



Centrum Koordynacji
Projektów Środowiskowych

Podręcznik wdrażania projektu

Wytyczne do realizacji zadań i obiektów
małej retencji i przeciwdziałania erozji
wodnej

Kompleksowy projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu – mała retencja oraz przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach nizinnych – kontynuacja | MRN3

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

Część I: Zakres rzeczowy

Warszawa, lipiec 2024

2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej MRG3

2.1 Zabezpieczanie infrastruktury leśnej MRG3

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

2.2 Zabudowa przeciwozyjna dróg i szlaków zrywkowych MRG3

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

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

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

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

UWARUNKOWANIA I OGRANICZENIA DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTÓW

I. Uwarunkowania prawne i proceduralne

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

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

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

IV. Terminy i wykonawstwo robót

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

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

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

W przypadku prac ziemnych zmieniających stosunki wodne na terenach o szczególnych wartościach przyrodniczych, zwłaszcza na terenach, na których znajdują się skupiska roślinności o szczególnej wartości z punktu widzenia przyrodniczego, terenach o walorach krajobrazowych i ekologicznych, terenach masowych lęgów ptactwa, występowania skupień gatunków chronionych oraz tarlisk, zimowisk, przepławek i miejsc masowej migracji ryb i innych organizmów wodnych, szczególne warunki prowadzenia robót budowlanych mogą być nałożone decyzją regionalnego dyrektora ochrony środowiska wydawaną w trybie art. 118a ustawy o ochronie przyrody. Taka decyzja (*lub postanowienie stwierdzające, że nie jest ona wymagana*), powinna być uzyskana przez nadleśnictwo przed uzyskaniem pozwolenia wodnoprawnego lub w przypadku jego braku pozwolenia na budowę lub min. 30 dni przed rozpoczęciem działań. Posiadanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach z przeprowadzoną procedurą oceny oddziaływania na środowisko (czyli z raportem OOŚ) zwalania z obowiązku dokonania zgłoszenia działań – art. 118b ust. 1 ustawy o ochronie przyrody.

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

- obiekty i zadania powinny być planowane, procedowane i wykonywane (w miarę możliwości) w ramach jednej zlewni (lub kilku mniejszych zlewni położonych obok siebie);
- drogi, dojazdy, magazyny, składy, place postojowe itp. powinny być tak zlokalizowane i rozwiązane, by nie ingerować w istniejące biotopy (*ogrodzenia i strefy ochronne*);
- należy ogradzać grupy i zabezpieczać pojedyncze drzewa, tereny przeznaczone pod odkłady, zasypania itp. (*grodzenie drzew powinno obejmować cały teren, pod którym rozwinął się lub rozwinię system korzeniowy*);
- roboty na ciekach powinno prowadzić się odcinkami o niezbyt dużych długościach, w ten sposób, by ryby i inne organizmy wodne mogły chronić się na sąsiednich, pobliskich odcinkach, na których nie trwają żadne prace;
- wskazane jest, aby na odcinku objętym robotami pozostawiać skupiska roślinności wodnej i brzegowej, które już w toku robót mogą służyć jako schronienie dla organizmów wodnych (*likwidować je należy w ostateczności*);
- roboty regulacyjne w istniejącym korycie prowadzić należy tak, by jeden z brzegów pozostawał nienaruszony (*przemiennie prawy lub lewy*);

- należy dążyć do nienaruszania tych brzegów, które stanowią istotny, wymagający ochrony, element krajobrazowy, lub na którym znajdują się cenne obiekty;
- wydobyty urobek, z wyjątkiem tej części materiału, którą wbudowuje się bezzwłocznie, powinien być zagospodarowany jak najszybciej i w sposób, który nie wyrządzi dużych szkód w środowisku;
- materiał gruboziarnisty z dna koryta należy kierować na odpowiednio oznakowane odkłady, skąd po pogłębieniu rzeki przewozi się go na miejsca pobrania;
- szczególną uwagę zwracać należy na dokładne odłożenie na to samo miejsce materiałów najgrubszych: *żwirów oraz kamieni*, gdyż warunkować to może stateczność dna (*dla odbudowy biotopów dennych ważne jest odtworzenie zróżnicowania materiałów dna w zagłębieniach i na przemiałach, na brzegach wklęsłych i wypukłych*);
- istotne jest prowadzenie prac począwszy od góry rzeki ku dołowi (*część zagrożonej fauny dennej może schronić się na dolnych odcinkach, gdzie nie zaczęto jeszcze robót*);
- urobek odkłada się na powierzchniach w wytypowanych wcześniej miejscach, nie porośniętych cenną roślinnością, z których zdjęto darń i warstwę próchniczą, a po uformowaniu nasypu pokrywa się go odłożoną uprzednio warstwą próchniczą, obsiewa trawą i obsadza drzewami oraz krzewami;
- należy ograniczać ruch ciężkiego sprzętu (*aby nie dopuścić do dużego zagęszczenia gruntu np. poprzez zastąpienie go lżejszym lub przez zmniejszenie ciężaru przewożonych ładunków oraz wykluczać w miarę możliwości przejściowe odkłady gruntu, kierując go bezpośrednio z wykopu w miejsce wbudowania lub na stałe hałdy*);
- należy stosować jak najmniejszy i najlżejszy sprzęt, choćby był mniej wydajny i powodował wzrost kosztów robót; w niektórych przypadkach może wystąpić konieczność ręcznego wykonania prac;
- jeżeli nie jest możliwe uniknięcie nadmiernego zagęszczenia gleby, usuwa się ją na czas trwania robót i składowe w nasypach wysokości nie przekraczającej 1,3 m;
- miejsce usunięcia gleby i jej składowania powinno oznaczać się w taki sposób, by można było ją wbudować z powrotem tam, skąd ją pobrano;
- w przypadku realizacji większych robót ziemnych należy przeprowadzić analizę, czy nie spowodują one nadmiernego zanieczyszczenia cieków zawiesinami; jeżeli zanieczyszczenia nie można uniknąć, buduje się osadniki;
- usuwać można jedynie drzewa, które zostały przewidziane do wycinki, w sytuacjach gdy stanowią zagrożenie dla stateczności skarp i budowli lub uniemożliwiają prowadzenie prac;
- niepowodowanie hałasu, sprawne operowanie maszynami budowlanymi, niezaśmiecanie terenu oraz niezanieczyszczanie wody i gruntu smarami, olejami i paliwem - należy do obowiązku i kultury technicznej wykonawcy;
- duże roboty ziemne powinny być, jeżeli to możliwe, wykonywane z wody z obiektów pływających, odnosi się to również do transportu (*ogranicza to niszczenie roślinności brzegowej oraz degradację terenów przybrzeżnych*).

Terminy prowadzenia robót powinno się dostosowywać do wymagań ochrony środowiska, tak by nie powodować zbyt dużych zaburzeń w warunkach bytowania fauny, szczególnie w okresach lęgowych. Najkorzystniejszym terminem prowadzenia robót jest wczesna jesień - okres budowy może jednak być za krótki, więc można włączyć do niego również koniec lata.

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

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

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

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

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

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

WYTYCZNE DO REALIZACJI OBIEKTÓW I DZIAŁAŃ W RAMACH PROJEKTÓW

Rozdział ten zawiera preferowane metody realizacji działań i rozwiązania konstrukcyjne obiektów przewidzianych do budowy w ramach obu Projektów.⁷ Powinny to być budowle o prostej konstrukcji, nieskomplikowane i możliwe do wykonania przy użyciu prostych środków, wykorzystujące naturalne ukształtowanie terenu i rodzaj podłoża, działające samoczynnie, w różnych warunkach hydrologicznych, wykonywane solidnie, zgodnie z zasadami techniki budowlanej. Te cechy ułatwią zachowanie ich należytego stanu technicznego, zwiększą odporność na działanie czynników zewnętrznych (w szczególności płynącej wody czy też aktów wandalizmu) i ograniczą zagrożenia dla środowiska.

Obiekty powinny zapewniać ciągłość biologiczną i transport rumowiska w ciekach, spełniając tym samym poszanowanie zapisów w art. 229 i art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (*Dz. U. z 2023 poz. 1478 ze zm.*). **Umożliwienie swobodnego przemieszczania się organizmów wodnych na ciekach** jest traktowane w Projektach jako element priorytetowy i wynika z zapisów dokumentów nadrzędnych tj. Szczegółowy Opis Priorytetów Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko 2021-2027.

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

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

I. Charakterystyka metod przyjętych w Projektach

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

- przyrodnicze i przyrodniczo-techniczne (biotechniczne),
- techniczne.

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

1. Metody przyrodnicze i przyrodniczo-techniczne

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

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

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

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

Metody przyrodnicze polegają między innymi na:

- wprowadzaniu gatunków drzew odpornych na podtopienie w strefie brzegów potoków, obszarów stożków napływowych i stromych zboczy podlegających erozji powierzchniowej,
- zalesianiu oraz obsadzeniu drzewami i krzewami brzegów i pasów terenu przyległych do cieków i zbiorników poza obszarami lasów i łąk w celu ograniczenia erozji i dopływu zanieczyszczeń, pod warunkiem, że nie ogranicza to przepływu wody w ciekach,
- umacnianiu roślinnością brzegów wklęsłych – podmywanych i niszczonych podczas wezbrań,
- kształtowaniu drzewostanów dostosowanych do warunków siedliskowych, co poprawia ich odporność na szkody wywoływane przez owady, śniegołomy i wiatrołomy,
- urozmaiceniu składu gatunkowego drzewostanów świerkowych ograniczające ich zakwaszający wpływ na wodę glebową,

- zabudowie szlaków zrywkowych natychmiast po zakończeniu zrębów,
- prowadzeniu zabudowy przyrodniczej i technicznej leśnych zlewni górskich, ze szczególnym zwróceniem uwagi na ochronę i odtwarzanie drzewostanów w górnej strefie ich występowania.

Celem zabudowy biologicznej jest:

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

Zabudowa biologiczna brzegów rzek i potoków

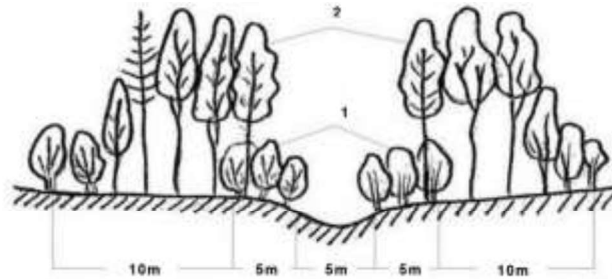
Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną. Należy dobierać gatunki o pożądanych właściwościach biotechnicznych. Rozstaw i forma nasadzeń muszą być dopasowane do konkretnego siedliska i zamierzonego celu.

Zabudowa biologiczna w obrębie szczytowej i środkowej części cieku

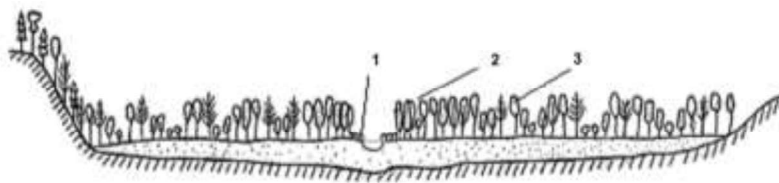
Cieki o silnie zagłębionym korycie zabezpiecza się przed erozją boczną zwartym pasem drzew i krzewów szerokości 20 – 30 m. Najwyższe piętro drzew sięgających 15 – 25 m wysokości (olsza szara, jawor, jesion wyniosły, wiąz górski, modrzew europejski, a na niżej leżących terenach dąb szypułkowy, lipa drobnolistna,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

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

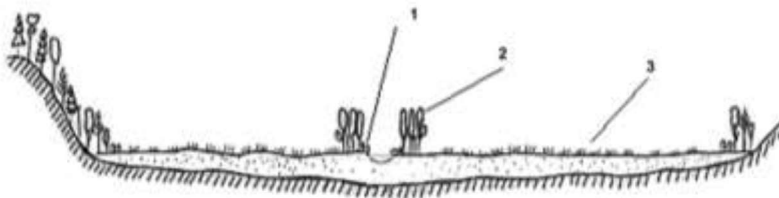
popielica, malina właściwa, dzika róża, kruszyna pospolita, trzmielina, czeremcha, dereń świdwa, szakłak, leszczyna oraz tarnina.



