszeniu samych budowli (zastawki z drewna); • forma budowli powinna odpowiadać lokalnym uwarunkowaniom krajobrazowym (np. nawiązywać do innych elementów zabudowy hydrotechnicznej cieku) [Biedroń 2018]; • przy przepustach piętrzących nie zaleca się stosowania betonowych prefabrykatów oraz konstrukcji monolitycznych wlotów i wylotów; • stosowanie umocnień z koszy siatkowo-kamiennych nie jest możliwe; • umocnienia brzegowe z elementów siatkowo-kamiennych, z profili stalowych, z profili z tworzyw sztucznych nie są dopuszczone do stosowania; • nie dopuszcza się zastawek betonowych jako konstrukcji samodzielnych. Tylko w wyjątkowych sytuacjach, wynikających ze względów bezpieczeństwa i trwałości, betonowe konstrukcje mogą stanowić element innej budowli hydrotechnicznej, np. zastawka piętrząca wodę w cieku w celu zasilenia zbiornika w układzie bocznym;

	• niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Progi i stopnie, brody piętrzące, inne małe przetamowania	Zalecenia szczegółowe: • dopuszcza się wykonanie wyłącznie na rowach, kanałach, ciekach naturalnych okresowych; • gdy jest to możliwe, należy prowadzić rozbiórkę budowli niepełniących swojej funkcji [Biedroń 2018]; • preferowanym rozwiązaniem jest przebudowa istniejących progów i stopni na bystrze lub kaskadę bystrzy [Biedroń 2018]; • przyjmuje się, że zabudowę progami można stosować na ciekach o spadkach mniejszych niż 25‰. W przypadku większych spadków następuje silne rozmywanie dna cieku, zagrażające trwałości budowli [Wołoszyn 1994]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, takich jak: kamień, drewno dobrze wkomponowujących się w otoczenie, występujących blisko miejsca budowy [Biedroń 2018]; • zaleca się wykonywanie konstrukcji: drewnianych, drewniano-faszynowych, drewniano-kamiennych, faszynowo-kamiennych, gruntowo-kamiennych; • forma budowli powinna odpowiadać lokalnym uwarunkowaniom krajobrazowym (np. nawiązywać do innych elementów zabudowy hydrotechnicznej cieku) [Biedroń 2018]; • budowle piętrzące na ciekach nie powinny zaburzać ciągłości biologicznej; • maksymalne różnice wysokości zwierciadła wody w stanowisku górnym i dolnym budowli piętrzących nie powinny przekraczać: 0,25–0,30 m w górach, 0,10–0,20 m na nizinach. Gdy różnice są większe, należy budowlę wyposażyć w skuteczną przepławkę [Biedroń 2018]. Zaleca się stosowanie przepławek naturopodobnych, takich jak rampy/pochylnie denne (kamienne), przy dużych obiektach rampy i kanały obiegowe; • konstrukcja progu powinna zapewnić ciągłość ekologiczną cieku dla organizmów wodnych także przy niskich stanach wody (przelew na niską wodę) [Biedroń 2018]; • nie dopuszcza się stosowania progów, stopni i kaskad na ciekach naturalnych; • nie dopuszcza się stosowania progów i stopni betonowych jako konstrukcji samodzielnych; • 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; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.

Opóźniacze odpływu	Zalecenia szczegółowe: • dopuszcza się wykonanie wyłącznie na rowach; • należy stosować w celu zatrzymania i opóźnienia spływu wody z górnej części zlewni; • zaleca się lokalizowanie obiektów w szczególności na skrzyżowaniach rowów i przed przepustami; • wskazane jest umożliwienie okresowego rozlania się wody poza koryto w okresie wezbrań oraz niewielkie stałe piętrzenie wody przy stanach niskich/średnich; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Renaturyzacja mokradeł	
Działania realizowane w ramach Projektu: • 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; • przeciwdziałanie fragmentaryzacji siedlisk mokradłowych rozdzielonych infrastrukturą drogową poprzez budowę przejazdów, w tym dylowanek, przepustów, rurociągów, których celem jest umożliwienie przepływu wody między siedliskami podmokłymi.	
Renaturyzacja mokradeł	Zalecenia szczegółowe: • nawodnienie mokradeł odbywa się zazwyczaj przy wykorzystaniu ww. budowli piętrzących, takich jak: progi, stopnie, zastawki, brody i przepusty z piętrzeniem oraz poprzez odtworzenie koryt doprowadzających wodę do obszaru. Możliwa jest też likwidacja rowów odwadniających obszar lub częściowe ich zasypanie, jak również wykonywanie głębokich ścianek szczelnych w celu ograniczenia odpływu wód podziemnych; • konieczne jest wkomponowanie budowli w otaczający krajobraz i wykorzystanie naturalnych materiałów; • w przypadku dużych obiektywów mokradłowych, analogicznie jak dla zbiorników, nie wprowadzono obostrzeń i ograniczeń w zakresie konstrukcji czy materiałów, z jakich powinny być wykonane budowle piętrzące i upustowe; • przewiduje się wykonanie budowli zwiększających liczbę miejsc przepływu wody pomiędzy siedliskami, które zostały rozdzielone infrastrukturą techniczną (np. drogi, nasypy drogowe) oraz umożliwiających migrację organizmów; • Projekt nie przewiduje wszelkiego rodzaju działań ochronnych, takich jak: usuwanie drzew, wykaszanie podrostów drzew i krzewów na torfowiskach, koszenie łąk na obszarach podmokłych, reintrodukcja torfowców;

	• niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych; • Projekt nie przewiduje wykonania przepompowni melioracyjnych i ujęć wód podziemnych.
Renaturyzacja cieku	
Działania realizowane w ramach Projektu: • odcinkowa renaturyzacja, w tym meandryzacja cieków naturalnych; • odtwarzanie terenów zalewowych.	
Renaturyzacja koryt i dolin	Zalecenia szczegółowe: • jako samodzielne działania przewidziano tylko odcinkowe renaturyzacje małych i średnich cieków oraz rzek [podział według Bajkiewicz-Grabowska i Mikulski 2006]; • wszystkie pozostałe działania mogą zostać uzupełnione o elementy renaturyzacyjne, w tym meandryzacje cieków naturalnych oraz unaturalnienia koryt kanałów i rowów; • zaleca się takie działania, jak: kształtowanie skarp brzegowych, odtwarzanie rzędnej dna w celu przywrócenia równowagi bilansu rumowiska, budowa bystrzy (szerzej opisane w części „Zabezpieczenie infrastruktury leśnej – Bystrze"), zapewnienie przepływu ponadkorytowego (obniżenie terenów przyrzecznych), odtwarzanie lub „tworzenie" starorzeczy, meandryzacje koryt (inicjowanie erozji bocznej lub techniczne kształtowanie koryta), tworzenie naturalnych deflektorów, zróżnicowanie siedliskowe koryta, nasadzenia drzew i krzewów oraz kształtowanie roślinności w strefie brzegowej i zalewowej.
Ostrogi (deflektory)	Zalecenia szczegółowe: • stosowane wyłącznie w celach meandryzacji, remeandryzacji koryt, uruchomienia procesów erozji bocznej, spowolnienia przepływu wody; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, takich jak: kamień, drewno, faszyna, dobrze wkomponowujących się w otoczenie, występujących blisko miejsca budowy [Biedroń 2018]; • przestrzenie międzyostrogowe i za tamami powinny zachowywać łączność z głównym nurtem i zostać ukształtowane tak, by były jak najbardziej zróżnicowane siedliskowo (zarówno miejsca głębsze, jak i rozleglejsze, płytkie namuliska, odsłaniane spod wody przy niskich jej stanach) [Biedroń 2018]; • należy stosować umocnienia roślinne. Dobór gatunków powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną danego terenu i uwzględniać pożądane właściwości biotechniczne [Biedroń 2018]; • nie dopuszcza się konstrukcji betonowych oraz wykonywanych w celach regulacyjnych, np. kierowania nurtu pod przeprawy; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej

2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej

Działania realizowane w ramach Projektu:

- budowle stabilizujące osuwiska i zabezpieczenia skarp narażonych na nadmierny spływ powierzchniowy, mające na celu ochronę infrastruktury leśnej, wykonane metodami przyjaznymi środowisku, takimi jak: geotekstylia, nasadzenia, darniowanie, drenaże oraz z materiałów naturalnych, w szczególności drewna, kamienia, faszyny;
- 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, w których 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.

