



Poradnik utrzymania rowów oraz konstrukcji urządzeń w celu ochrony i retencji wody w lasach

2020-02-26



Autorzy

Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Samuli Joensuu, Antti Leinonen, Elisabet Andersson, Anneli Ågren, Dovilė Čiuldienė, Zane Lībiete, Anja Lomander, Edward Pierzgalski, Eva Ring and Ulf Sikström (POZENA sp. z o.o. sp.k., Tłumaczenie)

Okładka

Zdjęcie: Mariusz Ciesielski

Spis treści

Streszczenie	5
Przedmowa	6
Konserwacja sieci odwadniającej a ochrona wód	7
1.1 Wstęp	7
1.2 Planowanie urządzeń ochrony wód	7
1.2.1 Wybór obszaru do konserwacji rowów	8
1.2.2 Mapa obszaru	8
Obszar zlewni i lokalizacja cieków wodnych	8
Identyfikacja rowów odwadniających i zbiorczych	8
Rozstaw i trasa rowów	8
1.2.3 Planowanie obiektów ochrony wód	11
1.2.4 Planowanie realizacji urządzeń ochrony wód	11
1.3 Urządzenia ochrony wód	12
1.3.1 Nieoczyszczone rowy i odcinki rowów	12
Zadania	12
Lokalizacja rowów	13
Rowy odwadniające:	13
Rowy zbiorcze:	14
1.3.2 Doły sedymentacyjne	14
Funkcja i lokalizacja	14
Materiały i budowa	14
Monitorowanie i konserwacja	14
1.3.3 Bystrotoki i progi	15
Funkcja i lokalizacja	15
Budowa	15
Materiały	17
Monitorowanie i konserwacja	17
Po zakończeniu prac budowlą musi prawidłowo funkcjonować.	17
1.3.4 Obiekty kontroli przepływu kulminacyjnego (PFC)	17
Zadania	17
Lokalizacja	18
Budowa	18
Podczas budowy należy zwrócić uwagę na następujące kwestie:	21
Monitorowanie i konserwacja	21
1.3.5 Mokradłowe strefy buforowe	22
Zadania	22

Lokalizacja	22
Budowa	23
Materiały	24
Monitorowanie i konserwacja	24
1.3.6 Stawy sedimentacyjne	24
Zadania	24
Lokalizacja	25
Budowa	25
Potrzebne materiały	28
Monitorowanie i konserwacja	28
Odpływ regulowany i retencja wody w lasach	30
2.1 Wstęp	30
2.2 Budowle piętrzące	30
2.2.1 Budowle ze stałym piętrzeniem	30
2.2.2 Budowle ze zmiennym piętrzeniem	33
2.2.3 Urządzenia retencyjne	34
2.2.4 Renaturyzacja mokradeł	36
Wykaz terminów	38
Bibliografia	40
Załącznik 1	41

Streszczenie

Leena Finér¹, Laura Härkönen^{2,3}, Juha Jämsén⁴, Samuli Joensuu², Antti Leinonen⁴, Elisabet Andersson⁵, Anneli Ågren⁶, Dovilė Čiuldienė⁷, Zane Lībiete⁸, Anja Lomander⁵, Edward Pierzgałski⁹, Eva Ring¹⁰ i Ulf Sikström¹⁰

¹Instytut Zasobów Naturalnych w Finlandii (Luke), Finlandia

²Tapio Oy, Finlandia

³Fiński Instytut Ochrony Środowiska (SYKE), Finlandia

⁴Fińskie Centrum Leśne, Finlandia

⁵Szwedzka Agencja Leśna, Szwecja

⁶Szwedzki Uniwersytet Rolniczy (SLU), Szwecja

⁷Litewskie Centrum Rolnictwa i Leśnictwa (LRCAF), Litwa

⁸Łotewski Państwowy Instytut Badawczy Leśnictwa (Silava), Łotwa

⁹Instytut Badawczy Leśnictwa (IBL), Polska

¹⁰Szwedzki Instytut Badawczy Leśnictwa (Skogforsk), Szwecja

Utrzymanie sieci rowów (Ditch network maintenance – DNM) ma na celu podtrzymywanie lub polepszanie wzrostu drzew. Celem DNM jest lepsze funkcjonowanie rowów szczególnie w okresach, gdy wysoki poziom wód gruntowych utrudnia ten wzrost. Prace konserwacyjne (DNM) powinny być uzasadnione ekonomicznie, a ich szkodliwy wpływ na jakość wody należy minimalizować. Przy ocenie skutków DNM należy brać pod uwagę ochronę jakości wód. W niniejszym poradniku podano wskazówki techniczne dotyczące konstrukcji i budowy obiektów służących ochronie wód. Obiekty te zostały szczegółowo opisane w raporcie „Dobre praktyki w zakresie utrzymania sieci rowów odwadniających w celu ochrony jakości wód w regionie Morza Bałtyckiego” (Finér i in. 2018). Ich zadaniem jest ograniczenie transportu rumowiska zawieszonego (SS), azotu (N) i fosforu (P) do cieków wodnych poza obszarem objętym pracami utrzymaniowymi, zarówno w trakcie ich prowadzenia, jak i po ich zakończeniu. Oprócz obiektów służących ochronie jakości wód, w niniejszym poradniku skrótowo przedstawiono także przykłady urządzeń stosowanych w celu zwiększania retencji wody w siedliskach leśnych. Należy podkreślić, że konieczność retencji wody w lasach będzie wzrastać z powodu zmian klimatu.