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



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



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

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

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

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

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

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



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

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

2. Metody techniczne

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

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

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

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

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

Typowe działania w tym zakresie to:

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

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

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

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

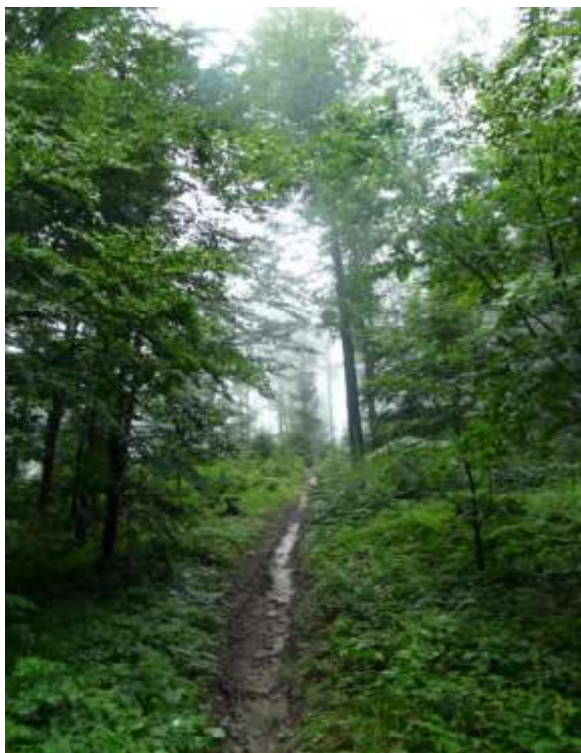
W Projekcie, mamy do czynienia także z działaniami technicznymi polegającymi na kontrolowaniu nadmiernego spływu powierzchniowego (poprzez stabilizację osuwisk i powstrzymywanie erozyjnego działania wód opadowych), zaś w odniesieniu do cieków: odcinkowe zabezpieczenie brzegów oraz spowolnienie odpływu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

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

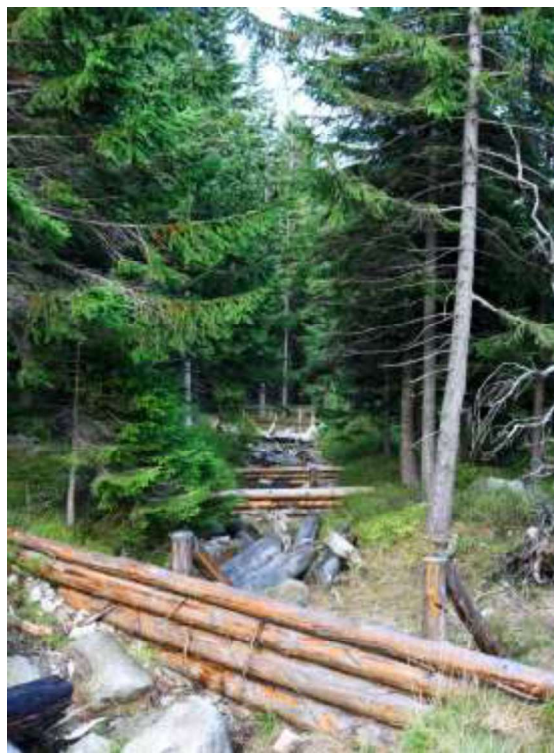
3. Przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z gwałtownym spływem wód opadowych na obszarach o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu

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

Częstym rodzajem szkód w lasach na terenach o znacznym nachyleniu są zniszczenia erozyjne dróg i szlaków zrywkowych spowodowane intensywnymi deszczami nawalnym. Drogi i szlaki zmieniają się wówczas w sztucznie uformowane „koryta” okresowo prowadzące wodę, którymi woda szybko odpływa ze zlewni. Dlatego zaleca się transport ściętych drzew w poprzek stoku, do drogi biegnącej bardzo łagodnie w górę stoku oraz stosowanie kolejek linowych do transportu ściętych drzew. Ponadto, zaleca się zabudowę szlaków zrywkowych natychmiast po zakończeniu zrębów, zabezpieczanie przed osuwiskami, tworzenie wodospustów na drogach leśnych i szlakach turystycznych.



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



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

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

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

Z punktu widzenia ekologicznego i glebochronnego korzystniejsza jest większa liczba małych zbiorników retencyjnych i innych urządzeń - niż mała liczba większych. W celu ochrony przed napływem do zbiornika namulów lub zanieczyszczeń można wykonać przed nim niewielkie przetamowanie ziemne, rów opaskowy, pas roślinności lub

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

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

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

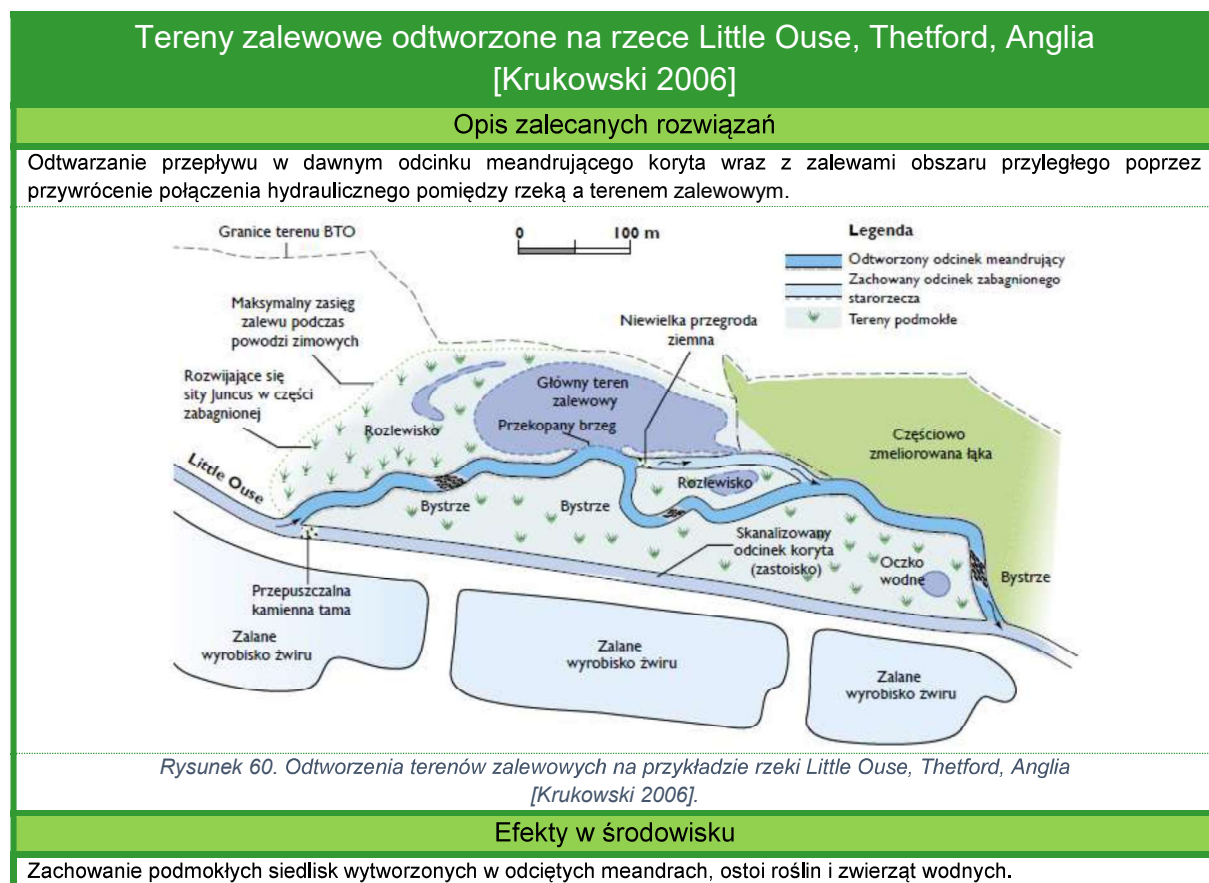
W tym kontekście utrzymanie w szczególności w dobrym stanie potoków górskich wymaga szczególnej dbałości. Cieki te narażone są na silne wezbrania o dużej sile niszczącej, co wymaga przewidywania zmian w dnie koryta, które mogą wystąpić po przejściu wezbrania. Konieczna jest w tym wypadku prognoza przebiegu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

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

- zachowanie stanu równowagi dynamicznej cieku, w której odprowadza on w dół swego biegu taką samą ilość rumowiska, jaka jest dostarczana do przekroju doliny, zaś dno cieku w dłuższym okresie utrzymuje się na jednakowej wysokości,
- zapewnienie równowagi pomiędzy funkcją odprowadzania wód wezbraniowych w dół biegu cieku oraz funkcją ich retencjonowania na obszarach zalewowych,
- zachowanie statusu ekologicznego cieku i jego korytarza na co najmniej dobrym poziomie.

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

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



2. Działania z zakresu przeciwdziałania nadmiernej erozji wodnej

2.1. Zabezpieczanie infrastruktury leśnej

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

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

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

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

2.1.1. Zabezpieczenie skarp i brzegów uzasadnione koniecznością ochrony infrastruktury

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

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

Na skarpach i zboczach, gdzie występuje silny spływ powierzchniowy przed przystąpieniem do żywej zabudowy lub zabudowy biotechnicznej należy grunt odvodnić, stosując opaskowe rowy odwadniające lub np. dreny faszynowe.

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

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

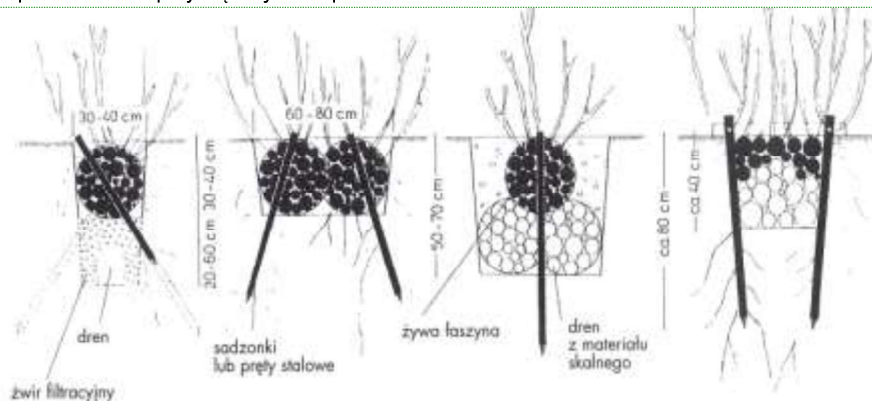
Rynny erozyjne należy zabezpieczyć, układając w całym ich przekroju przytwierdzone palikami gałęzie drzew iglastych. Dzięki temu prostemu rozwiązaniu następuje wytracenie energii wody i odkładanie się między gałęziami rumoszu, co prowadzi do wypełnienia rynny.

Darniowanie, mulczowanie	
Opis zalecanych rozwiązań	
Gęsty obsiew mieszkanką traw lub pokrycie powierzchni skarpy fragmentami darni.	
	
<i>Fotografia 63. Okładzina z płatów darniowych [Begemann i Schiechl 1999].</i>	<i>Fotografia 64. Warstwa długiej słomy (mulcz) z siewem na mokro (hydroobsiew) [Begemann i Schiechl 1999].</i>
Uwagi	
<p><u>Płaty darni</u> z przerośniętą korzeniami glebą (o wymiarach 40x40 cm) najlepiej pozyskać z okolicznych gruntów. Układa się je na wyrównanej pokrytej ziemią orną powierzchni. Na stromych skarpach mocuje się je kołkami drewnianymi albo stosuje się tyczki (jak na zdjęciu powyżej).</p> <p>Standardowy obsiew traw wykonuje się, gdy warunki glebowe są dobre, tzn. powierzchnia pokryta jest warstwą próchniczną. W gorszych warunkach można zastosować mieszkankę ziarna, nawozów, lepiszczy i wody, którą za pomocą pompy wytryskuje się na skarpe (<u>hydroobsiew</u>).</p> <p>Na nasłonecznionych skarpach, na gruncie jałowym dobre efekty daje zastosowanie warstwy mulczu z długiej słomy rozścielonej przed lub po siewie nasion i nawozu (na sucho lub mokro). Warstwa słomy lub innych naturalnych materiałów włóknistych, powinna być ułożono luźna z wieloma szczelinami. Na koniec należy zakleić warstwę mulczu nietrwałym spoiwem nieszkodliwym dla roślin.</p>	
Efekty w środowisku	
Ochrona zewnętrznej warstwy gruntu przed spływem i erozją powierzchniową. Poprawa warunków temperaturowych i wilgotnościowych.	

Żywy dren faszynowy

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

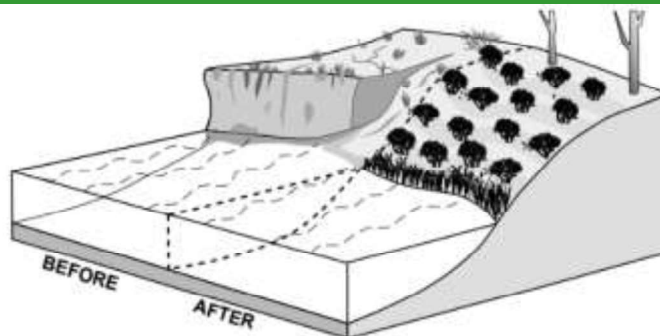
Dren faszynowy służy odprowadzeniu wody z górotworu i przygotowaniu skarpy do wprowadzenia dalszej zabudowy biologicznej lub biotechnicznej. Patrz także Nasyp z porostem wierzbowym poniżej.

Efekty w środowisku

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

Stabilizacja biologiczna stromych skarp

Opis zalecanych rozwiązań



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

Uwagi

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

Efekty w środowisku

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

Umacnianie skarp nasadzeniami wierzbowymi (zrzezami)

Opis zalecanych rozwiązań

Zaostrzone zrzezy wbija się pod kątem prostym do płaszczyzny skarpy. Aby sadzonki nie wysychały, nie powinny wystawać z ziemi więcej niż na $\frac{1}{4}$ swojej długości. Zrzezy należy rozmieścić nieregularnie (nie w rzędach) w ilości 2-5 sztuk/m².