Stabilizacja skarp i osuwisk, umocnienia koryt	Zalecenia szczegółowe: • stosowane wyłącznie w celu zabezpieczenia infrastruktury leśnej (np. drogi, zabudowy); • umocnienia powinny być wykonane z materiałów naturalnych (głazy kamienne, tłuczeń, faszyna, drewno, włókna naturalne itp.) w wyjątkowych i uzasadnionych przypadkach uzupełnianych materiałami technicznymi (beton, materiały stalowe, materiały z tworzyw sztucznych itp.) [Biedroń 2018]; • zaleca się przebudowę uszkodzonych ubezpieczeń siatkowo-kamiennych na ubezpieczenia z narzutu kamiennego [Biedroń 2018]; • zaleca się szerokie stosowanie umocnień biotechnicznych, rozumianych jako umocnienia techniczne uzupełnione roślinami lub elementami zdolnymi do wegetacji (żywokoły), które dzięki możliwości rozwoju osiągają większą trwałość. Dobór powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną; należy dobierać gatunki o pożądanych właściwościach biotechnicznych [Biedroń 2018];

	• w narzutach kamiennych zaleca się inicjowanie zadarnienia poprzez zasypywanie gruntem i obsiew wolnych przestrzeni między elementami stałymi umocnień. W strefie zwilżanej przestrzenie między głazami zwykle powinny być pozostawione jako miejsca ukrycia dla organizmów wodnych [Biedroń 2018]; • najlepiej gdy stosowane materiały są zharmonizowane z typem abiotycznym cieku (należy unikać stosowania np. materiałów wapiennych w ciekach krzemianowych, i odwrotnie – kamienia w ciekach gliniastych i torfowych; drewno rodzimych gatunków jest materiałem naturalnym dla wszystkich typów cieków) [Biedroń 2018]; • zabroniona jest obustronna zabudowa brzegów i dna cieków, prowadząca do jego kanalizacji. Rozumie się przez to techniczne umocnienie/stabilizację całego koryta, mające na celu szybkie przeprowadzenie wód (powyższe skutkuje zdegradowaniem ekosystemu rzecznego oraz zwiększeniem ryzyka powodziowego i procesów erozji na odcinku poniżej umocnienia), wyjątek stanowią konieczne umocnienia budowli hydrotechnicznych i komunikacyjnych; • nie dopuszcza się konstrukcji betonowych, takich jak: płyty betonowe (w tym ażurowe), ściany oporowe, opaski i brukowania. Wyjątek stanowią wyłącznie duże budowle hydrotechniczne: jazy, mosty, zbiorniki, gdzie ze względów bezpieczeństwa konieczne jest zastosowanie umocnień betonowych (tylko w przypadku, gdy nie ma rozwiązań alternatywnych); • zabroniona jest budowa, przebudowa i rozbudowa murów oporowych, z wyłączeniem kaszyc drewnianych oraz niewielkich murków kamiennych układanych bez zaprawy; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Przebudowa, rozbudowa, odbudowa lub rozbiórka istniejących obiektów komunikacyjnych (przepusty, mosty, brody)	Zalecenia szczegółowe: • celem działań jest ochrona infrastruktury leśnej; • warunkiem koniecznym jest poprawa przepustowości budowli już istniejących/koryt oraz ograniczenie przeszkód w przepływie wody (np. takich jak filary i wysunięte przyczółki mostów czy przepusty wielootworowe); • na ciekach naturalnych konieczne jest zachowanie drożności dla ryb; • konstrukcje w miarę możliwości powinny zapewniać swobodny przepływ wody i transport rumowiska, migrację organizmów oraz przeciwdziałać tworzeniu się zatorów. Przewiduje się: zwiększenie świateł obiektów (np. mosty jednoprzęsłowe), dostosowanie kształtów (np. zmiana przepustu kołowego na łukowo-kołowy, łukowy, skrzynkowy), zastąpienie innym rodzajem budowli komunikacyjnej (np. przepustu brodem), wykonanie obiektów zespolonych ze ścieżkami lub półkami dla zwierząt;

	• zabroniona jest budowa nowych lub modernizacja istniejących mostów, kładek, przepustów, brodów niespełniających założeń Projektu, np. budowa nowych obiektów wyłącznie do celów gospodarczych, turystycznych lub modernizacje niemające na celu dostosowania obiektów do wód wezbraniowych; • zaleca się rozbiórkę zbędnych, zniszczonych lub niewłaściwie zlokalizowanych w korytach zapór, jazów, przepustów, wszelkiej zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt, tj. murów oporowych i innych technicznych umocnień; • zaleca się stosowanie umocnień technicznych z materiałów naturalnych lub umocnień biotechnicznych; • 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; • nie dopuszcza się przepustów wielootworowych; • nie dopuszcza się odbudowy przepustów i mostów na obiekty o tych samych parametrach; • obustronna zabudowa brzegów cieków dopuszczona jest wyłącznie w celu zwiększenia bezpieczeństwa takich obiektów, jak: mosty, kładki i przepusty, i powinna być ograniczona do niezbędnego minimum. Zaleca się jednocześnie stosowanie umocnień technicznych z materiałów naturalnych (np. ciężkie narzuty kamienne); • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Bród	Zalecenia szczegółowe: • z punktu widzenia ekologii cieku jest lepszym rozwiązaniem niż przepust. Celowym bywa przebudowa przepustów na brody [Biedroń 2018]; • powinien być przejezdny przez większą część roku [Biedroń 2018]; • może być budowlą jednofunkcyjną lub wielofunkcyjną. Gdy jest budowlą jednofunkcyjną, należy, w miarę możliwości, zagłębić go w korycie cieku, aby nie przerywać ciągłości cieku i nie powodować erozji poniżej. Gdy jest budowlą wielofunkcyjną, umożliwia dodatkowo niewielkie spiętrzenie wody (bród piętrzący), w takiej sytuacji wymagane jest ubezpieczenie cieku poniżej brodu, np. bystrze [Biedroń 2018];

	• konstrukcja powinna zapewnić ciągłość ekologiczną cieku dla organizmów wodnych także przy niskich stanach wody (profil poprzeczny brodu powinien być płytko V-kształtny, a nie plaski, koncentrujący niski przepływ w centrum) [Biedroń 2018]; • lokalizacja powinna wynikać z naturalnej hydromorfologii koryta, możliwie w miejscach szerokich, na prostych odcinkach cieku [Biedroń 2018]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych, takich jak: kamień, drewno, występujących blisko miejsca budowy; • budując lub przebudowując bród, należy zadbać o jego wkomponowanie w otaczający krajobraz [Biedroń 2018]; • niedopuszczalne jest wykonanie brodu z płyt betonowych i bruku; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.
Rozbiórka lub adaptacja zabudowy poprzecznej i podłużnej koryt	Zalecenia szczegółowe: • działania mające na celu przywrócenie ciągłości podłużnej (umożliwienie migracji organizmów wodnych wzdłuż cieku i naturalnego transportu rumowiska) oraz poprzecznej (przywrócenie łączności rzeki z jej doliną, obszarami zalewowymi, mokradłowymi) [Biedroń 2018]; • zaleca się takie działania, jak: kształtowanie skarp brzegowych, likwidacja murów oporowych, zapewnienie przepływu ponadkorytowego, odtwarzanie starorzeczy, likwidacja zbędnej zabudowy poprzecznej cieków, zastąpienie przegród w korytach bystrzami, budowa przepławek naturopodobnych, budowa kanałów obiegowych dla ryb; • zaleca się modernizacje budowli komunikacyjnych w celu umożliwienia swobodnego przepływu wody i transportu rumowiska, migracji organizmów; • wszystkie działania w Projekcie mogą zostać uzupełnione o elementy renaturyzacyjne, w tym meandryzację cieków naturalnych i unaturalnienia koryt kanałów i rowów.
Przepławki i inne konstrukcje dla ryb	Zalecenia szczegółowe: • zaleca się wykonywanie przepławek o charakterze naturopodobnym, obejmujących takie obiekty, jak: rampy denne, pochylnie, kanały obiegowe imitujące w najlepszy możliwy sposób naturalne bystrza lub strumienie o większym spadku [Nawrocki 2016]; • zaleca się wykorzystywanie materiałów naturalnych, właściwych dla rzeki o charakterze naturalnym [Nawrocki 2016]; • obowiązkowo należy stosować przy nowych budowlach piętrzących na ciekach naturalnych, takich jak: progi, zastawki, jazy, groble itp.; • niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.