Przedmowa

Niniejsza instrukcja została opracowana w ramach projektu WAMBAF Tool Box (Wdrożenie rezultatów projektu WAMBAF), wykonywanego w ramach programu Unii Europejskiej Interreg Region Morza Bałtyckiego w okresie kwiecień 2019 - lipiec 2021. Projekt WAMBAF Tool Box jest kontynuacją projektu WAMBAF, który realizowano w okresie od marca 2016 r. do lutego 2019 roku. Został on zainicjowany w celu rozwiązania problemów z jakością wody po przeprowadzeniu działań związanych z gospodarką wodną w regionie Morza Bałtyckiego. Pierwszą wersję podrozdziałów 1.3.1 i 1.3.5 napisał Antti Leinonen, podrozdziały 1.3.2 i 1.3.6 – Laura Härkönen i Samuli Joensuu, a punkt 1.3.4 – Juha Jämsén. Rozdział 2 dotyczący retencji wody napisał Edward Pierzgalski. Leena Finér zredagowała i opracowała instrukcję, a wszyscy współautorzy mieli udział w jej powstaniu.

Słowa kluczowe: urządzenia piętrzące, konserwacja rowów, kontrola przepływu kulminacyjnego, torfowisko, zrewitalizowane mokradła, zbiornik retencyjny, dół sedimentacyjny, staw sedimentacyjny, rów nieoczyszczony, ochrona wód, retencja wody, mokradłowe strefy buforowe

Odniesienie do tekstu oryginalnego w języku angielskim:

Finér, L., Härkönen, L., Jämsén, J., Joensuu, S., Leinonen, A., Andersson, E., Ågren, A., Čiuldienė, D., Lîbiete, Z., Lomander, A., Pierzgalski, E., Ring, E. & Sikström, U. 2020. Manual for constructing water protection structures at ditch network maintenance sites and for water retention in forests. Natural resources and bioeconomy studies 66/2020: 37 p. Natural Resources Institute Finland. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-045-8>

Konserwacja sieci odwadniającej a ochrona wód

1.1 Wstęp

Podstawowym celem utrzymania sieci rowów (DNM) jest podtrzymywanie lub poprawa wzrostu drzewostanów poprzez odpowiednie funkcjonowanie systemu odwadniającego. DNM powinno być uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia, a jego szkodliwy wpływ na jakość wody należy minimalizować. Przy ocenie potrzeby DNM należy brać pod uwagę ochronę jakości wód. Algorytm oceny potrzeby konserwacji rowów obejmuje kilka etapów, które streszczono w Załączniku 1, a które szczegółowo opisała Finér i in. (2018).

W niniejszym dokumencie przedstawiono instrukcje techniczne i materiały potrzebne do wykonania obiektów ochrony wód opisanych przez Finér i in. (2018). Celem tych obiektów ochrony wód w regionie Morza Bałtyckiego jest ograniczenie transportu materiału zawieszonego (SS), azotu (N) i fosforu (P) do cieków wodnych w trakcie i po zakończeniu DNM na gruntach leśnych.

Podczas wykonywania prac w ramach DNM należy przestrzegać przepisów krajowych, a w przypadku lasów certyfikowanych, przestrzegać także krajowych standardów certyfikacji lasów.

Mamy nadzieję, że niniejsza instrukcja będzie pomocna w codziennej pracy zarządzających lasami i środowiskiem oraz innych osób zaangażowanych w praktyczne działania w ramach DNM w regionie Morza Bałtyckiego. Definicje stosowanych terminów znajdują się w wykazie zamieszczonym na końcu niniejszego Poradnika..

1.2 Planowanie urządzeń ochrony wód

Ochrona jakości wody poprzez zmniejszenie uwalniania i transportu materiału zawieszonego i składników biogenych z odwodnionych terenów leśnych podczas prac konserwacyjnych obejmuje głównie:

- i) nadzorowanie systemu odwadniającego, tj. długości oczyszczanych istniejących rowów oraz ewentualnych nowych rowów uzupełniających, a także głębokości, szerokości i nachylenia tych rowów;
- ii) zmniejszenie prędkości wody w celu ograniczenia erozji gleby w rowach;
- iii) wychwytywanie materiału zawieszonego i składników odżywczych uwalnianych w trakcie lub po pracach konserwacyjnych, zanim dostaną się one do odbiorczego cieku wodnego.

Ogólnie rzecz biorąc, bardzo ważne jest, aby ograniczyć erozję gleby w rowach, ponieważ w przypadku jej wystąpienia trudno jest wychwycić i zatrzymać erodowany materiał. Intensywność odwadniania, prędkość wody i natężenie erozji można kontrolować pozostawiając niektóre rowy lub ich odcinki nieoczyszczone oraz unikając pogłębiania rowów. Prędkość wody i zjawisko erozji można również kontrolować budując budowle piętrzące i obiekty kontroli przepływu kulminacyjnego. Ponadto obiekty te oraz doły i stawy sedymentacyjne mogą wychwytywać materiał zawieszony i powiązane składniki biogenne transportowane z wodą. Mokradłowe strefy buforowe również wychwytyują rozpuszczone składniki biogenne z wyjątkiem materiału zawieszonego. W miarę możliwości w każdym obszarze objętym DNM należy stosować kilka środków i obiektów ochrony wód. Planując ochronę wód, należy zwrócić szczególną uwagę na obszary, w których woda odprowadzana jest do wysoce wrażliwego lub cennego zbiornika wodnego. Proces planowania powinien obejmować cztery etapy przedstawione

w podrozdziałach 1.2.1–1.2.4. Pomimo tego, że etapy „ustalania potrzeby DNM” oraz „mapowania” odwadnianego terenu są od siebie zależne i stanowią częściowo interaktywny proces, opisano je w dwóch oddzielnych punktach.