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

Uwagi

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

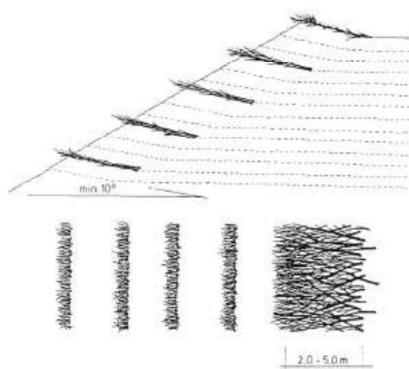
Efekty w środowisku

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

Umocnienie tarasowe materiałem roślinnym

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

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

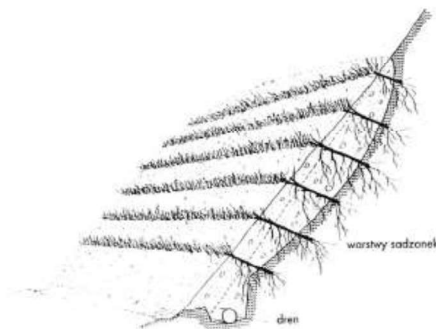
Efekty w środowisku

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

Nasyp z porostem wierzbowym/Odwodnienie skarpy

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

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

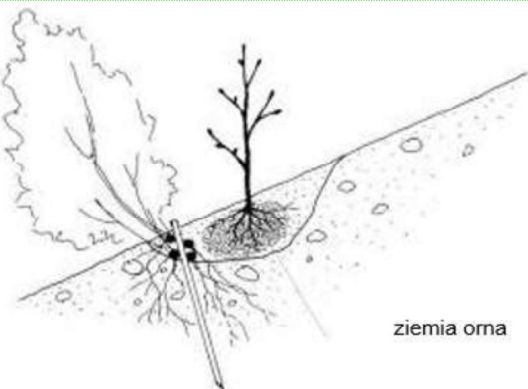
Efekty w środowisku

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

Umocnienia żłobkowe

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

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

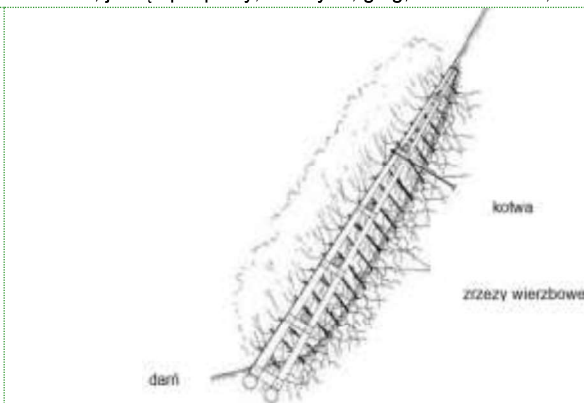
Efekty w środowisku

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

Rusztowanie drewniane z porostem

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

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

Efekty w środowisku

Odtworzenie roślinności na skarpie; przeciwdziałanie erozji.

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

- Umacnianie brzegów potoku

Zabudowa biologiczna brzegów

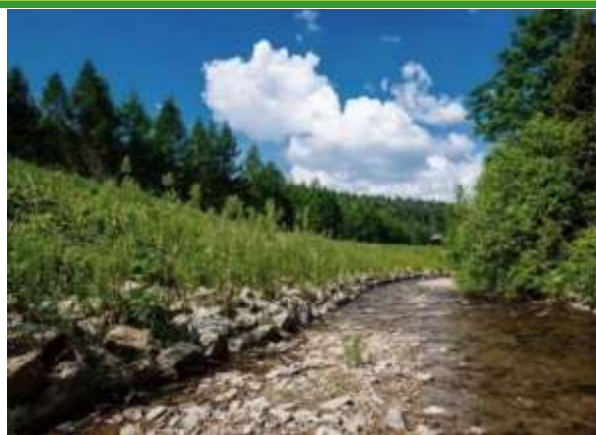
Opis zalecanych rozwiązań

Nasadzenia wierzb i topól itp. na brzegach cieków.

Przykład realizacji

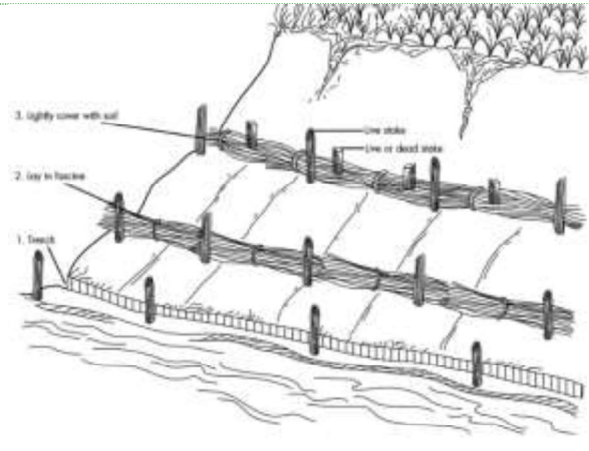
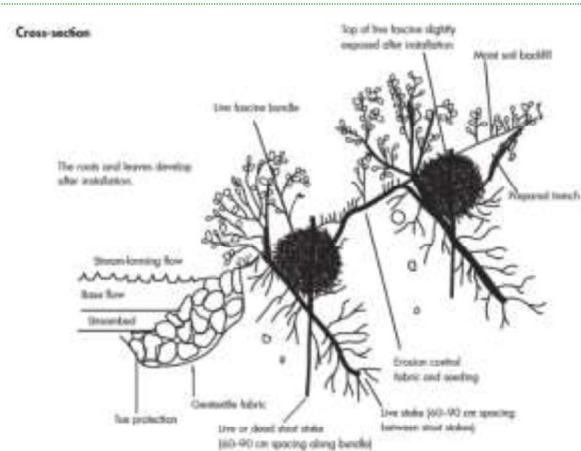


Fotografia 67 Brzegi słon wierzbowy na potoku Muczne wykonany w 2014 r., fot. P. Schetyński, [www.twojebieszczady.net].



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

Uwagi
Do nasadzeń stosować należy do 700 m n.p.m.: wierzbę białą i koszykarską, olszę czarną, jesion, topolę czarną, a powyżej (700-1200 m n.p.m.): wierzbę białą i kruchą, olszę szarą, jarzębinę. Po ukorzenieniu się brzegostonu należy usunąć w trakcie prac konserwacyjnych druty mocujące.
Efekty w środowisku
Zwiększenie szorstkości koryta, redukcja przepływu przy brzegach, wyłapywanie osadów (sedyméntów).

Wiązki (kiszki) faszynowe
Opis zalecanych rozwiązań
Wiązki (kiszki) faszynowe umieszcza się w płytkich rowkach równoległe do podnóży skarpy i mocuje zrzecami wierzbowymi lub palikami drewnianymi i nasadzeniami, wbijanymi w grunt przez faszynę. Następnie zasypuje się rowki. Biegające równoległe do podnóży skarpy pasma faszyny można połączyć pasmami o przebiegu ukośnym, aby ułatwić odpływ wód. Poniżej lustra wody stosuje się narzut kamienny.
 
<i>Rysunek 68. i Rysunek 69. Żywe wiązki faszynowe na brzegu rzeki [Arun Bhakta Shrestha i in. 2012]</i>

Uwagi
Umocnienia faszynowe stosuje się także do umacniania skarp brzegowych potoków; zmniejszają one prędkość spływu powierzchniowego, zwiększają infiltrację wody w głąb podłoża i ułatwiają odprowadzenie wód gruntowych poza skarpe. Stosując umocnienia faszynowe na brzegach potoków należy ich podstawę zabezpieczyć narzutem kamiennym lub kizką faszynową ułożoną w miejscu przecięcia się płaszczyzny skarpy z dnem potoku.
Efekty w środowisku
Redukcja spływu powierzchniowego i erozji (ograniczanie zamulenia cieków), zabezpieczanie osuwisk. Stworzenie siedlisk dla zwierząt i miejsc gniazdowania ptaków. Jednak niewłaściwie dobrane gatunki wierzb mogą zakłócić naturalną szatę roślinną wzdłuż potoków oraz zmienić uwilgotnienie siedlisk. Wysokie i długie ciągi płotków mogą skutecznie ograniczyć migracje płazów pomiędzy środowiskiem wodnym i lądowym.

Warstwa chrustu z porostem

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Efekty w środowisku

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

Płotki wierzbowe

Opis zalecanych rozwiązań

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



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



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

Uwagi

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

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

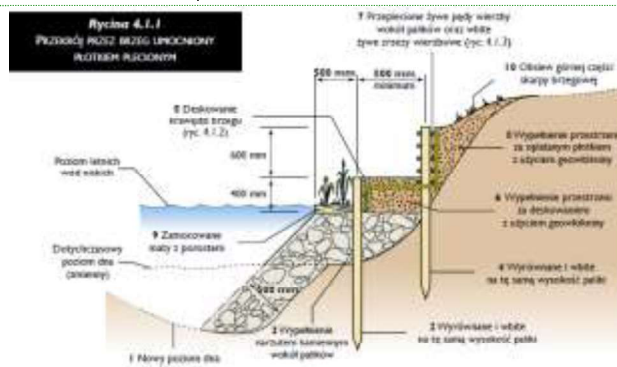
Efekty w środowisku

Powstawanie obszarów podmokłych, stworzenie siedlisk dla płazów.

Płotki plecione

Opis zalecanych rozwiązań

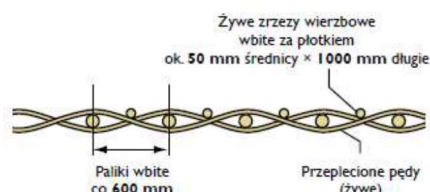
Świeże pędy wierzbowe (np. wierzby wiciowej) przeplecione pomiędzy palikami. Pod wodą zastosowano stabilne podłoże z kruszonego kamienia. Deskowanie ma ulec stopniowemu rozkładowi, a korzenie nasadzeń mają przejąć jego rolę.



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



Rysunek 71. Schemat deskowania krawędzi brzozy [Krukowski 2006]



Rysunek 72. Schemat płotka plecionego [Krukowski 2006]

Uwagi

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

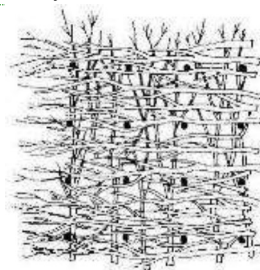
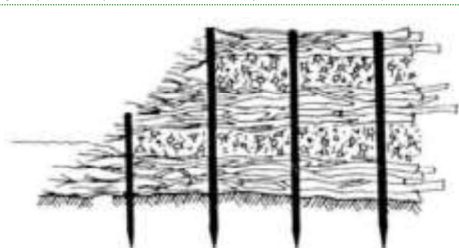
Efekty w środowisku

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

Brzegosłn krzyżowy

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

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

Efekty w środowisku

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

Siatka jutowa z sitowiem i sadzonkami pędowymi

Opis zalecanych rozwiązań

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



Fotografia 72. Umocnienie z siatki jutowej z sitowiem i sadzonkami pędowymi [Begemann i Schiechl 1999].

Uwagi

Dobór roślin powinien być zgodny z potencjalną roślinnością naturalną.

Efekty w środowisku

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

Murki kamienne układane bez zaprawy

Opis zalecanych rozwiązań

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



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



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

Uwagi

Murki kamienne mogą służyć do umacniania nawet stromych brzoza i skarp, a także brzoza 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 brzoza, stabilizacja skarp, oddalenie nurtu od brzoza. Pionowe murki kamienne na dłuższych odcinkach cieku mogą przyczynić się do utrudnienia migracji zwierząt w poprzek rzeki.

Narzut kamienny

Opis zalecanych rozwiązań

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



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



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

Uwagi

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

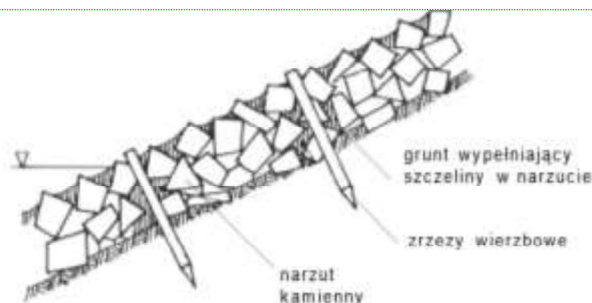
Efekty w środowisku

Zwiększenie szorstkości koryta, redukcja przepływu przy brzegach, odepchnięcie nurtu, wyłapywanie osadów (sedyméntów), stabilizacja brzegów, może również przyczyniać się do zanikania 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 trzecie pędu powinno być zagłębione w narzucie i gruncie.



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

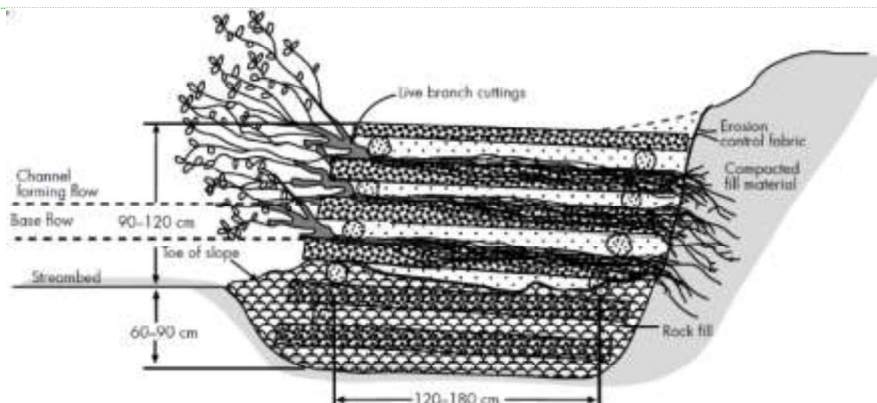
	
<p><i>Fotografia 77. Ukorzeniony zrzesz wierzbowy w narzucie (archiwum CKPŚ)</i></p>	<p><i>Fotografia 78. Zabezpieczony faszyną narzut kamienny z nasadzeniami wierzbowymi (archiwum CKPŚ).</i></p>
<p>Uwagi</p>	
<p>Podwyższona trwałość i estetyka narzutów kamiennych poprzez układanie głazów i inicjowanie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