Bystrze	Zalecenia szczegółowe: • zamiast progów i stopni, które ograniczają łączność podłużną cieku, zaleca się wykonywanie bystrzy [Biedroń 2018]; • dobrą praktyką jest wykonanie kilku niższych/krótszych bystrzy niż jednego dużego [Biedroń 2018]; • projektowane bystrza tym lepiej spełniają swoją funkcję ekologiczną, im spadek bystrza jest łagodniejszy. Zalecane nachylenia bystrzy to 1:10–1:30. Ze względu na warunki miejscowe można dopuścić większy spadek – maksymalnie 1:5 [Biedroń 2018]; • zwiększoną szorstkość budowli uzyskuje się przez odpowiednie ułożenie głazów, kamieni budujących bystrze. Stabilizację kamieni w bystrzu stanowi: drobniejszy kamień (klinowanie większych kamieni), żwir, beton. Zalecane wysokości bystrz – do 2,0 m (wyjątkowo do 3,0 m) [Biedroń 2018]; • bystrza powinny uwzględniać koncentrację przepływu w okresach niżówek przez odpowiednie ukształtowanie płyty spadowej bystrza dla zapewnienia funkcji przepławki [Biedroń 2018]; • zaleca się stosowanie materiałów naturalnych do budowy lub przebudowy [Biedroń 2018]; • budując lub przebudowując bystrze, należy zadbać o jego wkomponowanie w otaczający krajobraz [Biedroń 2018]; • niedopuszczalne jest wykonywanie bystrotoków (czyli umocnionego technicznie odcinka koryta o dużym spadku, prowadzącego wodę ze znaczną prędkością) jako samodzielnych budowli. Mogą one stanowić element dużych budowli hydrotechnicznych, np. zrzutów wody ze zbiornika przez przelew awaryjny.
2.2. Zabudowa przeciwerozyjna dróg i szlaków zrywkowych	
Działania realizowane w ramach Projektu: • zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu pozyskania drewna (płotki drewniane i kamienne ograniczające spływ wód i transport rumowiska łącznie z zabudową biologiczną); • zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg (budowa wodospustów, dylowanek, brodów, przepustów itp.).	
Zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu pozyskania drewna	Zalecenia szczegółowe: • ma na celu ograniczyć spływ wód i transport rumowiska oraz doprowadzić do wypełnienia wyerodowanych zagłębień; • zaleca się stosowanie przegród drewnianych, kamiennych, drewniano-kamiennych, płotków drewniano-ziemnych z nasadzeniami. Przegrody z bali powinny sięgać maksymalnie do 2/3 wysokości wąwozów;

	• przestrzenie między przegrodami można wypełniać gałęziami. 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 korzystnym, mniej stromym terenie drewniane przegrody można obsypać ziemią od strony dostokowej celem ograniczenia przenikania wody przez zaporę. Można w ten sposób zwiększyć retencję stokową dzięki tworzeniu się mikrozbiorniczków, które sprzyjać będą zarastaniu żlebu roślinnością oraz przyczynią się do okresowego gromadzenia wody; • w przypadku zapór drewniano-ziemnych można dodatkowo wprowadzać nasadzenia roślinne. W poprzek debr wbija się rzędy zdolnych do odrośnięcia zrzezów 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. sadzi się: jawor, buk zwyczajny, wiąz górski, jodłę pospolitą, jarząb pospolity, modrzew europejski czy jałowiec pospolity [Prochal 1968]; • zaleca się także zabudowę szlaków zrywkowych, które będą jeszcze użytkowane w dalszej perspektywie czasowej. Belki układa się wówczas pomiędzy palikami bez ich przybijania tak, że dają się łatwo wyjąć.
Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg **Budowa wodospustów, dylowanek, brodów, przepustów, mostów itp.**	Zalecenia szczegółowe: • ma na celu ograniczyć spływ wód drogami i szlakami leśnymi oraz nadmierną erozję; • zaleca się stosowanie wodospustów wykonanych z materiałów naturalnych (drewno, kamień). Wodospusty stalowe możliwe są do użycia jedynie w wyjątkowych przypadkach (gdy montowane będą na drogach, które już mają nawierzchnię tłuczniową, jedynie w uzasadnionych przypadkach, kiedy podyktowane jest to koniecznością zapewnienia trwałości tych elementów); • 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 3%; • zaleca się, w miarę możliwości i w zależności od warunków terenowych, stosowanie przy wodospustach dołów chłonnych i/lub płotków (bądź innych rozwiązań) rozpraszających wodę w celu zwiększenia

retencji glebowej (opisane w „Podręczniku wdrażania Projektu" cz. I, rozdz. IV. „Adaptacja obiektów do zmian klimatu", pkt 1.4. „Przechwycenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych");

- dylowanki należy układać na krótkich odcinkach do 1000 m, w miejscach trudno przejezdnych, o wysokim poziomie wód gruntowych lub torfach w celu zapewnienia przepływu wód powierzchniowych pomiędzy obszarami podmokłymi, rozdzielonymi drogami lub szlakami zrywkowymi, gdzie konieczne jest utrzymanie przejezdności drogi/szlaku;
- zaleca się, aby dylowanki wykonywać z układanych obok siebie i poprzecznie do osi drogi żerdzi dębowych. Krawężniki drewniane umieszczone po obu stronach drogi powinny być spięte klamrami budowlanymi. Wałki drewniane powinny zostać przysypane warstwą piasku, pospółki lub gruntu rodzimego o grubości min. 5–10 cm. W celu wydłużenia trwałości drewna dylówki powinny byś stale wilgotne [Drogi leśne 2006];
- niedopuszczalne jest wykonanie dylowanek na długich odcinkach jako formy utwardzenia nawierzchni drogi/szlaku;
- dopuszczalne jest wykonanie nowych budowli komunikacyjnych wyłącznie w miejscu samowolnych lub historycznie istniejących przejazdów powstałych wskutek rozjeżdżenia koryta w trasie drogi, w celu dostosowania koryta do wód wezbraniowych oraz ograniczenia spływu zanieczyszczeń, w tym zawiesin (z reguły są to brody i przepusty o małej średnicy);
- zabroniona jest budowa nowych lub modernizacja istniejących mostów, kładek, przepustów, brodów niespełniających założeń Projektu, np. budowa nowych obiektów wyłącznie do celów gospodarczych, turystycznych lub modernizacje niemające na celu dostosowania obiektów do wód wezbraniowych;
- zalecenia dotyczące sposobu wykonania brodów, przepustów czy mostów opisano w części „Zabezpieczenie infrastruktury leśnej – Przebudowa, rozbudowa, odbudowa lub rozbiórka istniejących obiektów komunikacyjnych (przepusty, mosty, brody)" oraz „Bród";
- niedopuszczalne są zabezpieczenia dróg leśnych wykonane z użyciem stali i betonu bez wyraźnego technicznego uzasadnienia;
- niedopuszczalne są przedsięwzięcia polegające wyłącznie na pracach konserwacyjnych i/lub remontowych.

LITERATURA

200 lat Centralnej Administracji Drogowej – Monografia drogownictwa na Podkarpaciu cz. 3.1. GDDKiA. https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/aprint/32648/200-lat-Centralnej-Administracji-Drogowej--Monografia-drogownictwa-na-Podkarpaciu-cz3

Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z. 2006. **Hydrologia ogólna.** Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

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

Bartnik W., Epler P., Jelonek M., Klaczak A., Książek L., Mikołajczyk T., Nowak M., Popek W., Sławińska A., Sobieszczyk P., Szczerbik P., Wyrębek M. 2011. **Gospodarka rybacka w aspekcie udrażniania cieków dorzecza Małej i Górnej Wisły.** Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 13.

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

Begemann W., Schiechtl H.M. 1999. **Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym.** Wydawnictwo Arkady, Warszawa.

Biedroń I. (kier.). 2018. **Katalog dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania.** Grupa MGGP na zlecenie Ministerstwa Środowiska, Kraków. http://www.ratujmyrzeki.pl/o-rzekach/dobre-praktyki

Biedroń I. (kier.), Pawlaczyk P. (red.). 2020. **Renaturyzacja wód. Podręcznik dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych**, Kraków. https://straznicy.wwf.pl/wp-content/uploads/2020/07/Podreczznik_renaturyzacji.pdf

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. 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. 2005. **Analiza dotychczasowych rodzajów i rozmiaru szkód wyrządzanych przez bobry oraz stosowanie metod rozwiązywania sytuacji konfliktowych.** Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.