1.2.1 Wybór obszaru do konserwacji rowów

Potrzebę DNM należy ustalić z zachowaniem należytej staranności. Należy wybierać tylko takie miejsca, w których DNM ma za zadanie podtrzymywać lub polepszać wzrost drzew i jest uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia. Przykładowy schemat pomagający w podjęciu decyzji znajduje się w Załączniku 1. Szczegółowe informacje na temat sposobu przeprowadzenia oceny i ustalenia stopnia pilności przedstawiono w pracy Finér i in. (2018).

Jeśli chodzi o poziom wód gruntowych zapewniający odpowiedni wzrost drzew w odwodnionym terenie leśnym, sugeruje się, aby w późnym okresie wegetacji by on co najmniej 35-40 cm pod powierzchnią terenu lub głębiej (Finér i in. 2018 i zawarte tam referencje). Dlatego też, płytszy poziom może stanowić wystarczający powód, aby przeprowadzić prace DNM.

1.2.2 Mapa obszaru

Obszar zlewni i lokalizacja cieków wodnych

Wyznaczyć na mapie topograficznej cały obszar zlewni oraz obszar odwadniany (rys. 1). Można to zrobić na przykład studiując istniejące mapy cieków i rowów w zlewni lub korzystając z cyfrowych narzędzi do wyznaczania zlewni. Po zidentyfikowaniu całego obszaru zlewni z obszarem potencjalnego DNM, należy wyznaczyć lokalizację wszystkich cieków wodnych i rowów. Pomóc w tym mogą istniejące narzędzia GIS, mapy, stare plany odwodnienia i zdjęcia lotnicze. Konieczne jest również przeprowadzenie w terenie oceny funkcjonowania istniejącej sieci rowów. Dodatkowo należy poddać ocenie znajdujące się poza obszarem DNM cieki wodne odbierające wodę i określić konieczność ich ochrony.

Identyfikacja rowów odwadniających i zbiorczych

Podczas planowania rodzaju, liczby i lokalizacji projektowanych urządzeń ochrony wód istotne jest podzielenie istniejących rowów na dwie kategorie: rowy odwadniające i rowy zbiorcze (rys. 1). Zadaniem rowów odwadniających jest obniżenie poziomu wód gruntowych w ich najbliższym otoczeniu. Rowy zbiorcze zbierają wodę z rowów odwadniających – zachowując tym samym funkcję odwadniania – i odprowadzają ją z odwadnianego miejsca. Na terenie DNM mogą znajdować się też rowy opaskowe, które mają na celu powstrzymanie przedostawania się wody z górnej części zlewni do obszaru DNM: do obiektów ochrony wód powinna być odprowadzana wyłącznie woda z obszaru DNM.

Rozstaw i trasa rowów

Określić obszar odwadniany przez poszczególne rowy i ich spadek na całej ich długości, a także rodzaj i teksturę gruntu w dnach i skarpach rowów i brzegach (patrz terminologię w opisie rys.1).

Informacje te są potrzebne do planowania DNM i ochrony wód. Dokładne informacje na temat rodzaju gruntu należy zebrać podczas wizyty w terenie, ponieważ rozdzielczość istniejących map rodzajów gruntu może być niewystarczająca. Na przykład, jeśli nachylenie dna rowu jest bardziej strome niż zalecane dla wytrzymałości gruntu na ścinanie, ryzyko erozji jest znacznie większe. Ponadto rzeczywista powierzchnia odwadniania rowów jest uzależniona od współczynnika filtracji gruntu, tj. zdolności gruntu do przesączania wody.

W Finlandii skuteczne odwodnienie osiąga się w granicach średnio 20–25 m po obu stronach rowów. Jeżeli rozstawa rowów jest większa niż 80 m, a wykopanie nowych rowów uzupełniających nie jest możliwe, należy zaniechać przeprowadzania DNM, ponieważ wpływ na odwadnianie będzie prawdopodobnie niewystarczający. Nie zaleca się utrzymywania pojedynczych odizolowanych rowów, ponieważ w ich przypadku bezpośrednie odwadnianie ogranicza się do ich najbliższego otoczenia. Ponadto często znajdują się one w miejscach, gdzie powinny one odprowadzać wodę z większego obszaru, co może przyczynić się do powstania poważnego ryzyka erozji. Z drugiej strony, jeśli takie pojedyncze rowy transportują duże ilości wody, zazwyczaj pomaga to utrzymać ich wystarczający przepływ od czasu pierwszego wykonaniu rowu.

Należy również uwzględnić trasę rowów: jeśli rowy w obszarze DNM są zorientowane wzdłuż nachylenia terenu (tj. są prostopadle do warstwic), odwodnienie nie jest optymalne, a erozja podczas przepływów kulminacyjnych może być zbyt wysoka. Aby uzyskać optymalne odwodnienie i zmniejszyć ryzyko erozji, rowy powinny być poprowadzone prostopadle do głównego nachylenia, a spadek podłużny rowu powinien wynosić 0,2-0,5%. Jeśli trasa istniejącej sieci rowów nie jest optymalna pod względem efektywności odwadniania i stwarza ryzyko erozji, należy ponownie rozważyć przydatność DNM na danym obszarze.