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

Kaszyce z nasadzeniami

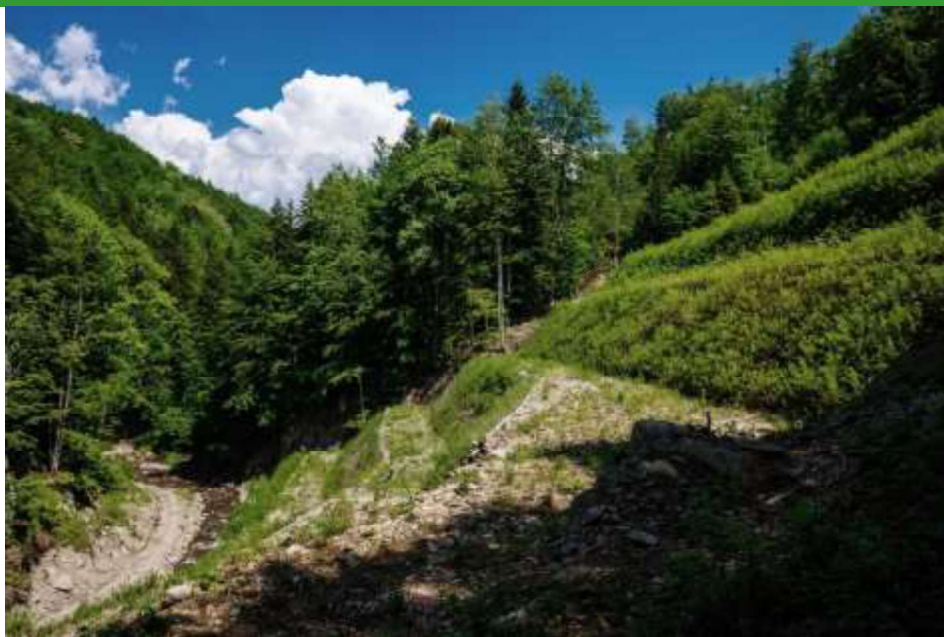
Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Przykład realizacji



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

Efekty w środowisku

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

- Zabezpieczanie podnóża skarpy brzegowej

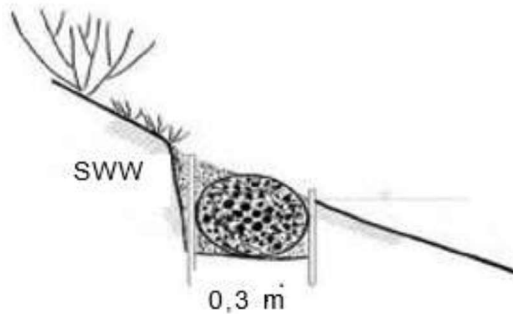
Zabezpieczania z powalonych pni drzew	
Opis zalecanych rozwiązań	
Należy wybrać świeżo powalone, gęsto ugałęzione drzewa szpilkowe (czasem wystarczają same wierzchołki koron) i umieścić w powstałych wyrwach, skierowując wierzchołkami w dół ciekłu. Pnie mocujemy palikami i linami stalowymi. Gałęzie powodują zatrzymywanie unosin, które z czasem są przerastane przez korzenie roślinności nadbrzeżnej.	
Fotografia 82. Powalony świerk zabezpieczający podmyty brzeg [Begemann i Schiechl 1999].	
Uwagi	
Rozwiązania tego typu służą: umacnianiu i załadowaniu gwałtownie powstałych osuwisk brzegów cieków o dużej sile niszczącej wody; ustaleniu nowej linii brzegowej. Jeżeli brzeg jest pozbawiony szaty roślinnej, należy wbić zręzy wierzbowe lub posadzić ukorzenione sadzonki drzew i krzewów odpowiednich dla siedliska, korzenie przerosną i dodatkowo umocnią załadowany obszar.	
Efekty w środowisku	
Wytworzenie siedlisk dogodnych dla zwierząt i kryjówek dla ryb.	

Namulacze	
Opis zalecanych rozwiązań	
U podnóża skarpy brzegowej należy wykopać rów głębokości ok. 0,5m, w którym umieszcza się wiązki zręzów wierzbowych obłożonych kamieniami i zasypanych gruntem rodzimym.	
Rysunek 76. Namulacze – przekrój poprzeczny [Duszyński 2007, zmienione].	
Uwagi	
Namulacze wykonuje się w strefie wahań lustra wody. Mogą być stosowane w korytach cieków, w których prędkość przepływu wody waha się w przedziale 0,25-2 m/s; ułatwiają wychwytywanie rumowiska i sprzyjają tworzeniu odsypisk.	
Efekty w środowisku	
Stanowią miejsca schronienia oraz tarlisk dla ryb.	

Faszynowa opaska brzegowa

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

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

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

Efekty w środowisku

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

- Ochrona brzegu wklęsłego.

Kaszyce na brzegu wklęsłym

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Przykłady realizacji



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



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

Uwagi

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

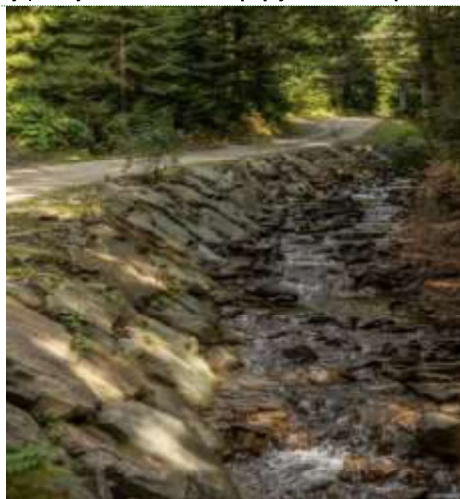
Efekty w środowisku

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

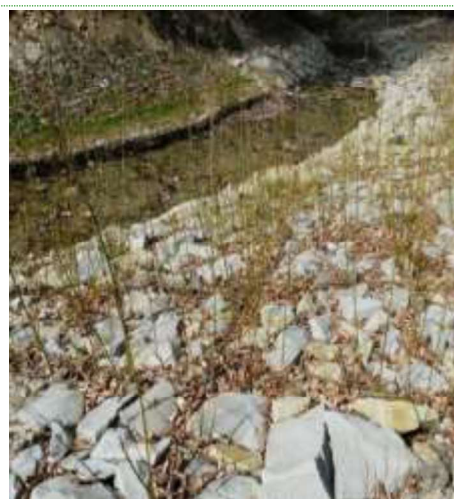
Ożywiony, układany narzut kamienny na brzegu wklęsłym

Opis zalecanych rozwiązań

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

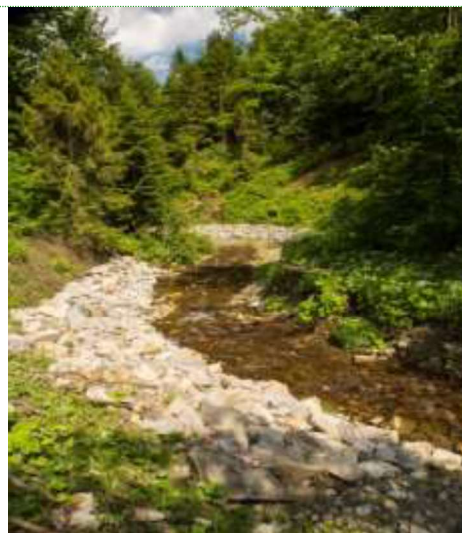


Fotografia 85. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nowy Targ, fot. J. Smarczewski, 2021.



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

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



Fotografia 87. Narzut kamienny w Nadleśnictwie Nawojowa. (archiwum CKPŚ).

Uwagi

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

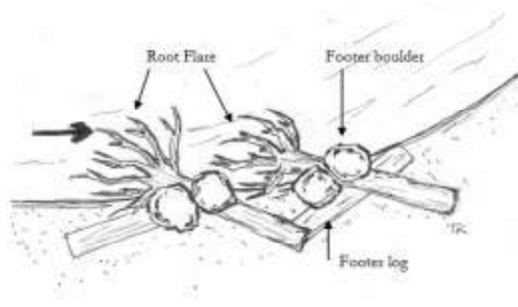
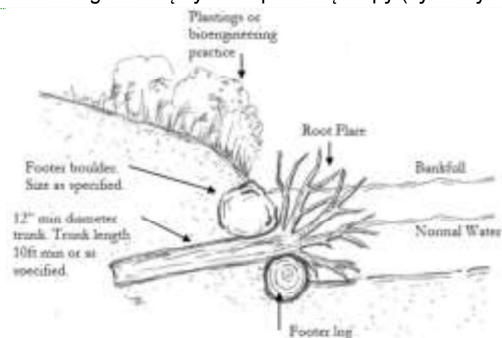
Efekty w środowisku

Ochrona brzegów, stabilizacja skarp, zatrzymywanie sedymentów.

Ochrona brzegu wklęsłego za pomocą karp

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Efekty w środowisku

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

Ochrona brzegu wklęsłego za pomocą głazów

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Uwagi

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

Efekty w środowisku

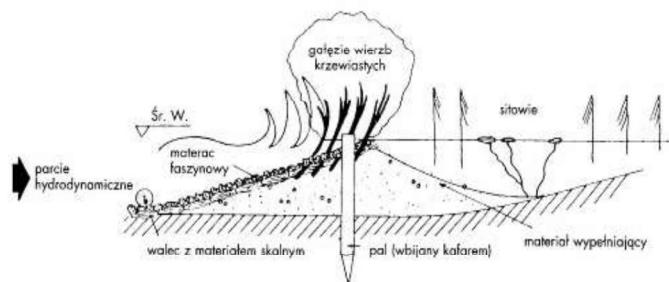
Odepchnięcie głównego nurtu cieku od brzegu wklęsłego. Odstępy pomiędzy głazami umożliwiają naturalne wylewanie się wody na tereny np. łągów olszowo-jesionowych.

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

Ostrogi faszynowe

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 80. Tama faszynowa [Begemann i Schiechl 1999].

Efekty w środowisku

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

2.1.2. Rozbiórka i modernizacja budowli niedostosowanych do wód wezbraniowych

a) Rozbiórka budowli

Rozbiórka budowli	
Opis zalecanych rozwiązań	
W przypadku, gdy budowle lub urządzenia hydrotechniczne uległy zniszczeniu na skutek niszczącej siły wód wezbraniowych, nie pełnią już swoich funkcji a ich odbudowa lub przebudowa nie jest konieczna, najlepiej jest przeprowadzić rozbiórkę takiego obiektu i przywrócić naturalny bieg cieku.	
Przykłady realizacji	
	
<i>Fotografia 89. Zniszczony betonowy przepust okularowy na nieużytkowanym szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Cisna, przerywający ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ).</i>	<i>Fotografia 90. Miejsce po rozebranym betonowym przepuście, w którym przywrócono ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Cisna (archiwum CKPŚ).</i>
	
<i>Fotografia 91. Zniszczony betonowy jaz przerywający ciągłość biologiczną cieku w Nadleśnictwie Krasiczyn (archiwum CKPŚ).</i>	<i>Fotografia 92. Bystrze o zwiększonej szorstkości w miejscu rozebranego betonowego jazu w Nadleśnictwie Krasiczyn, przywracające ciągłość biologiczną cieku (archiwum CKPŚ).</i>
Efekty w środowisku	
Przywrócenie ciągłości biologicznej cieku i transportu rumowiska.	

b) Przebudowa istniejących zapór przeciwrumowiskowych

W wielu miejscach istnieją zapomniane i niespełniające swych funkcji kamienne zapory przeciwrumowiskowe. Zazwyczaj są to obiekty zaniedbane, całkowicie wypełnione rumoszem, porośnięte mchem i roślinnością. Niejednokrotnie budowle te

są bardzo stare, budowane jeszcze przed wojną. Od dawna wypełnione, utraciły swą funkcję przechwytywania rumoszu niesionego przez potok.

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

c) Przebudowa i modernizacja obiektów komunikacyjnych

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

• Brody

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

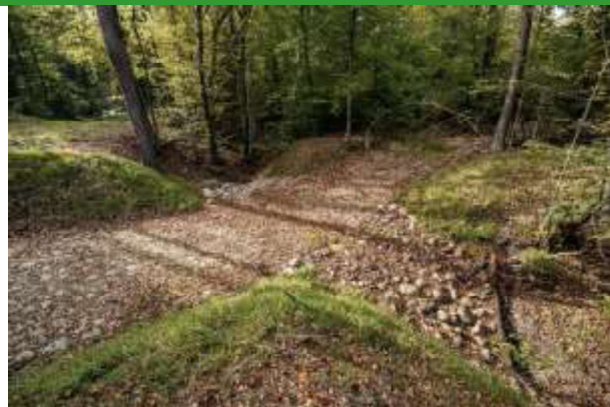
Taki sposób przeprawy zapewnia pełną drożność korytarza ekologicznego ciek – z tego punktu widzenia bród w niektórych przypadkach może być lepszym rozwiązaniem niż przepust. Bród może powodować niewielkie spiętrzenie wody - co należy uwzględnić w jego konstrukcji. Na cieku naturalnym bród należy w miarę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

Bród piętrzący ze ścianką szczelną

Opis zalecanych rozwiązań

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

Przykłady realizacji



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

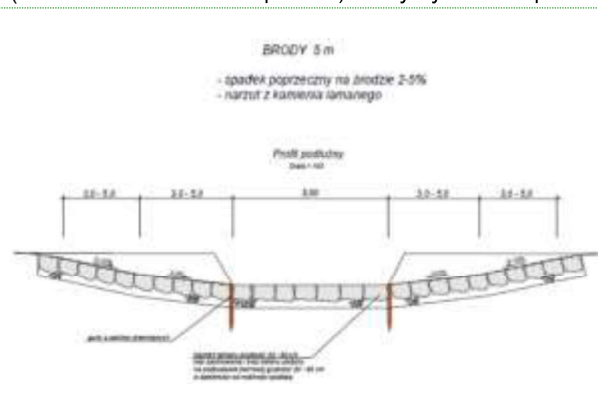


Fotografia 94. Bród piętrzący, którego funkcją jest także zatrzymanie wody na obszarach mokradłowych w Nadleśnictwie Strzałowo, fot. A. Ryś.