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

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

Dembek W., Kuś J., Wiatkowski M., Żurek G. (red.). 2016. **Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie.** Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie.

Dębski K. 1971. **Regulacja rzek.** Wydawnictwo 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, 6.

Główny Urząd Statystyczny. 2020. 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.

Ilnicki P. (red). 1987. **Warunki techniczne prowadzenia robót z zakresu melioracji i gospodarki wodnej na terenach o szczególnych wartościach przyrodniczych.** PIOŚ, Warszawa.

Ilnicki P. (red.). 2002. **Torfowiska i torf.** Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań.

Jelonek M., Engel J., Sobieszczyk P., Wiśniewska M., Żelaziński J., Żurek R. 2008. **Wstępna ocena projektu inwestycyjnego „Przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich związanej ze spływem wód opadowych. Utrzymanie potoków górskich i związanej z nimi infrastruktury w dobrym stanie" zgłoszonego do Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko**, 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., Wołejko L., Misztal K. 2009. **Poradnik ochrony mokradeł w górach.** Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.

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

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

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

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, 3.

Krebs C.J. 2011. **Ekologia: eksperymentalna analiza rozmieszczenia i liczebności.** Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

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, XXXII, 62(2).

Książek L., Jednorał A., Strutyński M. 2007. **Ocena możliwości zmiany funkcji i przeznaczenia zapory przeciwrumowiskowej na potoku Wieprzówka.** Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4/1, 89–100.

Książek L., Woś A., Wyrębek M., Strużyński A. 2020. **Habitat structure changes of the Wisłoka River as a result of channel restoration.** In: Kalinowska M., Mrokowska M., Rowiński P. (eds). **Recent Trends in Environmental Hydraulics**, GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-37105-0_9

Lofthouse C., Robert A. 2008. **Riffle–pool sequences and meander morphology.** Geomorphology, 99, 1–4, 214–223. DOI: 10.1016/j.geomorph.2007.11.002

Łapuszek M. 2023. **Podstawy rewitalizacji dolin rzecznych.** Politechnika Krakowska, Wydział Środowiska i Energetyki, Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej, Kraków.

Marcisz K., Bąk M., Kołaczek P., Lamentowicz M., Wochal D. 2024. **Historia lasu i mokradeł zapisana w torfowiskach.** W: **Jak chronić torfowiska w lasach?** Lamentowicz M., Konczal S. (red.). Wydawnictwo Naukowe Archaegraph, Łódź. https://www.archaegraph.pl/lib/l231bv/Torfowiska_ebook2-ltof4cs7.pdf

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

Mioduszewski W. 2003. **Mała retencja. Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego.** IMUZ, Falenty.

Mioduszewski 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. Anderwald D. (red.). Leśny Zakład Doświadczalny SGGW, Rogów, 10, 2(18).

Mioduszewski W. 2014. **Stawy – małe zbiorniki wodne.** Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Nawrocki P. (red.). 2016. **Przepławki dla ryb: projektowanie, wymiary, monitoring.** Fundacja WWF Polska, Warszawa. https://straznicy.wwf.pl/wp-content/uploads/2018/07/Przeplawki-dla-ryb-projektowanie-wymiary-i-monitoring.pdf

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

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

Pierzgalski E., Niemtur S., Bartnik W., Radecki-Pawlik A. 2007/2008. **Koncepcja programowo-przestrzenna. Przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich związanej ze spływem wód opadowych. Utrzymanie potoków górskich i związanej z nimi infrastruktury w dobrym stanie**, maszynopis. BULiGL, Warszawa.

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

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.** 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 rozwiązania utrzymania koryt rzeki i potoków górskich.** Nauka Przyroda Technologie, 3, 3. www.npt.up-poznan.net

Radecki-Pawlik A., Korpak J., Krzemień K. 2008. **Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany koryt cieków karpackich. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich**, KTI Wsi, PAN w Krakowie, Monografie, 4.

Radecki-Pawlik A., Stypuła K., Radecki-Pawlik B., Plesiński K. 2017. **Stopnie rampy zwane bystrzami o zwiększonej szorstkości jako ekologiczne rozwiązania utrzymania koryt rzek i potoków górskich.** Ekologia a Budownictwo, 10, 113–116.

Rembeza L., Kałuża T. 2008. **Obliczenia hydrauliczne przepławki dla ryb i przepustowości budowli stopnia wodnego na rzece San w Przemyślu.** W: **Ochrona ichtiofauny w rzekach z zabudową hydrotechniczną.** Mokwa M., Wiśniewolski W. (red.). Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 91–101.

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

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

Shrestha A.B., Ezee G., Adhikary R.P., Rai S.K. 2012. Resource Manual on Flash Flood Risk Management. Module 3: **Structural Measures.** International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu.

Sieinski E., Śliwiński P. (red.). 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). https://imgw.pl/sites/default/files/inline-files/slownik-dla-mediow_chok.pdf

Słownik hydrologiczny. Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej, Politechnika Krakowska. https://iigw.pl/new/strony/slownik.htm

Sobota J. 1994. **Hydraulika.** Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.

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.** Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, nr 240 Melioracje 14.

Thompson D. 2018. **Pool–Riffle Sequences. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**, 1–15. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11029-2

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

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

Turczynowicz S. 1956. **Melioracje i zagospodarowanie torfowisk.** Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Tymiński T., Mumot J. 2015. **Badania modelowe hydraulicznych warunków przepływu w przepławce z zabudową roślinną.** Inżynieria Ekologiczna, 44.

Węglarczyk S. **Słownik Hydrologiczny Katedry Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej.** Politechnika Krakowska. 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.** Wydawnictwo 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. Wydawnictwo Falstaff, Warszawa.

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

Akty prawne wewnętrzne, krajowe i zagraniczne

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.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE 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.
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).
Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 21 sierpnia 2019 r. w sprawie zakresu instrukcji gospodarowania wodą (Dz.U. 2019 poz. 1725).
Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz.U. 2022 poz. 1518).
Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (tekst jedn. Dz.U. 2024 poz. 530).
Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (tekst jedn. Dz.U. 2024 poz. 82).
Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (tekst jedn. Dz.U. 2023 poz. 1336 ze zm.).
Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (tekst jedn. Dz.U. 2020 poz. 2187 ze zm.).
Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (tekst jedn. Dz.U. 2023 poz. 1478 ze zm.).
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.
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.
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. 2020 poz. 1165).

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/

SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja (MRN3), stan na marzec 2025 13

Rys. 2. Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich – kontynuacja (MRG3), stan na marzec 2025 17

Rys. 3. Schemat zalecanego przekroju koryta (autor: Sz. Radosz, CKPŚ) 35

Rys. 4. Schemat doliny, gdzie konieczne jest zwiększenie przepustowości koryta (autor: Sz. Radosz, CKPŚ) 36

Rys. 5. Zwiększenie przepustowości koryta – odtworzenie terasy (autor: Sz. Radosz, CKPŚ) 36

Rys. 6. Zachowanie morfologii koryta w pracach związanych z utrzymaniem wód (autor: Sz. Radosz, CKPŚ) 36

Rys. 7. Schemat ukształtowania i lokalizacji bystrza (autor: Sz. Radosz, CKPŚ) 37

Rys. 8. Przykład obudowy biologicznej potoku o korycie rozwartym w obrębie szyi: 1 – pasy korytowe, 2 – pasy przykorytowe [Prochal 1968] 48

Rys. 9. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na katastrofalnie wielką wodę: 1 – pasy korytowe, 2 – pasy przykorytowe, 3 – zalesienia [Prochal 1968] 49

Rys. 10. Zabudowa biologiczna dolnej części cieku przy korelacji na średnią wielką wodę: 1 – pasy korytowe, 2 – pasy przykorytowe, 3 – trwałe użytki zielone [Prochal 1968] 49

Rys. 11. Różnorodne ukształtowanie brzegów zbiornika [Żbikowski i Żelazo 1993] 66

Rys. 12. Zbiornik małej retencji dla ochrony płazów i gadów, Nadleśnictwo Stuposiany (autor: Sz. Radosz, CKPŚ) 66

Rys. 13. Zbiornik zasilany infiltracyjnie z cieku: a) przy cieku naturalnym, b) przy cieku spiętrzonym [Mioduszewski 2014] 69

Rys. 14. Zbiornik boczny, zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo 1993] 72