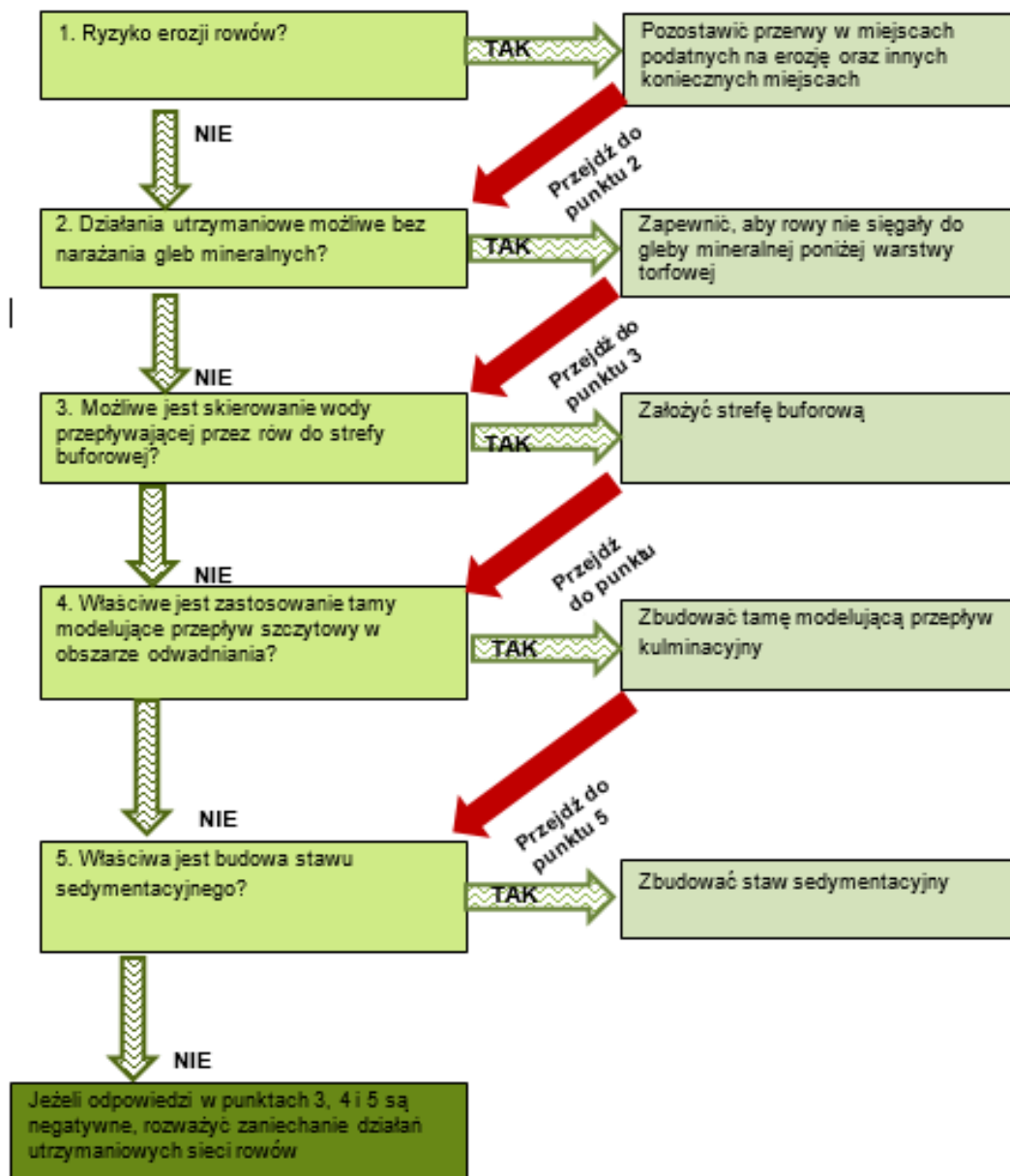
LEGENDA

- | | | | |
|--|--------------------|--|---------------------------------|
| | bufor mokradłowy | | rów opaskowy |
| | dół sedimentacyjny | | obszar utrzymania sieci rowów i |
| | zablokowany rów | | oczyszczania |
| | rów odwadniający | | obszar z pracami DNM |
| | rów zbiorczy | | obszar zlewni |

Rys. 1 Górna mapa przedstawia zlewnię (niebieska linia) położoną na południu Finlandii. Wewnątrz tej zlewni (czarna przerywana linia) znajduje się obszar utrzymania sieci rowów i oczyszczania Kupittaansuo. Dolna mapa przedstawia zbliżenie na obszar Kupittaansuo. Różne rodzaje rowów i obiektów ochrony wód oznaczone są symbolami (zielony symbol oznacza bufor mokradłowy, czerwony dół sedimentacyjny, czarny zablokowany rów, linia czerwona rów opaskowy, niebieskim kolorem zaznaczono obszar z pracami DNM). Mapy opracowane przez Krajowe Centrum Geodezji w Finlandii i Antti Leinonen.

1.2.3 Planowanie obiektów ochrony wód

Schemat ilustrujący logiczną kolejność planowania i doboru obiektów ochrony wód na obszarach DNM przedstawiono na rys. 2.



Rys.2. Schemat blokowy przedstawia porządek logiczny planowania różnych struktur ochrony wód w obszarach działań utrzymaniowych sieci rowów, gdzie czynności utrzymaniowe okazały się odpowiednim rozwiązaniem. Schemat blokowy z Finér i in. (2018).