Bród kamienny

Opis zalecanych rozwiązań

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



Bród kaszycowy (drewniano-kamienny)	
Opis zalecanych rozwiązań	
Bród o konstrukcji drewnianej wypełniony kamieniem (np.: dużym tłuczniem).	
	
Fotografia 95. Bród drewniano-kamienny w Nadleśnictwie Baligród (archiwum CKPŚ).	

- Przepusty i mosty

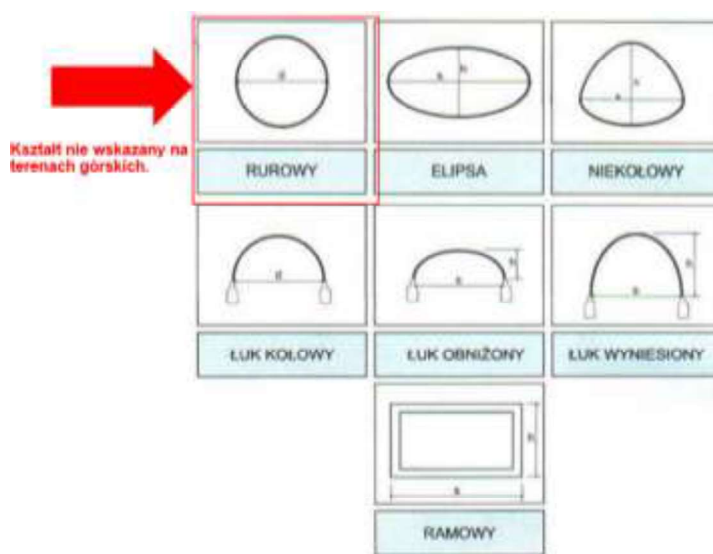
Niektóre budowle na ciekach czy rowach charakteryzują się parametrami lub konstrukcją, które w chwili obecnej nie służą spełnianiu przypisanych im zadań lub nie wykorzystują w pełni możliwości jakie występują w danym terenie. Skutkuje to niedostateczną trwałością, stabilnością i funkcjonalnością budowli,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

Nowo projektowane budowle komunikacyjne na ciekach mają stanowić również korytarze ekologiczne łączące rozdzielone ciągami komunikacyjnymi siedliska organizmów. Wszelkie budowle na ciekach naturalnych powinny umożliwiać migrację ryb. Jeżeli mały ciek krzyżuje się z drogą gruntową należy rozważyć zastąpienie przepustu brodem. Przepusty łukowe lub prostokątne (ramowe) o dużym świetle oraz mosty pozwalają zwierzętom na swobodne przemieszczanie się przez nie, dodatkowo

nie stwarzają problemu w eksploatacji i nie zatykają się. Mogą być wykonane z blachy falistej, tworzyw sztucznych lub betonu. Zaleca się przewymiarowanie konstrukcji, uwzględniając kierunek zmian charakteru opadów w ostatnich dziesięcioleciach (deszcze nawalne, wzrost przepływów maksymalnych).

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

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



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

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

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

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

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



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

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

W przepustach na potokach górskich z ruchem spokojnym przekrój przewodu przepustu powinien być nie mniejszy niż przekrój koryta cieku przy przepływie wody średniej rocznej, przy zachowaniu niezmiennego poziomu zwierciadła wody.

Na potokach górskich nie dopuszcza się zastosowania przepustów o wlotach zatopionych i wielootworowych oraz o przewodach kołowych.

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

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

Przepusty zagłębione

Opis zalecanych rozwiązań

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

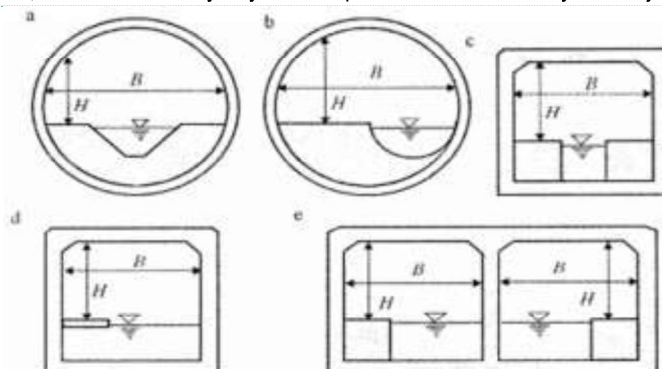


Rysunek 83 i Rysunek 84 Przepusty zagłębione [Przybyła 2002].

Przepusty i przejścia zespolone

Opis zalecanych rozwiązań

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



Rysunek 85. Przepusty/przejścia zespolone: a) ze ścieżką dwustronną w przepuscie kołowym b) ze ścieżką jednostronną c) ze ścieżką dwustronną w przepuscie prostokątnym d) ze ścieżką (półką) jednostronną w przepuscie prostokątnym e) ścieżki w przewodzie podwójnym [Bajkowski i Marzysz 2004]


Przykład realizacji



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

Uwagi

Zbocza nasypów należy zakrzaczyć lub zadrzewić.

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

d) Przebudowa progów i stopni na kaskady bystrzy i bystrza

- Bystrza o zwiększonej szorstkości

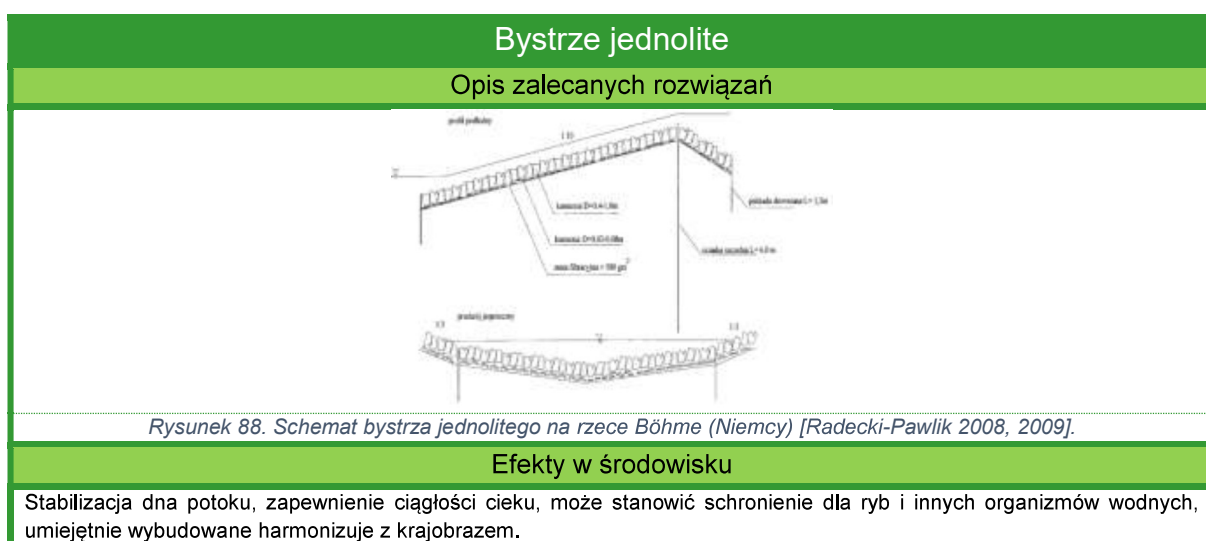
Stabilizację koryt potoków górskich i podgórskich, ale także i rzek nizinnych charakteryzujących się dużymi spadkami podłużnymi, często znaczną zmiennością stanów wody, nagłymi wezbraniami i intensywnym transportem rumowiska uzyskuje się najczęściej poprzez budowę stopni, kaskad i progów ze stopniami. Działania takie mają jednak negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze przede wszystkim na ciągłość ekologiczną, przez co nie będą realizowane w ramach Projektów na ciekach naturalnych. Bardziej przyjazne środowisku jest stosowanie **bystrzy o zwiększonej szorstkości lub progów w formie ramp/pochylni dennych (zabudowa bystrzem)**. Jest to kompromis pomiędzy wymogami środowiska przyrodniczego, a ingerencją człowieka. Budowla ta umożliwia migrację ryb oraz makrobezkręgowców dennych (bentosu), powoduje natlenienie wody oraz dobrze harmonizuje z krajobrazem. Umożliwia też transport rumowiska. Podkreślenia wymaga, że na rowach są dopuszczane wszelkie działania mające na celu zmniejszenie zbyt dużego spadku dna.

Bystrza możliwe są do realizacji zarówno na dużych rzekach, jak i małych potokach. W przypadku mniejszych potoków o dużych spadkach, sugeruje się zastosowanie drewnianego **bystrza kaskadowego** składającego się z przegród w formie nieregularnej palisady, tworzących niewielkie baseny/niecki (zalecany spadek to minimum 1:10). Warto pamiętać, że dolna część bystrza powinna „zapadać” się pod dno rzeki (patrz rys. bystrza typu austriackiego lub Vincenta), oraz że cała budowla powinna być zakończona drewnianą palisadą.

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

Na odcinkach pomiędzy bystrzami należy zachować formy przegłębień uzasadnione hydrodynamiką przepływu. W dnie należy rozmieścić kamienie o różnej wielkości, stwarzając schronienia dla ryb i organizmów żywych. Schronienia takie powinny znajdować się także przy brzegach. Proponowane rozwiązania zapewniają spełnienie wymogów związanych zarówno ze stabilizacją dna potoku, ekologii, jak i harmonii z krajobrazem. Lokalizacja bystrza, jeśli to możliwe, powinna być tak wybrana, aby mogło spełniać one również funkcję szypotu (naturalnego bystrza), a nie tylko redukcji spadku i stabilizacji dna. Unika się tą metodą budowy kosztownych stopni, progów i przepławek dla ryb nie naruszając walorów krajobrazowych cieków wodnych i zapewniając tym samym zachowanie dobrego stanu wód.

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



Bystrze regularne

Opis zalecanych rozwiązań



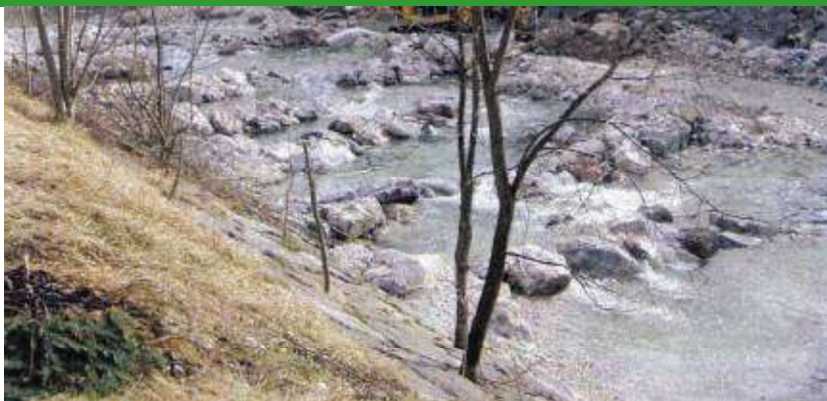
Fotografia 98. Bystrze regularne na rzece Pielach (fot. S. Schmutz).

Uwagi

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

Bystrze kaskadowe

Opis zalecanych rozwiązań



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

Uwagi

Bliska naturze budowla do stosowania na małych rzekach podgórskich.

Efekty w środowisku

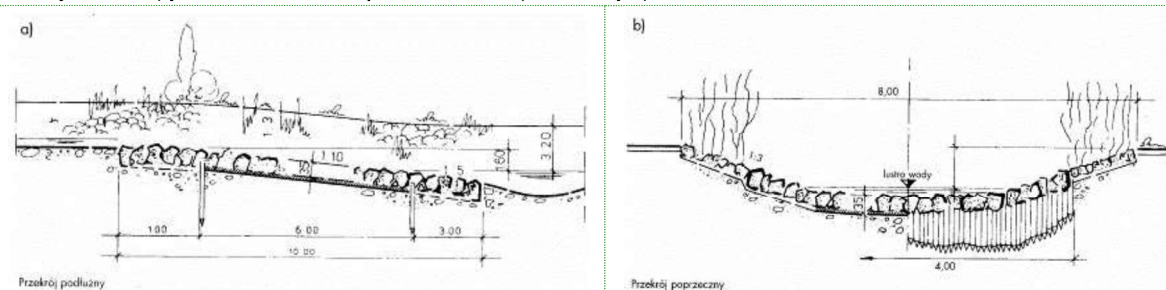
Stabilizacja dna potoku zapewniająca biologiczną drożność cieku stosowana na potokach i małych rzekach podgórskich. Ma również zastosowanie jako przelew górny dla zbiorników retencyjnych.

Bystrze z kamienia łamanego (pochylnia)

Opis zalecanych rozwiązań

Szeregi pali umocnionych warstwą bloków kamiennych.

Nachylenie rampy 1:15 do 1:30 dla wąskich cieków dopuszczalny spadek do 1:10.



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

Uwagi

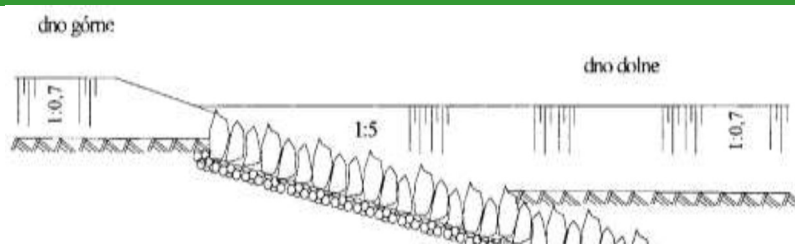
Szerokość dna cieku 3-5 m. Aby zapobiec osiadaniu bloków kamiennych, należy ułożyć pod nimi warstwę filtracyjną z grubego żwiru, a nad nią warstwę z kamienia łamanego.