Rys. 15. Przykłady zwiększenia retencji koryt małych cieków naturalnych lub rowów: a) w obrębie istniejącego koryta, b) w granicach koryta rzeki z grobelkami, c, d) koryto cieku (rowu) poszerzone po jednej stronie/po obu stronach, e) profil podłużny cieku [Mioduszewski 2014] 74

Rys. 16. Schematy działania polderów zalewowych (RZGW Kraków) 78

Rys. 17. Schematy działania polderów zalewowych (RZGW Kraków) 78

Rys. 18. Niskie zapory ziemne i wały przeciwpowodziowe dostosowane do wymagań ekologicznych [Żbikowski i Żelazo 1993] 80

Rys. 19. Mnich drewniany, piętrzenie 1,5 m, światło 30 × 60 cm [Mioduszewski 2003] 81

Rys. 20. Schemat zapory czołowej zbiornika ze studnią piętrząco-upustową (opracowano na podstawie: Biuro Projektowo-Wykonawcze „Hydrotechnika”) 82

Rys. 21. Typy przepławek naturopodobnych [Nawrocki 2016] 85

Rys. 22. Przekształcenie jazu ruchomego w rampę denną ryglową jako próg ochronny [Nawrocki 2016] 86

Rys. 23. Stopniowe podpiętrzanie wody na mokradle w ramach renaturyzacji prowadzonej przez Klub Przyrodników w rezerwacie „Jeziorka Chrościckie” (rys. P. Włodarczyk, na podstawie: Herbichowa i in. [2007]) 91

Rys. 24. Zastawka bez wzmocnienia (A) i z oczepem spinającym (B) (rys. L. Książek) 94

Rys. 25. Przykład konstrukcji zastawki (rys. L. Książek) 95

Rys. 26. Zastawka stosowana do małych piętrzeń [Biedroń 2018, na podstawie: Żbikowski 1969] 95

Rys. 27. Zastawki z bali drewnianych (a) i z płyty metalowej (b) [Biedroń 2018, na podstawie: Mioduszewski 2003] 96

Rys. 28. Zastawka drewniana stosowana na torfach: a) przekrój podłużny, b) przekrój poprzeczny [Jędryka 2006] 97

Rys. 29. Jazy zastawkowe stosowane na małych ciekach: a) z bali poziomych, b) ze ścianki kamiennej [Żbikowski 1961] 98

Rys. 30. Prosta przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej jedynie zastrzałami [Pawlaczyk i in. 2005] 101

Rys. 31. Przegroda drewniana umocniona od strony wody dolnej zastrzałami oraz dodatkowymi palami i okrąglakami [Pawlaczyk i in. 2005] 102

Rys. 32. Prosty próg z pionowych desek z frezem [Pawlaczyk i in. 2005] 105

Rys. 33. Prosty próg z pionowych desek z frezem wzmocniony poprzecznie zamocowanymi balami [Jermaczek i in. 2009] 107

Rys. 34. Podwójny próg z pionowych desek z narzutem kamiennym [Pawlaczyk 2005, Jermaczek i in. 2009, Makles i in. 2014] 107

Rys. 35. Podwójny próg z belek z wyciętym przelewem i narzutem kamiennym [Jermaczek i in. 2009] 108

Rys. 36. Próg ze ścianki szczelnej [Dębski 1971] 109

Rys. 37. Próg drewniano-faszynowy o wysokości 0,3 m, szerokości 4,0 m [Dębski 1971] 111

Rys. 38. Próg drewniany z wypadem kamiennym [Biedroń 2018, na podstawie: Jędryka 2006] 111

Rys. 39. Próg kamienny [Ślizowski 1990] 112

Rys. 40. Przykłady progów z kamienia [Mioduszewski 2003] 113

Rys. 41. Palisada w „ząbki” [Jędryka 2006] 114

Rys. 42. Progi o konstrukcji mieszanej [Jędryka 2006] 115

Rys. 43. Próg z piasku, żwiru lub otoczaków umocnionych narzutem kamiennym na włókninie [Jędryka 2006] 115

Rys. 44. Próg z walców faszynowych i narzutu kamiennego [Wołoszyn 1974] 116

Rys. 45. Kaskada niskich progów drewnianych lub drewniano-faszynowych stabilizujących profil podłużny dna [Żelazo i Popek 2014] 116

Rys. 46. Próg drewniano-kamienny [Wołoszyn 1994] 117

Rys. 47. Stopień z palisad drewnianych [Biedroń 2018, na podstawie: Jędryka 2006]..... 118

Rys. 48. Gurty [Biedroń 2018, na podstawie: Wołoszyn i in. 1994]..... 119

Rys. 49. Przykładowy schemat sieci drenarskiej (rys. L. Książek) 123

Rys. 50. Studnia piętrząca na zbieraczu przed wylotem [opracowano na podstawie: Mioduszewski [2003] 124

Rys. 51. Opóźniacz odpływu, rzut z góry i przekrój podłużny [opracowano na podstawie: Paluch i in. 2005] 127

Rys. 52. Układ bystrze–przegłębienie (przemiał–ploso) w rzece o podłożu żwirowym [Bojarski i in. 2005] 129

Rys. 53. Schemat naprzemiennego rozmieszczania deflektorów/ostróg z materiałów naturalnych (rys. L. Książek)..... 130

Rys. 54. Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno-żwirowym na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006] 131

Rys. 55. Ostrogi z kłód drewna na podłożu kamienno-żwirowym usytuowane pod kątem ostrym do nurtu na przykładzie realizacji na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006] 132

Rys. 56. Konstrukcje faszynowo-palowe [Żelazo i Popek 2014] 133

Rys. 57. Żywa tama faszynowa [Begemann i Schiechtl 1999]..... 134

Rys. 58. Tama szkieletowa z chrustem i sadzonkami wierzbowymi [Biedroń 2018, na podstawie: Begemann i Schiechtl 1999]..... 135

Rys. 59. Schemat żywych ostróg pośrednich [Begemann i Schiechtl 1999] 136

Rys. 60. Odtwarzanie zatok zastoiskowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006] 137

Rys. 61. Odtworzenie fragmentu dawnego koryta rzeki Cole, Coleshill, Anglia [Krukowski 2006] 137

Rys. 62. Odtworzenia terenów zalewowych na przykładzie rzeki Little Ouse, Thetford, Anglia [Krukowski 2006] 138

Rys. 63. Różne rodzaje drenów faszynowych [opracowano na podstawie: Begemann i Schiechtl 1999] 141

Rys. 64. Stroma skarpa przed i po zabudowie biologicznej [https://www.themillcreekalliance.org/restoration-principles-of-design]..... 142

Rys. 65. Skarpa umocniona zrzezami wierzbowymi: a) na skarpie, b) w szczelinach bruku układanego na sucho [Begemann i Schiechtl 1999] 143

Rys. 66. Krzewiaste umocnienia tarasowe na skarpie/osuwisku [Begemann i Schiechtl 1999] 144

Rys. 67. Odwodnienie skarpy w wyniku zastosowania nasypu z porostem wierzbowym [Begemann i Schiechtl 1999]..... 145

Rys. 68. Umocnienie żłobkowe [Begemann i Schiechtl 1999] 146

Rys. 69. Drewniane rusztowanie na skarpie wzmocnione nasadzeniami wierzbowymi [Begemann i Schiechtl 1999]..... 147

Rys. 70. Brzegosłon wierzbowy na potoku Muczne wykonany w 2014 r. (opracowanie URK) 148

Rys. 71. Żywe wiązki faszynowe na brzegu rzeki [Shrestha i in. 2012] 149

Rys. 72. Żywe wiązki faszynowe na brzegu rzeki [Shrestha i in. 2012] 150

Rys. 73. Przekrój przez brzeg umocniony płotkiem plecionym [Krukowski 2006] 152

Rys. 74. Schemat deskowania krawędzi brzegu [Krukowski 2006]..... 153

Rys. 75. Schemat płotka plecionego [Krukowski 2006]..... 153

Rys. 76. Brzegosłon krzyżowy z lewej – przekrój poprzeczny, z prawej – rzut z góry [Begemann i Schiechtl 1999] 153

Rys. 77. Przekrój poprzeczny żywego narzutu kamiennego [Begemann i Schiechtl 1999] 157

Rys. 78. Kaszyce z nasadzeniami zabezpieczające osuwisko wzdłuż brzegu rzeki [Shrestha i in. 2012] 159