1.2.4 Planowanie realizacji urządzeń ochrony wód

Rowy, które mają zostać oczyszczone oraz rodzaj i lokalizację obiektów ochrony wód najlepiej udokumentować na mapie obszaru DNM (rys. 1). Mapę wraz z instrukcjami realizacji DNM należy z wyprzedzeniem przekazać operatorowi maszyny. Pierwszym zadaniem w ramach DNM jest wykonanie obiektów ochrony wód, które mają wychwytywać erodowany materiał. Należy unikać przeprowadzania działań związanych z DNM w okresach wysokiego przepływu wody. Jeżeli planowane jest również

pozyskiwanie drewna na obszarze DNM, obie te operacje należy przeprowadzić jednocześnie. Drzewa rosnące wzdłuż rowów i potencjalnie utrudniające prace w ramach DNM można usunąć przy okazji działań związanych z pozyskiwaniem drewna. Ponadto wszelkie pozostałości po wyrębie pozostawione w rowach podczas zbioru można również usunąć podczas DNM.

1.3 Urządzenia ochrony wód

W punktach 1.3.1 do 1.3.6 podano instrukcje techniczne i wykazy materiałów potrzebnych do wykonania opisanych obiektów ochrony wód. Ponadto przedstawiono też przewidywaną funkcję i odpowiednią lokalizację każdego obiektu. Omówiono również konieczność monitorowania i konserwacji w celu zapewnienia ich optymalnego funkcjonowania.

Nasza wiedza na temat skuteczności nieoczyszczonych rowów i odcinków rowów, dołów sedymentacyjnych i bystrotoków w ograniczaniu transportu N, P i SS do wód powierzchniowych opiera się głównie na doświadczeniu praktycznym. Istnieje wiele badań eksperymentalnych pokazujących skuteczność obiektów PFC, mokradłowych stref buforowych i stawów sedymentacyjnych w ochronie wód (patrz Finér i in. 2018 oraz Nieminen i in. 2018 i zawarte tam referencje).

1.3.1 Nieoczyszczone rowy i odcinki rowów

Zadania

Aby uniknąć erozji i transportu materiału zawieszonego do odbiornika wodnego, należy krytycznie ocenić rzeczywiste zapotrzebowanie na DNM dla każdego rowu oddzielnie. Aby osiągnąć wydajne odwadnianie przy minimalnym oczyszczaniu rowu, można pozostawić przerwy i nieoczyszczone rowy w obrębie obszaru DNM (rys. 3). Zadaniem takich nieoczyszczonych rowów i odcinków rowów jest zmniejszenie prędkości wody, a tym samym transportu rumowiska zawieszonego z obszaru DNM.



Rys.4. Przykłady rowu odwadniającego (po lewej) i rowu zbiorczego (po prawej) w miejscach, w których wykonanie rowów przyczyniło się do wzrostu lasów w Szwecji. Niektóre odcinki rowów pozostawiono nieoczyszczone, a doły sedymentacyjne wykopano co 100-200 metrów wzdłuż rowów. Zdjęcia: Bo Leijon.

Lokalizacja rowów

Podział na rowy odwadniające i rowy zbiorcze (patrz pkt 1.2.2 i rys. 1) pomaga w ocenie potrzeby utrzymania poszczególnych rowów. Zestaw reguł (dla obu kategorii) podano poniżej.

Rowy odwadniające:

- Jeśli poziom wód gruntowych przed czyszczeniem jest głębszy niż 35–40 cm w odległości 20–25 m od rowu, należy rozważyć pozostawienie go nieczyszczonego.
- Należy pozostawić nieoczyszczone odcinki rowów, gdzie spadek rowu przekracza około 0,5% lub gdy występują oznaki erozji na brzegach lub dnie rowów.
- Odcinki nieoczyszczonych rowów powinny mieć co najmniej 10 m długości. W przeciwnym razie nieoczyszczona część może zostać wypłukana.
- Przed podłączeniem rowu odwadniającego do rowu zbiorczego należy rozważyć pozostawienie nieoczyszczonych odcinków.

-
- Należy pamiętać, że nieoczyszczony odcinek może podnieść poziom wody w rowie odwadniającym i miejscowo wpłynąć na poziom wód gruntowych i wzrost drzew.
 - Aby zminimalizować ryzyko erozji w rowach odwadniających, nie należy do nich kierować wody spoza obszaru odwadniania. (Dotyczy to wód odwadnianych np. z rowów przydrożnych, rowów na gruntach rolnych, starych rowów poza obszarem odwadniania itp.).

Rowy zbiorcze:

- Przepływ wody w rowach zbiorczych jest często wyższy niż w rowach odwadniających, co powoduje, że ryzyko erozji rowów zbiorczych jest znacznie wyższe w porównaniu z rowami odwadniającymi.
- Rowów zbiorczych na ogół nie należy oczyszczać, ponieważ pożądanym efektem odwodnienia zapewniają rowy odwadniające, a ryzyko erozji rowów zbiorczych jest prawdopodobnie wysokie. Zaleca się unikać czyszczenia takiego rowu szczególnie w przypadkach, gdy rów zbiorczy odprowadza wodę przez odwadniany obszar. Jeżeli pozostawienie rowów zbiorczych w stanie nienaruszonym nie jest możliwe, należy oczyścić tylko te rowy lub odcinki rowów zbiorczych, które są niezbędne do ich funkcjonowania i utrzymania w okresie wegetacyjnym poziomu wody w obszarze odwodnienia 35–40 cm poniżej powierzchni gruntu.
- Podczas okresów topnienia śniegu i intensywnych opadów deszczu poziom wody w rowach zbiorczych może się podnieść bez wpływu na wzrost drzew na odwadnianym obszarze.
- Aby ułatwić identyfikację rowów zbiorczych, można użyć różnych zestawów danych GIS, które reprezentują akumulację przepływu lub kolejność przepływu w kanałach..