Efekty w środowisku

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

Bystrze typu Vincenta

Opis zalecanych rozwiązań



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



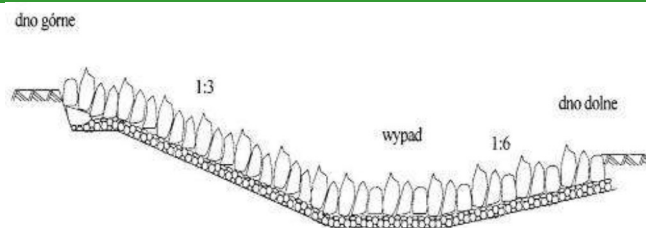
Rysunek 91. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości na rzece Kahl z ubezpieczeniem dna dolnego w formie niecki [Radecki-Pawlik 2008, 2009].

Efekty w środowisku

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

Bystrze typu austriackiego

Opis zalecanych rozwiązań



Rysunek 92. Schemat bystrza o zwiększonej szorstkości typu austriackiego (Radecki-Pawlik 2008, 2009).

Efekty w środowisku

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

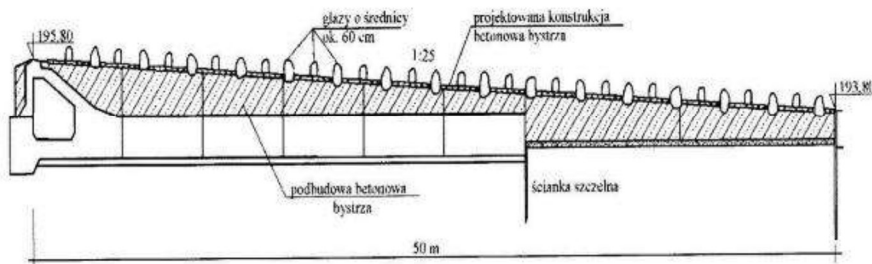
- Zastąpienie progów, stopni oraz kaskad na bystrza

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

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

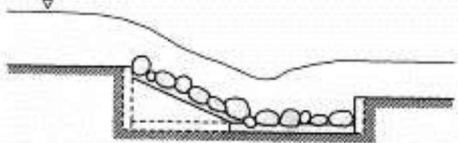

Na rowach możliwe jest wykonanie wszelkich budowli zarówno piętrzących, jak i ograniczających erozję i duży spadek dna koryta w obu Projektach.

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



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

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

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

2.2. Zabudowa przeciwoerozyjna dróg i szlaków zrywkowych na terenach górskich

2.2.1. Zabudowa szlaków zrywkowych po zakończeniu zrębów

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

Poniżej przedstawiono rozwiązania związane z zagospodarowaniem tych terenów.

Przegrody wypełniane gałęziówką

Opis zalecanych rozwiązań

W zagłębieniach terenu należy ułożyć gęsto gałęzie drzew szpilkowych lub liściastych (materiał pozyskany z czyszczeń, trzebieży i zrębów) tak, aby zajęły cały przekrój poprzeczny. Gałęzie stabilizuje się palikami. Można też zastosować dodatkowo narzut z głazów tworzących nieregularną powierzchnię. W szerokich i głębokich wąwozach co kilka metrów (im większe nachylenie, tym mniejsze odległości) posadawia się w brzegach konstrukcję z bali, wzmocnioną palisadą z obu stron. Niesiony przez wodę rumosz się odkłada, co prowadzi do wypełnienia zagłębień.

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

Przykład realizacji



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



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



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

Uwagi

Przegrody mają na celu: wytracenie energii wody i zatrzymanie niesionego przez nią rumoszu, powstrzymanie erozji i wypełnienie wyerodowanych zagłębień. Przegrody z bali powinny sięgać maksymalnie do 2/3 wysokości wąwozów. Warto zabudowywać także szlaki zrywkowe, które będą jeszcze użytkowane w dalszej perspektywie czasowej. Belki układa się wówczas pomiędzy palikami bez ich mocowania tak, że dają się łatwo wyjąć.

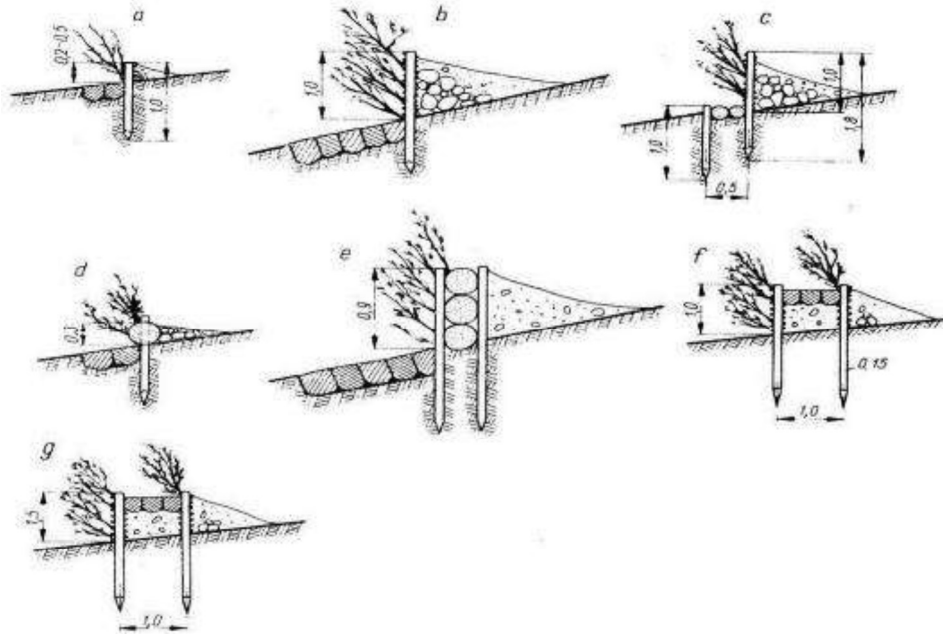
Efekty w środowisku

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

Przegrody drewniano-ziemne z nasadzeniami

Opis zalecanych rozwiązań

W poprzek debr wbiја się rzędy zdolnych do odrośnięcia zrzesów wierzbowych. Debrę zalesia się stopniowo poczynając od najbardziej narażonych na erozję brzegów. Przy zabudowie debr do wysokości 1000 m n.p.m. najczęściej stosuje się: grab, dąb szypułkowy, wiąz pospolity, јesion wyniosły, olszę szarą, kłon zwyczajny, kłon polny, czeremchę, leszczynę, tarninę. Powyżej 1000 m n.p.m. sadsi się: јawor, buk zwyczajny, wiaz górski, јodłę pospolitą, јarząb pospolity, modrzew europejski czy јałowiec pospolity.



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

Rysunek 97. Za przegradami gromadzi się materiał skalny uszczelniający przegrody, dzięki czemu stanowią one blokadę dla spływającej wody. W ten sposób na zabudowywanym szlaku za przegradami tworzą się małe rozlewiska, w których woda utrzymuje się przez pewien czas - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.

Uwagi

Spadek między przegrodami roślinnymi w debrze nie powinien być większy niż 2%. Wysokość przegród nie powinna przekraczać 1,0 m.

Efekty w środowisku

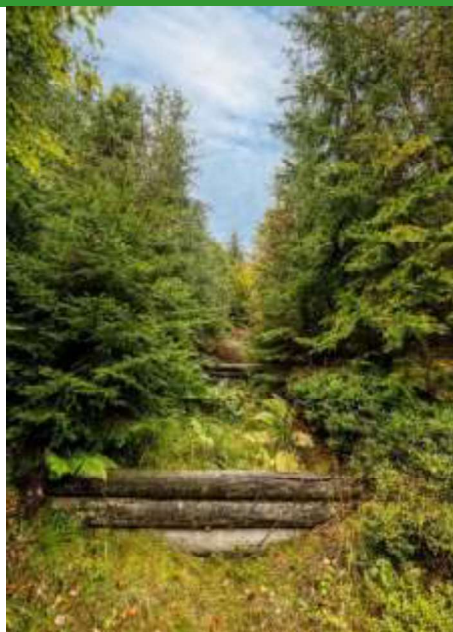
Płotki powstrzymują nadmierny spływ powierzchniowy i powodowaną przez niego erozję denną i boczną. Umożliwiają proces zalesiania debr.

Przegrody z belek drewnianych

Opis zalecanych rozwiązań

Bełki drewniane ustawione co kilkanaście metrów, prostopadle do kierunku szlaku, mające wysokość około 50 cm. Końce belek utwierdzone na około 50 cm w brzegach zagłębień i dodatkowo zabezpieczone głazami. W celu zapobieżenia podmywaniu płotki i wymywaniu rumoszu ze spływającą wodą, powinny być one wpuszczone w dno na głębokość ok. 35 cm.

Przykłady rozwiązań



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



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

Przegrody z kamienia naturalnego

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

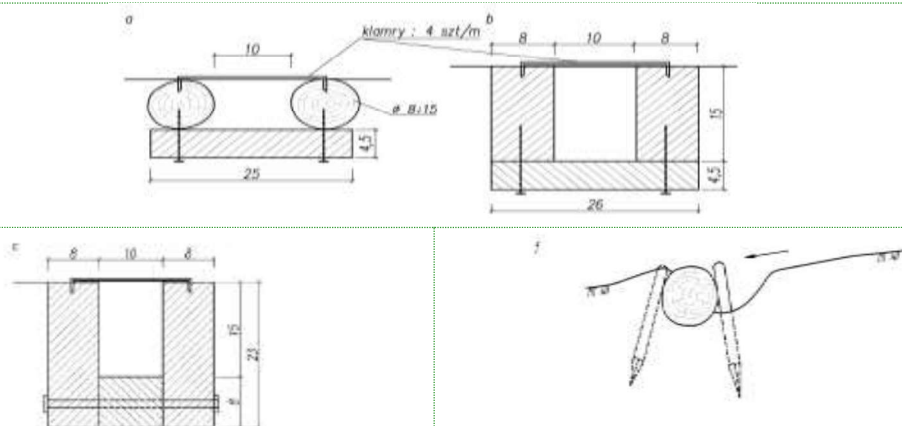
2.2.2. Zabudowa użytkowanych szlaków zrywkowych, szlaków turystycznych i dróg

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

Wodospusty

Opis zalecanych rozwiązań

Wodospusty stosuje się na drogach stokowych w terenie górskim i falistym na odcinkach dróg z niweletą w pochyleniu podłużnym i większym niż 2% z nawierzchnią gruntową i twardą nieulepszoną. Zaleca się stosowanie jednolitego nachylenia wodospustów w stosunku do osi drogi wynoszącego 30%.



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

Przykłady realizacji



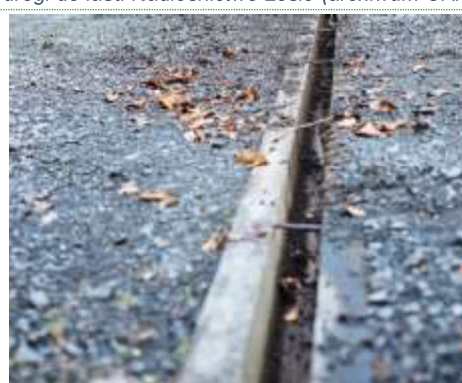
Fotografia 106. Wodospust z okrąglaków w Nadleśnictwie Gorlice, 2015 (archiwum CKPŚ).



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



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



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

Efekty w środowisku

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

Wodospust z kłód drewnianych

Opis zalecanych rozwiązań

Wodospusty składa się z dwóch elementów: całej kłody i drugiej przeciętej wzdłuż. Obie wkopuje się płytko w grunt i spaja metalowymi klamrami. W zależności od ukształtowania szlaku zrywkowego lub drogi, stosuje się je, co 50-100m. Na drogach leśnych, gdzie zimą prowadzi się odśnieżanie, przy wodospustach zaleca się wbicie wysokich palików, sygnalizujących kierowcy, miejsce w którym należy unieść pług.



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

Efekty w środowisku

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

Doły/niecki chłonne

Opis zalecanych rozwiązań

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



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

Efekty w środowisku

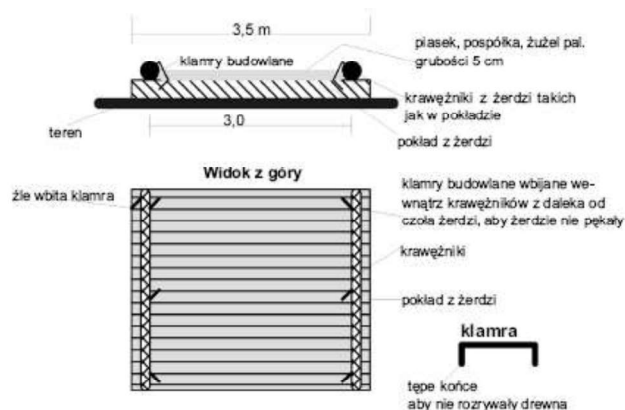
Doły chłonne zwiększają retencję glebową i zatrzymują wodę w lesie, dodatkowo pełnią funkcje mikrozbiorników (kałuż ekologicznych) zwiększających różnorodność biologiczną terenów leśnych. Czasem posadowione są na tzw. kominkach filtracyjnych (wymienionym gruncie o dużej przepuszczalności – piasek, żwir)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

Dylówka, dyłowanka, dylina

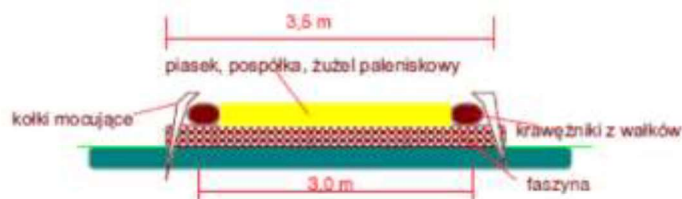
Opis zalecanych rozwiązań

Ułożone na krótkich odcinkach (w ramach Projektu do 1000 m), obok siebie i poprzecznie do osi drogi żerdzie dębowe. Krawężniki drewniane umieszczone po obu bokach drogi powinny być spięte klamrami budowlanymi. Wałki drewniane powinny zostać przysypane min. 5-10 cm warstwą piasku, pospółka lub gruntu rodzimego. Dla wydłużenia trwałości drewna, dylówki powinny być stale wilgotne.