Rys. 79. Namulacze – przekrój poprzeczny [opracowano na podstawie: Duszyński 2007] 161

Rys. 80. Faszynowa opaska brzegowa i przekrój poprzeczny przez wiązkę faszyny [opracowano na podstawie: Duszyński 2007]..... 162

Rys. 81. Przekrój poprzeczny kaszycy [Begemann i Schiechtl 1999] 163

Rys. 82. Zabezpieczenie brzegów za pomocą karp [Rexine i in. 2010]..... 165

Rys. 83. Zabezpieczenie brzegów za pomocą karp [Rexine i in. 2010]..... 165

Rys. 84. Tama faszynowa [Begemann i Schiechtl 1999]..... 167

Rys. 85. Szkic brodu z Nadleśnictwa Łosie (rys. L. Książek) 170

Rys. 86. Typowe kształty przekroju poprzecznego nowoczesnych przepustów [opracowano na podstawie: Wysokowski i Howis 2008]..... 172

Rys. 87. Przepust/most z naturalnym dnem [Przybyła 2002, zmieniony]..... 173

Rys. 88. Przepusty zagłębione [Przybyła 2002, zmieniony]..... 174

Rys. 89. Przepusty zagłębione [Przybyła 2002, zmieniony]..... 174

Rys. 90. 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 [opracowano na podstawie: Bajkowski i Marzysz 2004] 174

Rys. 91. Schemat bystrza jednolitego na rzece Böhme (Niemcy) [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009] 177

Rys. 92. Bystrze z kamienia łamanego, stabilizujące dno [Begemann i Schiechtl 1999] 179

Rys. 93. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu Vincenta [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009] 180

Rys. 94. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości na rzece Kahl z ubezpieczeniem dna dolnego w formie niecki [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009] 180

Rys. 95. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu austriackiego [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009] 181

Rys. 96. Projekt przebudowy jazu stałego na przepławkę dla ryb [opracowano na podstawie: Mokwa i Wiśniewolski 2008]..... 182

Rys. 97. Przebudowa stopni betonowych – bystrze z kamieni ułożonych na płycie dennej starego progu [Żelazo i Popek 2014] 182

Rys. 98. Przebudowa stopni betonowych – kaskada stopni z luźno ułożonych głazów i kamieni [Żelazo i Popek 2014]. 182

Rys. 99. Płotki drewniano-ziemne z nasadzeniami: a, b, c, d – pojedyncze, e – podwójne [opracowano na podstawie: Prochal 1968] 185

Rys. 100. 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, zmieniony]..... 185

Rys. 101. Przekroje typowych wodospustów: a – drewniany z bali, b – drewniany z krawędziaków typ I, c – drewniany z krawędziaków typ II, d – z kamienia lub drewna [opracowano na podstawie: Drogi leśne 2006]. 188

Rys. 102. Dół chłonny (opracowanie URK na podstawie realizacji w Nadleśnictwie Jugów) 190

Rys. 103. Dylówka z żerdzi dębowych [opracowano na podstawie: Drogi leśne 2006] 191

Rys. 104. Dylówka z faszyny [opracowano na podstawie: Drogi leśne 2006] 191

Rys. 105. Zbiornik ze zbiornikiem wstępnym zasilany wodą z potoku [Żbikowski i Żelazo 1993] 200

Rys. 106. V-kształtny przekrój poprzeczny bystrza [opracowano na podstawie: Radecki-Pawlik 2008, 2009] 205

Rys. 107. Progi kamienne z naprzemiennymi przelewami (rys. K. Guzek, P. Włodarczyk, zmieniony) ... 205

Rys. 108. Odtwarzanie zatok zastoiskowych na rzece Skerne, Darlington, Anglia [Krukowski 2006] ... 207

Rys. 109. Rozłożenie na stromym stoku elementów rozprowadzających wodę na coraz większą szerokość, dodatkowo z zastosowaniem bruzd (rys. K. Guzek, P. Włodarczyk, zmieniony)..... 209

Rys. 110. Schemat przepustu z przelewem górnym (rys. L. Książek)..... 214

Rys. 111. Zapora belkowa kaszycowa (opracowanie URK na podstawie realizacji w Leśnictwie Przysietnica) 220

SPIS FOTOGRAFII

Fot. 1. Odtwarzająca się łacha korytowa po wykonaniu bystrza o zwiększonej szorstkości, Targaniczanka, 2009 (fot. L. Książek) 34

Fot. 2. Koryto cieku umocnione ożywionym narzutem kamiennym, Nadleśnictwo Baligród, 2021 (fot. J. Smarczewski) 38

Fot. 3. Zabezpieczenie brzegu niewielkim murem oporowym w celu ochrony infrastruktury drogowej, Nadleśnictwo Międzylesie (archiwum CKPŚ) 38

Fot. 4. Ochrona brzegów rzeki wyłącznie przez wykonanie głowic ostróg, Wisła (fot. L. Książek, 2005) 39

Fot. 5. i Fot. 6. Zabudowa biologiczna brzegów – stan przed realizacją (zdjęcie z lewej) i 10 lat po realizacji (zdjęcie z prawej) [Begemann i Schiechtl 1999] 50

Fot. 7. Ścieżka spływów powierzchniowych na dawnym szlaku zrywkowym (archiwum CKPŚ)..... 53

Fot. 8. Zabudowa przeciwerozyjna w trasie spływów powierzchniowych, Nadleśnictwo Lądek-Zdrój (archiwum CKPŚ) 53

Fot. 9. Zbiornik z nieregularną linią brzegową, łagodnymi i ostrymi skarpami, przegłębieniami, wyspami z zacienieniem i nasłonecznieniem brzegów w Nadleśnictwie Trzebciny (archiwum CKPŚ) 67

Fot. 10. Zbiornik po zakończeniu realizacji. Brzegi zbiornika posiadają niewielkie nachylenie skarp (archiwum CKPŚ) 67

Fot. 11. Zbiornik z nieregularną linią brzegową w Nadleśnictwie Lipka (fot. J. Smarczewski, 2021)..... 68

Fot. 12. Zbiornik śródpolny zasilany głównie spływem powierzchniowym w Nadleśnictwie Ustrzyki Dolne, 2015 (archiwum CKPŚ)..... 68

Fot. 13. Zbiornik zasilany infiltracyjnie wodą z rowu w Nadleśnictwie Jastrowie (fot. J. Smarczewski, 2021) 69

Fot. 14. Zbiornik zasilany spływami powierzchniowymi, w tym korytem kierunkującym wodę z wysoczyzny lub drogi w Nadleśnictwie Piwniczna, 2015 (archiwum CKPŚ) 70

Fot. 15. Zbiornik zasilany spływami powierzchniowymi w Nadleśnictwie Bielsko, 2015 (archiwum CKPŚ) 70

Fot. 16. Zbiornik zaporowy w Nadleśnictwie Brynek (fot. J. Smarczewski, 2021) 71

Fot. 17. Zbiornik boczny bez piętrzenia wody w korycie cieku naturalnego w Nadleśnictwie Jastrowie (fot. J. Smarczewski, 2021) 72

Fot. 18. Płytkie zbiorniki kaskadowe w Nadleśnictwie Jawor, 2015 (archiwum CKPŚ)..... 73

Fot. 19. Zbiorniki w układzie kaskadowym w Nadleśnictwie Łosie (archiwum CKPŚ) 73

Fot. 20. Zbiorniki na rowie w Nadleśnictwie Syców (fot. J. Smarczewski, 2023)..... 74

Fot. 21. Zbiorniki na połączeniu rowów w Nadleśnictwie Głogów (fot. J. Smarczewski, 2021) 74

Fot. 22. i Fot. 23. 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]..... 76

Fot. 24. i Fot. 25. Odtworzenie i zasilenie w wodę „Stawów Bobrowickich" w Nadleśnictwie Szprotawa: stan przed realizacją (z lewej) i po doprowadzeniu wody z rowów (z prawej) (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] 76

Fot. 26. i Fot. 27. Suchy zbiornik w Nadleśnictwie Śnieżka z przelewem szczelinowym [https://www.youtube.com/watch?v=0KC01khUkeY] 77

Fot. 28. Przelew górny w zbiorniku w Nadleśnictwie Oborniki Śląskie (fot. J. Smarczewski, 2021) 81

Fot. 29. Przelew górny w Nadleśnictwie Wałbrzych, 2015 (archiwum CKPŚ)..... 81

Fot. 30. Doprowadzalniki wody do zbiorników, Nadleśnictwo Kwidzyń (archiwum CKPŚ)..... 83