1.3.2 Doły sedymentacyjne

Funkcja i lokalizacja

Doły sedymentacyjne to rozszerzenia koryta wykopane w rowach odwadniających (rys. 4). Wykonuje się je w odstępach około 100 m i tuż przed każdym skrzyżowaniem rowów odwadniających. Objętość dołów sedymentacyjnych zwykle waha się od jednego do dwóch metrów sześciennych. Doły sedymentacyjne mogą zatrzymywać grube cząstki rumowiska zawieszonego podczas i po zakończeniu działań DNM. Ponieważ doły sedymentacyjne są dość małe, ich zdolność retencyjna jest bardzo ograniczona, a osadzony materiał może zostać wypłukany, na przykład w okresach wysokiego przepływu wody. Dlatego też przed rozpoczęciem prac należy rozważyć, czy ich budowa jest uzasadniona.

Materiały i budowa

Materiały nie są potrzebne. Doły sedymentacyjne wykopuje się za pomocą koparki..

Monitorowanie i konserwacja

Monitorowanie ani konserwacja nie są wymagane. Doły sedymentacyjne mogą zatrzymywać grube cząstki materiału zawieszonego podczas działań w ramach DNM.



Rys.4. Doły sedymencyjne w rowach odwadniających w południowej Szwecji. Zdjęcia: Eva Ring (po lewej) i Anja Lomander (po prawej).

1.3.3 Bystrotoki i progi

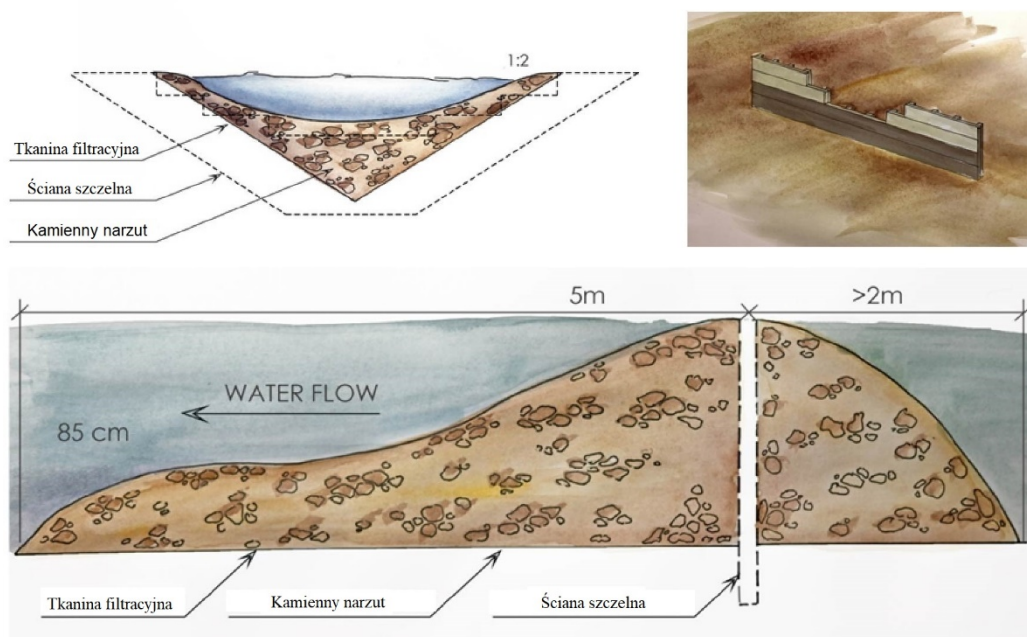
Funkcja i lokalizacja

Bystrotoki i progi wykonuje się celem zmniejszenia nachylenia rowu, a tym samym zmniejszenia prędkości przepływu wody. Wiąże się to ze zmniejszonym ryzykiem erozji i zwiększonym prawdopodobieństwem sedymencji materiału erodowanego, co uniemożliwia jego dalszy transport. Buduje się je kładąc kamienie, drewno lub inne materiały na dnie rowów zbiorczych (rys. 5).

Bystrotoki i progi stosuje się głównie w rowach na obszarach podatnych na erozję. Prędkość wody w rowach można również zmniejszyć za pomocą nieoczyszczonych odcinków rowów (patrz punkt 1.3.1). Ponadto w celu zminimalizowania zjawiska erozji podczas prac DNM można zastosować urządzenia tymczasowe wykonane z pozostałości po wyрубie, które ograniczą prędkości wody. Należy jednak je usunąć po zakończeniu działań.

Budowa

W rowach, w których prędkość wody jest niska, urządzenia zmniejszające spadek rowów można wykonać z tkaniny filtracyjnej i narzutu z kamienia lub tłucznia. W rowach, w których prędkość przepływu wody jest wysoka, potrzebna jest również ściana szczelna (rys. 5 i 6). Można ją wykonać z desek (połączenie pióro-wpust) lub sklejk wodoodpornej.