Takie rozwiązania stosowane są na gruntach sypkich - trudno przejezdnych, o wysokim poziomie wód gruntowych lub torfach. Jako nawierzchnie można również stosować faszynę brzoową lub olchową.

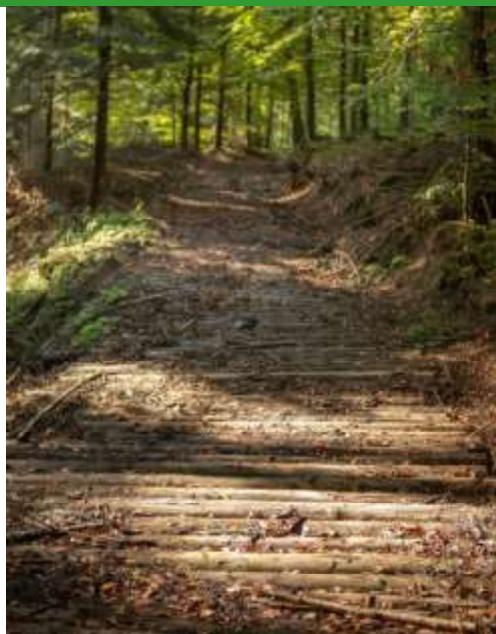


Rysunek 99. Dylówka z żerdzi dębowych [Drogi leśne 2006].



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

Przykład realizacji



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

Efekty w środowisku

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

IV. Adaptacja obiektów do zmian klimatu.

1. Dostosowanie obiektów do bardzo niskich stanów wody i susz

W ostatnich latach coraz częściej mamy do czynienia z ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi. Rok 2023 był kolejnym z rzędu rokiem o najwyższej średniej wielkości temperatur oraz najdłuższych okresach dni bez opadów. Następuje znacząca zmienność w ilości rocznych sum opadów. Dla przykładu, w 2017 roku odnotowano najwyższą sumę opadu w okresie ostatnich 10 lat znacznie ponad 700 mm, w 2016 i 2023 r. ponad 650 mm, podczas gdy w 2015 i 2018 roku było to zaledwie około 490 mm. Największa polska rzeka Wisła w ostatnich latach osiągnęła nienotowane dotąd niskie stany wody, a niektóre mniejsze ciekły wysychały całkowicie. Tendencja zmian klimatycznych wskazuje, że tego typu zjawiska będą się w przyszłości nasilać. Obrazuje to m.in. trend sukcesywnego wzrostu średniej temperatury w Polsce oraz inne dane pogodowe. Przy czym, istotnym jest to, że średnia wieloletnia suma opadów w Polsce nie zmienia się zasadniczo, ale opady te są coraz bardziej nierównomiernie rozłożone w czasie, powodując z jednej strony długie okresy niedoboru opadów, a z drugiej - okresy bardzo intensywnych opadów o gwałtownym przebiegu. Zmienność ta występuje zarówno w ciągu jednego roku, jak i w poszczególnych latach.

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

1.1. Rozwiązania możliwe do zastosowania w zbiornikach wodnych

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

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

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



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



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



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



Fotografia 121. Mikroretencja w bezodpływowych zagłębieniach terenu – kaskada zbiorników w szerokim wąwozie w Nadleśnictwie Piwniczna (archiwum CKPŚ).

Wspomniane wcześniej zagrożenia w równym stopniu dotyczą jednak wszystkich typów zbiorników. Co zatem można zastosować, by im przeciwdziałać?

Po pierwsze – **zwiększyć zasilanie w wodę** – np. w czasie wyboru lokalizacji zbiornika, a nawet w przypadku obiektów istniejących, podlegających przebudowie, należy starać się wykorzystywać wszystkie potencjalnie możliwości dostarczenia wody do zbiornika z terenu przyległego. Największe tego typu możliwości tworzą tereny górskie, zaś na terenach nizinnych (szczególnie w pobliżu pól uprawnych) sprawa staje się trudniejsza ze względu na przyspieszenie procesu eutrofizacji wraz ze wzrostem ilości biogenów. Wszystko jednak zależy od lokalnego układu terenu.

W przypadku zbiorników planowanych do wykonania na zboczach rekomendowane jest ich lokowanie tam, gdzie układ mikrozelewni sprzyja wykorzystaniu do zasilania wodą zbiornika nie tylko z cieków lub rowów stale prowadzących wodę, ale i innych nawet bardzo niewielkich cieków okresowych. W przypadku obiektów już istniejących również jest często możliwość wykorzystania cieków wcześniej omijających obiekt lub wpadających poniżej obiektu.

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



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



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

W przypadku zbiorników położonych na terenie nizinnym należy wyważyć korzyści dla ekosystemu i wady wynikające z ewentualnego doprowadzania do zbiornika wody z pól (jeżeli jest to jedyna ewentualność zwiększenia jego zasilania). Więcej na ten temat w punkcie dotyczącym eutrofizacji.

Po drugie – **ograniczyć nasilenie procesów parowania**. Właściwie jedynym sposobem jest osłonięcie zbiornika drzewami od strony, gdzie słońce operuje najsilniej i najdłużej. Sadzenie drzew w bezpośredniej bliskości zbiornika ma też ujemne skutki w postaci zwiększonej ilości liści lub igieł wpadających do wody przyspieszających procesy eutrofizacji. Temu efektowi można też częściowo przeciwdziałać stosując

urządzenia upustowe sprzyjające swobodnemu wypływowi biomasy unoszącej się na powierzchni wody. Dobrze sprawdzać się tu mogą przelewy powierzchniowe. Ponadto, istotny jest dobór gatunków drzew wokół zbiornika. O ile nie są to tereny mokradłowe, to w zależności od stref występowania, wskazanymi gatunkami mogą być wysokie drzewa iglaste nie gubiące igieł na zimę. Linia drzew nie musi być poprowadzona nad samą wodą – istotny jest tu potencjalny cień rzucany na akwen.

Po trzecie – **zastosować nieregularny przekrój dna zbiornika** – chodzi o to by dno zbiorników (szczególnie przebudowywanych starych stawów hodowlanych) nie było płaskie. Należy stosować celowo tworzone miejsca głębsze (lepiej kilka niż jedno), gdzie woda wolniej osiąga wyższą temperaturę, a w czasie ekstremalnych susz i obniżenia zwierciadła wody w czaszy utrzymuje się najdłużej, stanowiąc miejsce schronienia dla organizmów wodnych. Ponadto, w sytuacji zagrożenia całkowitego wyschnięcia wody w zbiorniku i konieczności przeniesienia żyjących tam organizmów (szczególnie gatunków chronionych) tego typu obniżenia dna sprzyjają koncentracji organizmów ułatwiając ich wyłowienie.

Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku adaptacji obiektów na cel retencji wody i rozwoju różnorodności biologicznej w ekosystemie leśnym dawnych wielkoobszarowych stawów hodowlanych o stosunkowo niewielkim piętrzeniu, płytkiej wodzie i płaskim dnie. W takich obiektach woda szybko się nagrzewa i równomiernie wysycha na dużych powierzchniach, co w czasie długotrwałych susz prowadzić może do sytuacji, w której wyginą wszystkie organizmy w danym zbiorniku. Ponadto, takie zbiorniki szybko zarastają i ekspansja roślinności nie jest niczym hamowana.



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



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

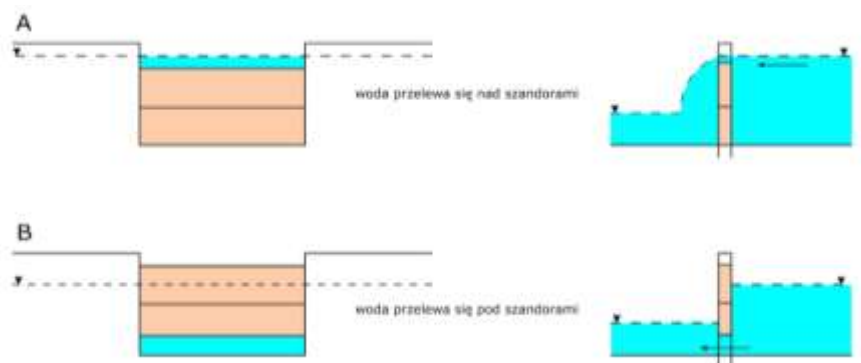
Celowe jest ukształtowanie profilu dna w sposób tarasowy, prowadzący do koncertowania wody w czasie wysychania zbiornika na coraz mniejszym obszarze kosztem zmniejszania się powierzchni lustra wody. Obszary o większej głębokości zapewniają niższą temperaturę przy dnie, a przede wszystkim dają szansę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

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

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

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

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



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

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

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

Po piąte – **przeciwdziałać procesom eutrofizacji i zamulania zbiorników.** Eutrofizacja, czyli proces wzbogacania wód w zbiornikach i ciekach w pierwiastki biofilne skutkujący wzrostem żyzności wód. Następstwami tego procesu jest masowy rozwój organizmów fitoplanktonowych (powodujących tzw. zakwity wód) i beztlenowych (saprobiontów), gromadzenie się znacznej ilości materii organicznej (namulów), ograniczenie dostępu światła słonecznego do roślinności w dnie zbiornika powodująca jej obumieranie, aż w końcu stopniowe wypłylenie akwenu.

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

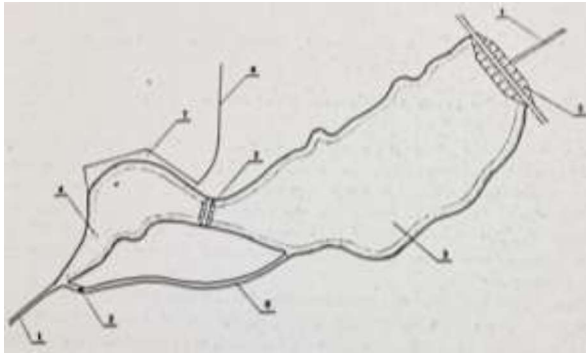
- ✓ uprawa gruntów ornych w bezpośrednim sąsiedztwie cieku/zbiornika,
- ✓ brak stref buforowych, ograniczających dopływ biogenów z pól,
- ✓ niewłaściwy kierunek uprawy roli na stokach,
- ✓ intensywna produkcja rolna (bez przedplonów i poplonów),
- ✓ produkcja zwierzęca w tym wypas bydła.

W pewnym stopniu do eutrofizacji przyczyniać się może także niewłaściwie prowadzona gospodarka leśna:

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

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

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



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

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

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



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



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

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



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



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

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

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

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



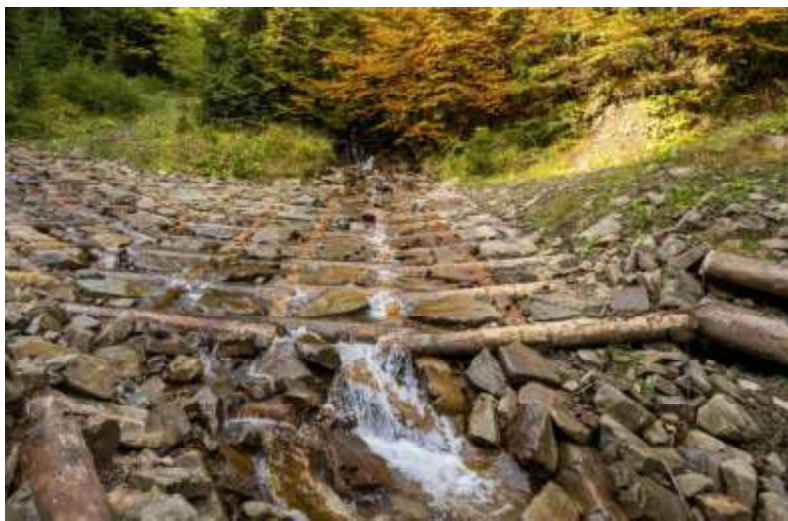
Fotografia 130. Błędnie zaprojektowana rzędna dna ograniczająca migrację ryb podczas niszów [Kosicki 2011].

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

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

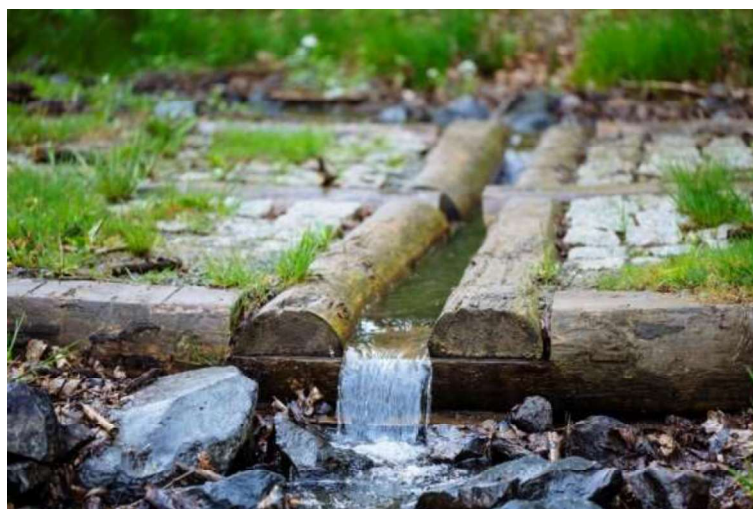
Podobny problem występuje także w odniesieniu do **brodów**. Ma to miejsce w sytuacjach, gdy bród cechuje się płaską płaszczyzną pokładu, rozprawiającą ciekłą warstwę wody po całej swojej powierzchni.