Fot. 31. Nawet małe zastawki wymagają wzmocnienia przyczółków w celu przeciwdziałania parciu wody (archiwum CKPŚ) 94

Fot. 32. Wzmocnienia wykorzystane przy budowie zastawki w Nadleśnictwie Oława (fot. K. Jata, 2023) 95

Fot. 33. i Fot. 34. Zastawki drewniane w Nadleśnictwie Celestynów (fot. J. Smarczewski, 2021)..... 96

Fot. 35. Jaz zastawkowy z kilkoma przęsłami i szandorami w Nadleśnictwie Sieraków (fot. J. Smarczewski, 2023) 98

Fot. 36. Widoczna erozja dna i skarp prowadząca do osłabienia konstrukcji oraz wygięcia progu pod naporem wody, Nadleśnictwo Łagów (archiwum CKPŚ) 100

Fot. 37. Prawidłowo ubezpieczone stanowisko górne i dolne progu z pojedynczą ścianką szczelną, Nadleśnictwo Strzyżów (archiwum CKPŚ)..... 103

Fot. 38. Piętrzenie stałe – ścianka szczelna podparta bystrzem w Nadleśnictwie Maskulińskie, 2015 (archiwum CKPŚ) 103

Fot. 39. Zarastający rów odwadniający dzięki zastosowaniu przetamowań ziemno-drewnianych w Nadleśnictwie Szklarska Poręba, 2015 (archiwum CKPŚ) 104

Fot. 40. Próg drewniany na rowie odprowadzającym wodę wkomponowany w otoczenie przez zarastającą roślinność, Nadleśnictwo Sokołów Podlaski (archiwum CKPŚ) 104

Fot. 41. Prosta przegroda drewniana w Nadleśnictwie Różańsko, 2015 (archiwum CKPŚ) 106

Fot. 42. Próg drewniany z przelewem z okrąglaków (fot. I. Biedroń [Biedroń 2018]) 109

Fot. 43. Próg ze ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Polanów (fot. J. Smarczewski, 2021) 110

Fot. 44. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Okonek (fot. J. Smarczewski, 2023) 112

Fot. 45. Próg drewniany z umocnieniem kamiennym w Nadleśnictwie Polanów (fot. J. Smarczewski, 2021) 112

Fot. 46. Gurt z palisady osadzonej na równo z dnem (archiwum CKPŚ)..... 119

Fot. 47. Gurt ubezpieczający próg – gurt zabezpieczony narzutem kamiennym – rozwiązanie zbliżone do przedstawionego na rys. 48a (archiwum CKPŚ) 119

Fot. 48. Przetamowanie ziemne (fot. E. Zając) 120

Fot. 49. Przetamowanie ziemno-kamienne z wykorzystaniem ścianki szczelnej w Nadleśnictwie Szczytno (archiwum CKPŚ) 120

Fot. 50. Efekt po wykonaniu zastawki – element dużego przedsięwzięcia realizowanego pod nazwą „Rów Oleśnicki" w Nadleśnictwie Oława (fot. K. Jata, 2023) 121

Fot. 51. Efekt realizacji kompleksu przetamowań w Nadleśnictwie Okonek (fot. J. Smarczewski, 2023) 121

Fot. 52. i Fot. 53. Przypadkowo odkryty wylot drenarski/rurociąg drenarski na terenie gruntów należących do Przedsiębiorstwa Rolno-Przemysłowego „Agromax", powiat raciborski (fot. Ł. Borek)..... 122

Fot. 54. Sukcesja roślinna na zabliźniającym się rowie oraz przegrody drewniano-ziemne na różnym etapie eksploatacji (fot. J. Lasota)..... 125

Fot. 55. Efekty odcinkowego zasypywania rowów podnoszące poziom wody na mokradłach, Nadleśnictwo Świeradów, 2015 (archiwum CKPŚ)..... 125

Fot. 56. i Fot. 57. Sukcesywnie zasypywany rumoszem drzewnym i zarastający rów odwadniający (fot. J. Lasota) 126

Fot. 58. i Fot. 59. Opóźniacze odpływu na rowach w Nadleśnictwie Ruszów (fot. R. Majewicz)..... 127

Fot. 60. Deflektory nurtu drewniano-kamienne, Nadleśnictwo Piwniczna (archiwum CKPŚ)..... 131

Fot. 61. Schemat żywych ostróg pośrednich [Begemann i Schiechtl 1999]..... 136

Fot. 62. Okładzina z płatów darniowych [Begemann i Schiechtl 1999] 140

Fot. 63. Warstwa długiej słomy (mulcz) z siewem na mokro (hydroobsiew) [Begemann i Schiechtl 1999] 140

Fot. 64. Krzewiaste umocnienia tarasowe na skarpie/osuwisku [Begemann i Schiechtl 1999]..... 144

Fot. 65. Drewniane rusztowanie na skarpie wzmocnione nasadzeniami wierzbowymi [Begemann i Schiechtl 1999]..... 147

Fot. 66. Przykładowy fragment cieku przed realizacją umocnienia, Słomka (fot. L. Książek, 2005) 148

Fot. 67. Fragment umocnienia w trakcie pierwszego sezonu wegetacyjnego, potok Muczne (archiwum CKPŚ) 148

Fot. 68. Brzeg umocniony warstwą chrustu i sadzonkami wierzbowymi [Begemann i Schiechtl 1999] 151

Fot. 69. Płotek ze zrzezów wierzbowych tuż po wykonaniu [Begemann i Schiechtl 1999]..... 151

Fot. 70. Ukorzenione zrzezy wierzbowe [Begemann i Schiechtl 1999]. 151

Fot. 71. Umocnienie z siatki jutowej z sitowiem i sadzonkami pędowymi [Begemann i Schiechtl 1999] 154

Fot. 72. Murek kamienny bez zaprawy, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2025) 155

Fot. 73. Murek kamienny bez zaprawy (fot. L. Książek) 155

Fot. 74. Narzut kamienny z dużych głazów układany mechanicznie, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2009) 156

Fot. 75. Narzut kamienny nieożywiony klinowany mniejszymi frakcjami, Nadleśnictwo Nowy Targ (fot. J. Smarczewski, 2021) 156

Fot. 76. Ukorzeniony zrzez wierzbowy w narzucie (archiwum CKPŚ) 157

Fot. 77. Zabezpieczony faszyną narzut kamienny z nasadzeniami wierzbowymi, Nadleśnictwo Baligród (archiwum CKPŚ) 157

Fot. 78. Kratownica drewniana pełniąca funkcję ubezpieczenia skarpy, Nadleśnictwo Międzylesie (archiwum CKPŚ) 158

Fot. 79. Kratownica ożywiona wierzbą, 2015 (archiwum CKPŚ) 158

Fot. 80. Kaszyca z pędami wierzby zabezpieczająca osuwisko pod drogą podcinane przez ciek, Nadleśnictwo Stuposiany (archiwum CKPŚ) 159

Fot. 81. Powalony świerk zabezpieczający podmyty brzeg [Begemann i Schiechtl 1999] 160

Fot. 82. Kaszyca w Nadleśnictwie Baligród (fot. J. Smarczewski, 2021) 163

Fot. 83. Kaszyca w Nadleśnictwie Nawojowa (archiwum CKPŚ) 163

Fot. 84. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nowy Targ (fot. J. Smarczewski, 2021) 164

Fot. 85. Ożywiony narzut kamienny, Nadleśnictwo Nowy Targ (fot. J. Smarczewski, 2021) 164

Fot. 86. Narzut kamienny, 2015 (archiwum CKPŚ) 164

Fot. 87. Zabezpieczenie brzegu wklęsłego narzutem kamiennym (fot. L. Książek, 2007) 166

Fot. 88. Zniszczony betonowy przepust okularowy na nieużytkowanym szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Cisna, przerywający ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ) 168

Fot. 89. Stopień wodny o konstrukcji betonowej (kaskada) w złym stanie technicznym, przerywający ciągłość biologiczną rzeki (fot. Ł. Borek) 168

Fot. 90. Bystrze o zwiększonej szorstkości w miejscu rozebranego betonowego jazu w Nadleśnictwie Krasiczyn, przywracające ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ) 168

Fot. 91. Bród piętrzący w Nadleśnictwie Choczewo (fot. J. Smarczewski, 2021) 170

Fot. 92. Bród piętrzący, którego funkcją jest także zatrzymanie wody na obszarach mokradłowych, Choczewo (fot. J. Smarczewski, 2021) 170