Rys. 5. Przekrój w skali 1: 2 (u góry, po lewej) i przekrój podłużny (u dołu) bystrotoka i ściany szczelnej przed ułożeniem dookoła narzutu kamiennego (u góry po prawej. Rysunki: Ilze Pauliņa.



Rys. 6. Po lewej działający bystrotok. Zdjęcie: Leena Finér. Po prawej stronie budowana ściana szczelna: umieszczona jest pośrodku progu w poprzek rowu, gdzie przewidywana jest wysoka prędkość przepływu wody. Zdjęcie: Matti Seppälä.

Urządzenia do zmniejszenia prędkości wody należy budować w porze suchej, latem. Aczkolwiek aby uniknąć naruszania gruntu, dobrze jest przewieźć materiał kamienny na miejsce pracy, gdy grunt jest zamarznięty; dzięki temu maszyny leśne go nie naruszą. Zastosowane kamienie i tłuczeń muszą być gruboziarniste (rozmiar cząstek w zakresie 200–400 mm). Rodzaj i wielkość materiału należy dobrać uwzględniając prędkość wody w rowie, woda nie może powodować przemieszczania materiału budowlanego.

Budowa tego typu urządzeń przebiega zgodnie z poniższym opisem:

- Najpierw należy wykopać ukośną krawędź bystrotoku lub progu.
- Następnie umieścić ściankę szczelną pośrodku w poprzek rowu tak, aby jej dno sięgało gruntu mineralnego – gruntu, który nie ulega łatwo erozji – a krawędzie ścianki sięgały wystarczająco daleko poza boki rowu.
- Tkaninę filtracyjną rozłożyć na dnie i bokach rowu oraz na ścianie nośnej. Płaty tkaniny filtracyjnej układać prostopadłe do kierunku rowu. W przypadku

użycia kilku płatów tkaniny filtracyjnej układać je na zakład, tak aby krawędź jednego płatu zachodziła na następny płat. Krawędź najbardziej wysuniętego płatu tkaniny filtracyjnej o szerokości około 50 cm wkopać w grunt prostopadle do dna rowu, aby zapobiec przepływowi wody pod tamą.

- Korzystając z koparki, narzut kamienny umieścić na tkaninie filtracyjnej, a dodatkowo niewielką ilość narzutu również za zaporą denną.

Materialy

- Do wykonania prac potrzebna jest koparka.
- Deski z piórem i wpustem lub wodoodporna sklejka (jeśli potrzebna jest ścianka szczelna).
- Tkanina filtracyjna.
- Kamienie lub tłuczeń (wielkość cząstek 200–400 mm).

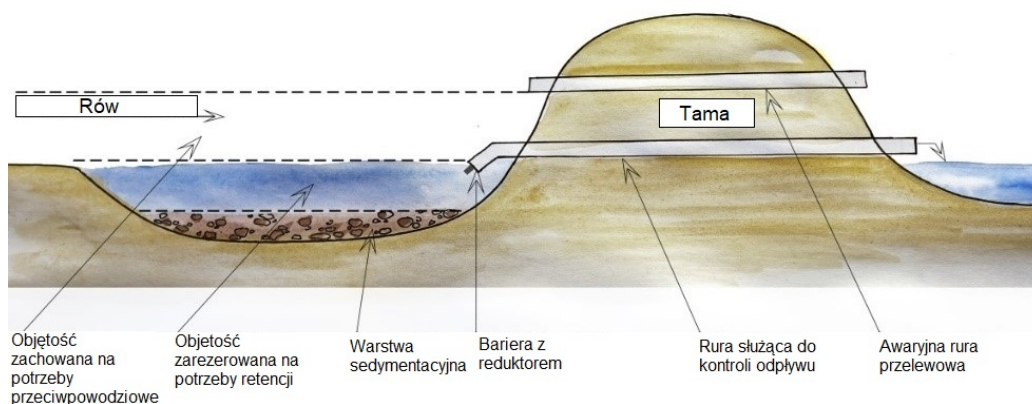
Monitorowanie i konserwacja

Po zakończeniu prac budowla musi prawidłowo funkcjonować.

1.3.4 Obiekty kontroli przepływu kulminacyjnego (PFC)

Zadania

Obiekty PFC służą do zapobiegania i/lub ograniczania erozji gleby na obszarach DNM (rys. 7). Zwiększają one również sedimentację erodowanego rumowiska zawieszonego na dnach rowów lub w obiektach ochrony wód zainstalowanych w systemie rowów. Zadaniem obiektów PFC jest zmniejszenie prędkości wody w rowach na stanowisku górnym poprzez tymczasowe spiętrzenie wody w okresach kulminacji przepływu, bez wpływu na wzrost drzew i odwodnienie terenu (rys. 7 i 8). Obiekty PFC mogą zatrzymywać średnio 61% materiału zawieszonego, 45% całkowitej ilości azotu i 47% całkowitej ilości fosforu transportowanych z wodą; natomiast podczas szczytowych przepływów mogą zatrzymywać blisko 90% (Marttila 2010).