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



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

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



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

Zarówno w przypadku **bystrzy oraz brodów z progiem i progów** istotnym jest także analogiczne ukierunkowanie przepływu niskich stanów wody w formie skoncentrowanej w jednym miejscu.

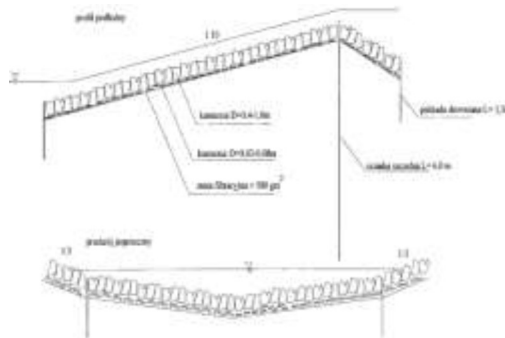


Fotografia 133. Próg powyżej brodu ukierunkowujący wodę na bród (archiwum CKPŚ).



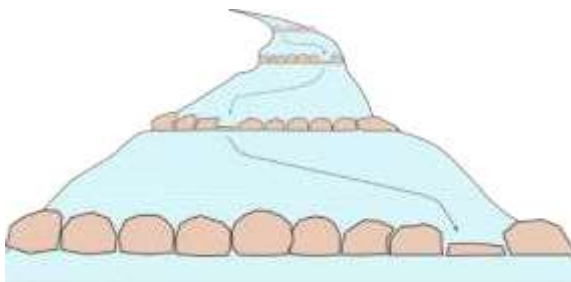
Fotografia 134. Próg z obniżonym przelewem w Nadleśnictwie Solec Kujawki, fot. J. Smarczewski, 2023.

Przykład przekroju poprzecznego V-kształtnego progów z pochylną (bystrzem) poniżej.



Rysunek 103. V-kształtny przekrój poprzeczny bystrza [Radecki-Pawlik 2008, 2009].

W przypadku kaskady **progów** również koniecznym jest wyposażenie ich w przelewy na małą wodę, najlepiej naprzemiennie. Efektem zastosowania takiej konstrukcji jest odkładanie się osadów, tworzące efekt meandrowania oraz powodujących spowolnienie przepływu i wytracenie energii wody.



Rysunek 104. Progi kamienne z naprzemiennymi przelewami - rys. K. Guzek, P. Włodarczyk.



Fotografia 135. Kaskada bardzo niskich progów łatwa do pokonania dla organizmów wodnych, z nieckami poniżej progów, brak przelewów na małą wodę (archiwum CKPŚ).

Przedstawione na zdjęciach powyżej rozwiązanie z belek drewnianych ma znaczenie pod kątem dostosowania progów do migracji ryb. Poniżej progów tworzy się stale zasilana niecka (przestrzeń) z wodą, która rybom pokonującym próg pozwala na

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

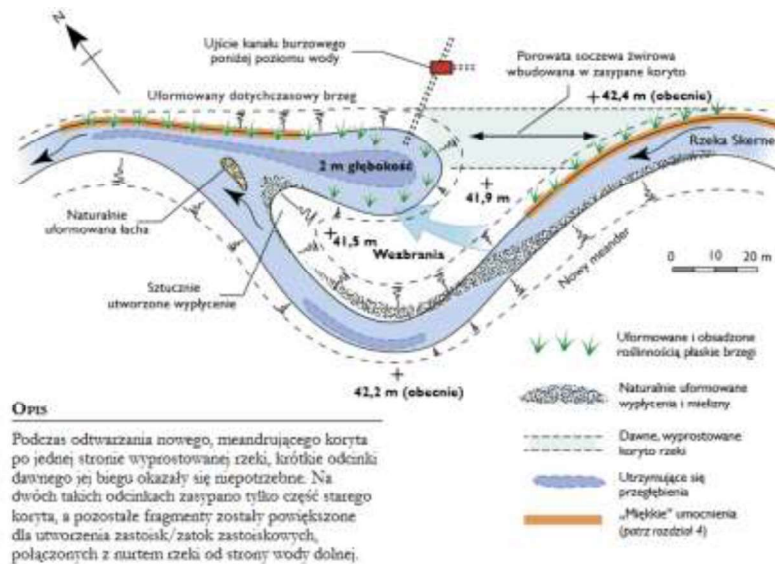


Fotografia 136. Podmyty próg w rok po wybudowaniu. Brak umocnienia niecki wypadowej (archiwum CKPŚ).

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

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

W zależności od ukształtowania i dostępności terenu możliwe jest tworzenie zatok zastoiskowych lub mikrozbiorników/kałuż ekologicznych. W przypadku cieków silnie meandrujących często wykorzystuje się do ich utworzenia starego odciętego meandru, starorzecza lub innego pobliskiego obniżenia terenu tuż przy korycie. Funkcją zatoki zastoiskowej jest głównie umożliwienie rozrodu i żerowania organizmom w spokojnej wodzie, a w przypadku niżówek i susz, o ile głębokość zatoki jest większa niż koryta cieku, może się ona okazać miejscem przetrwania niektórych organizmów wodnych do czasu kolejnych opadów. Czas utrzymywania się wody w zatoce w każdym przypadku będzie inny i dużo zależy od jej zacienienia i rodzaju podłoża. Niekiedy podłoże będzie mocno przepuszczalne i odcięcie zasilania przez wyschnięcie cieku w niedługim czasie doprowadzi do wyschnięcia zatoki. Ale w przypadku gruntów mniej przepuszczalnych i naturalnego uszczelnienia dna zatoki przez namuły woda stagnować może przez dłuższy czas.



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

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



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

Podobnym rozwiązaniem są mikrozbiorniczki. Mają one mniejsze powiązanie morfologiczne z ciekim niż zatoka, ale w czasie niżówek spełnią podobną funkcję. Wybór rozwiązania zależy w dużej mierze od ukształtowania terenu i rodzaju podłoża.



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

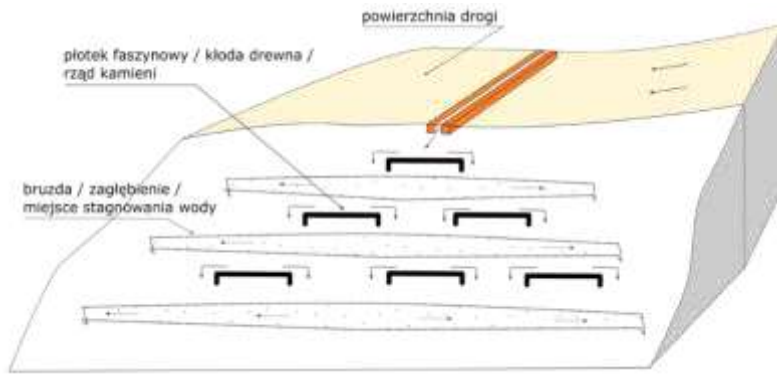
1.4. Przechwycenie i zmagazynowanie w środowisku wody z dróg i szlaków zrywkowych.

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



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

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



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

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



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

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

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

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

2.1. Adaptacja dawnych obiektów

Jednym z przykładów są zrealizowane w Nadleśnictwie Międzylesie zbiorniki suche na cieku z przelewami szczelinowymi (nieprzerwywającymi ciągłości ekologicznej i transportu rumoszu), powstałe na zaadaptowanych historycznych obiektach do spławu drewna. Wiele takich pozostałości zbiorników istnieje jeszcze w terenie górskim. Zastosowane rozwiązania są bezobsługowe, zbiorniki opróżniają się samoczynnie i mają wpływ na spłaszczenie fali powodziowej w zlewni poniżej w czasie gwałtownych wezbrań.



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



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

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

2.2. Ograniczenie ryzyka zatkania przepustów rumoszem

Wcześniej do ochrony przepustów podatnych na zatykanie stosowano zapory przeciwrumowiskowe. To rozwiązanie można zobaczyć dość często w górach – tego typu przykład pokazuje zdjęcie oczyszczonej zapory chroniącej konstrukcję przepustu

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



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

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

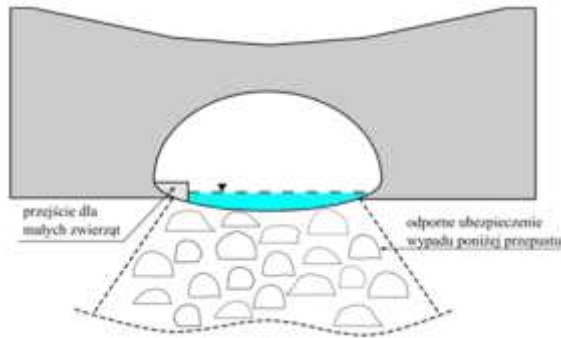


Fotografia 146. i Fotografia 147. Przebudowa przepustu na nowoczesną konstrukcję odporną na zatkanie rumoszem Nadleśnictwa Baligród (archiwum CKPŚ).

2.3. Przepust z umocnionym przelewem na powierzchni drogi

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

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



Rysunek 107. Schemat przepustu z przelewem górnym.



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

2.4. Dodatkowe przelewy na wody wezbraniowe

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



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

2.5. Barierki na mostach i przepustach

Konstrukcja barierki na obiektach mostowych lub przepustach wydaje się mało istotna z perspektywy bezpieczeństwa całego obiektu. Analiza strat powodziowych pokazuje jednak, że w wielu przypadkach do zerwania przeprawy mostowej lub wymycia znacznych wyrw w korpusie drogi dochodzi wówczas, gdy obiekt ten posiada zbyt gęstą i mocno utwardzoną barierkę. Dzieje się tak w sytuacjach, gdy potężne masy wody nie mieszczą się już w świetle obiektu, a dodatkowo woda niesie dużą ilość rumoszu drzewnego w postaci gałęzi, konarów a nawet całych drzew i śmieci. Rumosz ten zatyka światło mostu lub przepustu, a gdy woda zaczyna przelewać się górami, rumosz zatrzymuje się na barierce. Duża ilość tak zatrzymanego rumoszu tworzy zapórę podnoszącą dodatkowo poziom wody. Siła naporu jest tak duża, że może dojść do zniszczenia całego obiektu wraz z przyczółkami. Najbardziej zagrożone są obiekty drewniane, o małej masie, często filarach ulokowanych w korycie. Poniższe zdjęcia pokazują rozmyte mosty betonowe i rozmiary rumoszu drzewnego osadzającego się na barierkach. Daje to wyobrażenie o sile niszczącej wody. W obu prezentowanych przypadkach mosty wyrwane zostały z przyczółków, ale barierki przetrwały.



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



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

Poniżej przedstawiono przykład pozornie mało wytrzymałego mostu drewnianego na szlaku zrywkowym w Nadleśnictwie Zdroje, który przetrwał powódź w 1997 roku, w stanie nienaruszonym, pomimo gwałtownego wezbrania i przelewania się mas wody aż o 1 m powyżej jego korony. Warto tu zwrócić uwagę na trzy elementy:

- most jest wykonany ze stosunkowo cienkich elementów drewnianych przez co jego powierzchnia boczna nie stawia zbyt dużego oporu przepływającej wodzie,
- most jest dobrze zakotwiczony w terenie dzięki naturalnym umocnieniom jego przyczółków korzeniami i pniami dorodnych drzew;
- most w ogóle nie posiada barierki, ma duże światło oraz nie posiada filarów.



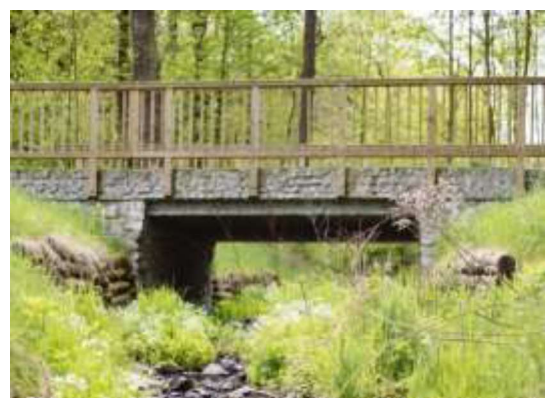
Fotografia 152. Mostek w Nadleśnictwie Zdroje ocalały w stanie nienaruszonym po przejściu fali powodziowej o metr nad nim w 1997 roku, fot. B. Noga (archiwum CKPŚ).

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

Na poniższych zdjęciach widać różnice w „gęstości” zabudowy barieriek. Na moście po prawej stronie jest duża liczba poziomych desek, które nie są niezbędne konstrukcyjnie, a w czasie ekstremalnego wezbrania mogą stanowić tamę zagrażającą bezpieczeństwu obiektu. Most po lewej stronie ma stosunkowo dużo wolnej przestrzeni i do opisanych zagrożeń dojdzie na tym obiekcie wolniej lub wcale. Istotne jest również sposób ich mocowania.



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



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

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

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

2.6. Drewniane zapory przeciwrumowiskowe na ścieżkach spływu wód powierzchniowych

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



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

Tego rodzaju zapory zależnie od wielkości obiektu, układu brzegów wąwozu i podłoża, mają różne konstrukcje przyczółków. W miejscach, gdzie ściany wąwozu nie dają właściwego oparcia dobrym rozwiązaniem są zapory kaszycowe. Zapory takie buduje się z bali drewnianych, łączonych w poziome klatki. Klatki z bali wypełnia się następnie kamieniem łamanym, który może być narzucony luzem. Klatki mają pionowe ściany główne: przednią (odpowietrzną) i tylną (odwodną) oraz ściany poprzeczne, służące do powiązania ścian głównych, w odstępach równych lub nieco większych od odległości pomiędzy ścianami głównymi. W wielu przypadkach budowane są obiekty posiadające tylko przednią ścianę główną bez ściany tylnej. Wtedy bale ścian pochylają się ku tyłowi.

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ



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

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

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

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

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

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

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

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

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

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

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

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

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

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

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ

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