Fot. 93. Bród drewniano-kamienny w Nadleśnictwie Baligród (archiwum CKPŚ) 171

Fot. 94. Przepust/most z naturalnym dnem w Nadleśnictwie Lubaczów (fot. J. Smarczewski, 2021) 173

Fot. 95. Przepust ze ścieżką jednostronną w Nadleśnictwie Lądek-Zdrój, 2014 (archiwum CKPŚ) 175

Fot. 96. Przepust ze ściętym rurociągiem i pochyłym przyczółkiem niewymagający umocnień technicznych w Nadleśnictwie Tułowice [https://tulowice.katowice.lasy.gov.pl/mrn2] 175

Fot. 97. Przepust umocniony kamieniem łamanym z nasadzeniami w korycie w Nadleśnictwie Komańcza [https://komancza.krosno.lasy.gov.pl/projekty-i-fundusze] 175

Fot. 98. Bystrze regularne na rzece Targaniczanka (fot. L. Książek, 2010) 178

Fot. 99. Bystrze kaskadowe typu „plaster miodu", rzeka Biała Tarnowska w rejonie miejscowości Florynka (fot. L. Książek, 2020) 178

Fot. 100. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych, Nadleśnictwo Wisła (fot. J. Smarczewski, 2021) 183

Fot. 101. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką na szlakach zrywkowych, Nadleśnictwo Wisła (fot. J. Smarczewski, 2021) 184

Fot. 102. Przegrody drewniane wypełnione gałęziówką i rumoszem skalnym (fot. Ł. Borek) 184

Fot. 103. Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych w Nadleśnictwie Wisła (fot. J. Smarczewski, 2021) 186

Fot. 104. Typowa zabudowa szlaków zrywkowych z wykorzystaniem belek drewnianych w Nadleśnictwie Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ) 186

Fot. 105. Zabezpieczenie szlaku zrywkowego przed erozją (fot. Ł. Borek) 187

Fot. 106. Wodospust z okrąglaków w Nadleśnictwie Gorlice, 2015 (archiwum CKPŚ) 188

Fot. 107. Wodospust odprowadzający wodę z drogi do lasu, Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ) ... 188

Fot. 108. Wodospust wykonany z pojedynczego okrąglaka, Węgierska Górka (fot. L. Książek) 188

Fot. 109. Wodospust z kantówek, Nadleśnictwo Lwówek Śląski (archiwum CKPŚ) 188

Fot. 110. Wodospust z kłód drewnianych, Nadleśnictwo Wisła (fot. J. Lasota, 2025) 189

Fot. 111. Dylowanka na drodze leśnej w Nadleśnictwie Jeleśnia (fot. J. Smarczewski, 2021) 192

Fot. 112., Fot. 113., Fot. 114. i Fot. 115. Przykłady wykorzystania naturalnego ukształtowania terenu do realizacji zbiornika retencyjnego lub kałuży ekologicznej: Nadleśnictwo Świdnica, 2015 (archiwum CKPŚ), Nadleśnictwo Świeradów, 2021 (fot. J. Smarczewski), Nadleśnictwo Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ), Nadleśnictwo Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ) 194

Fot. 116. Zbiornik retencyjny na spływ powierzchniowy zaraz po wybudowaniu, Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ) 195

Fot. 117. Mikroretencja w bezodpływowych zagłębieniach terenu – kaskada zbiorników w szerokim wąwozie w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ) 195

Fot. 118. Zbiornik retencyjny na spływ powierzchniowy, 2015 (archiwum CKPŚ) 196

Fot. 119. Końcowy zbiornik w układzie kaskadowym w Nadleśnictwie Baligród zasilanym z cieku, a dodatkowo także wodą doprowadzoną z rowu przydrożnego – na pierwszym planie widoczne miejsce zasilania zbiornika wodą z rowu (fot. M. Mikulska) 196

Fot. 120. Ekspansja roślinności na płaskim dnie zbiornika, 2015 (archiwum CKPŚ) 198

Fot. 121. Zróżnicowany profil dna zbiornika, Nadleśnictwo Celestynów, 2021 (fot. J. Smarczewski) 198

Fot. 122. Pływająca wyspa – efekt jeszcze bez roślinności [http://old.zpkww.pl] 201

Fot. 123. Zasiedlone wyspy (fot. L. Iwanowski) [www.hydrolech.com.pl] 201

Fot. 124. Błędnie zaprojektowana rzędna dna ograniczająca migrację ryb podczas niżówek [Kosicki 2011] 202

Fot. 125. Bród drewniano-kamienny koncentrujący wodę pośrodku, Nadleśnictwo Jeleśnia (fot. J. Smarczewski, 2021) 203

Fot. 126. Przelew na małą wodę w środkowej części brodu, Nadleśnictwo Jawor (archiwum CKPŚ) 203

Fot. 127. Przejazd przez rzekę w bród, Nadleśnictwo Strzyżów, 2015 (archiwum CKPŚ) 204

Fot. 128. Próg z obniżonym przelewem w Nadleśnictwie Solec Kujawski (fot. J. Smarczewski, 2023) 204

Fot. 129. Kaskada bardzo niskich progów, łatwa do pokonania dla organizmów wodnych, brak przelewów na małą wodę (fot. T. Kowalik) 205

Fot. 130. Erozja dna poniżej progu – brak ubezpieczenia niecki wypadowej, Nadleśnictwo Andrychów, 2005 (fot. L. Książek) 206

Fot. 131. Zatoka zastoiskowa/mikrozbiornik i zastawki na dopływie, Nadleśnictwo Międzylesie (archiwum CKPŚ) 208

Fot. 132. i Fot. 133. Małe zbiorniki boczne, Nadleśnictwo Lądek-Zdrój (archiwum CKPŚ) 208

Fot. 134. i Fot. 135. Płotki faszynowe przeciwerozyjne rozpraszające wodę na stok, Nadleśnictwo Gromnik (archiwum CKPŚ), Nadleśnictwo Łosie (archiwum CKPŚ) 209

Fot. 136. Doły chłonne i kałuże przejmujące wodę odprowadzaną rowkami z drogi, Nadleśnictwo Lądek-Zdrój (archiwum CKPŚ)..... 210

Fot. 137. Widok na zaporę czołową dawnego zbiornika na cieku do spławu drewna w Nadleśnictwie Międzylesie, przerobionego na zbiornik przeciwpowodziowy (archiwum CKPŚ)..... 211

Fot. 138. V-kształtny przelew wody ze zbiornika przeciwpowodziowego w Nadleśnictwie Międzylesie, umożliwiający przejście rumowiska i samoczynne napełnianie i opróżnianie obiektu (archiwum CKPŚ) 211

Fot. 139. Opróżniona z zalęgającego rumoszu wysoko położona na zboczu góry zapora w Nadleśnictwie Świeradów (archiwum CKPŚ) 212

Fot. 140. Nowoczesne konstrukcje odporne na zatkanie rumoszem, Nadleśnictwo Strzyżów (archiwum CKPŚ) 213

Fot. 141. Nowoczesne konstrukcje odporne na zatkanie rumoszem, Nadleśnictwo Lubaczów (fot. J. Smarczewski, 2021) 213

Fot. 142. Straty powodziowe w 2005 roku – uszkodzony mostek o zbyt małym świetle, Targaniczanka (fot. L. Książek) 214

Fot. 143. Przykłady wielootworowych przepustów z rezerwową przepustowością na wody powodziowe [Kosicki 2011] 215

Fot. 144. Rumosz niesiony wodą w czasie katastrofalnego wezbrania osadzony na moście, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2005)..... 216

Fot. 145. Mostek z uszkodzoną barierką, ocalały po przejściu fali powodziowej, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2005)..... 216

Fot. 146. Zerwany most, Targaniczanka (fot. L. Książek, 2005) 217

Fot. 147. Ażurowa barierka na szczycie przepustu, Nadleśnictwo Jugów, 2015 (archiwum CKPŚ)..... 218

Fot. 148. Gęsto szczeblowana barierka na moście, Nadleśnictwo Jawor (archiwum CKPŚ) 218

Fot. 149. Niewielkie zapory przeciwrumowiskowe rozłożone w wyerodowanym wąwozie na cieku okresowym, Nadleśnictwo Limanowa (archiwum CKPŚ) 219

Centrum Koordynacji
Projektów Środowiskowych