Rys. 7. Obiekt kontroli przepływu kulminacyjnego. Dolną rurę kontroli odpływu instaluje się na poziomie wymaganym do odpowiedniego odwodnienia terenu leśnego przed obiektem. Poziom ten jest zazwyczaj taki sam, jak poziom dna rowu odprowadzającego wodę do tamy (dno rowu pokazane na rysunku po lewej stronie). Górną, awaryjną rurę przelewową instaluje się 30–40 cm poniżej poziomu powierzchni otaczającego gruntu. Przy instalacji rur należy zachować szczególną

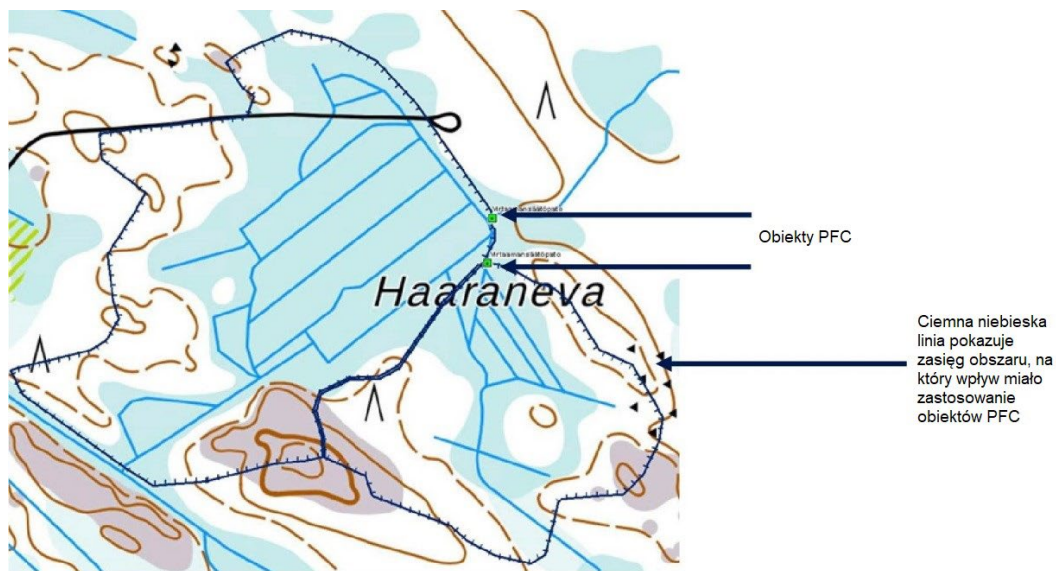
ostrożność: nie dopuścić do przedostania się wody poza rurę, ponieważ może to spowodować zniszczenie grobli ziemnej. Rysunek: Ilze Pauliņa.



Rys. 8. Obiekty kontroli kulminacyjnego przepływu w dwóch pokazowych obszarach WAMBAF. Należy zwrócić uwagę na dwie widoczne rury na zdjęciu z Tobo w środkowej Szwecji (po lewej). Zdjęcie: Lars Högbom. Na prawym zdjęciu (obiekt w Vengasoja w środkowej Finlandii) widoczna jest górna awaryjna rura przelewowa, a reduktor przymocowany do rury kontroli odpływu znajduje się poniżej powierzchni wody. Zdjęcie: Leena Finér.

Lokalizacja

Obiekty PFC zaleca się stosować w sieciach rowów, w których piętrzenie spowodowane przez obiekt może wpływać na większość oczyszczonych rowów. Mapy potencjalnej lokalizacji obiektu PFC w obszarze DNM można wykonać za pomocą modelu terenu 3D, profili terenu oraz informacji dotyczących wykorzystania terenu i lokalizacji istniejących rowów. Potencjalne efekty obiektu można badać za pomocą narzędzi GIS. Najlepszy efekt piętrzenia uzyskuje się zwykle w rowach zbiorczych i na ich skrzyżowaniach (rys. 9).



Rys.9. Obszar utrzymania sieci rowów Haaraneva w środkowej Finlandii. Dwa obiekty kontroli przepływu szczytowego (zielone kwadraty) znajdują się na wylocie systemu rowów. Mapa opracowana przez Krajowe Centrum Geodezji w Finlandii i Juha Jämséną

Budowa

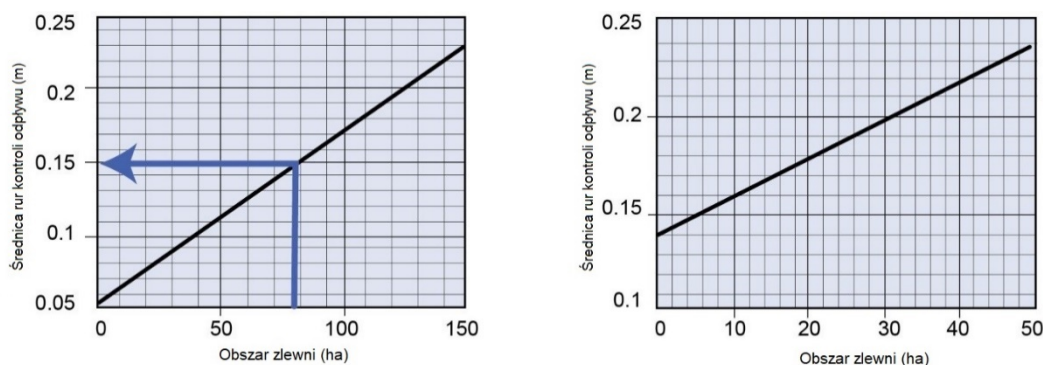
Do określenia wymiarów obiektu PFC potrzebne są informacje dotyczące zlewni przed obiektem, ilości spływu trafiającego do obiektu oraz jego możliwości odprowadzania wody.

- Obszar zlewni można oszacować na podstawie map lub za pomocą cyfrowych narzędzi do określania obszaru zlewni.
- Do szacowania spływu można wykorzystać nomogramy i narzędzia obliczeniowe (patrz podrozdział 1.3.6 i Marttila 2010).

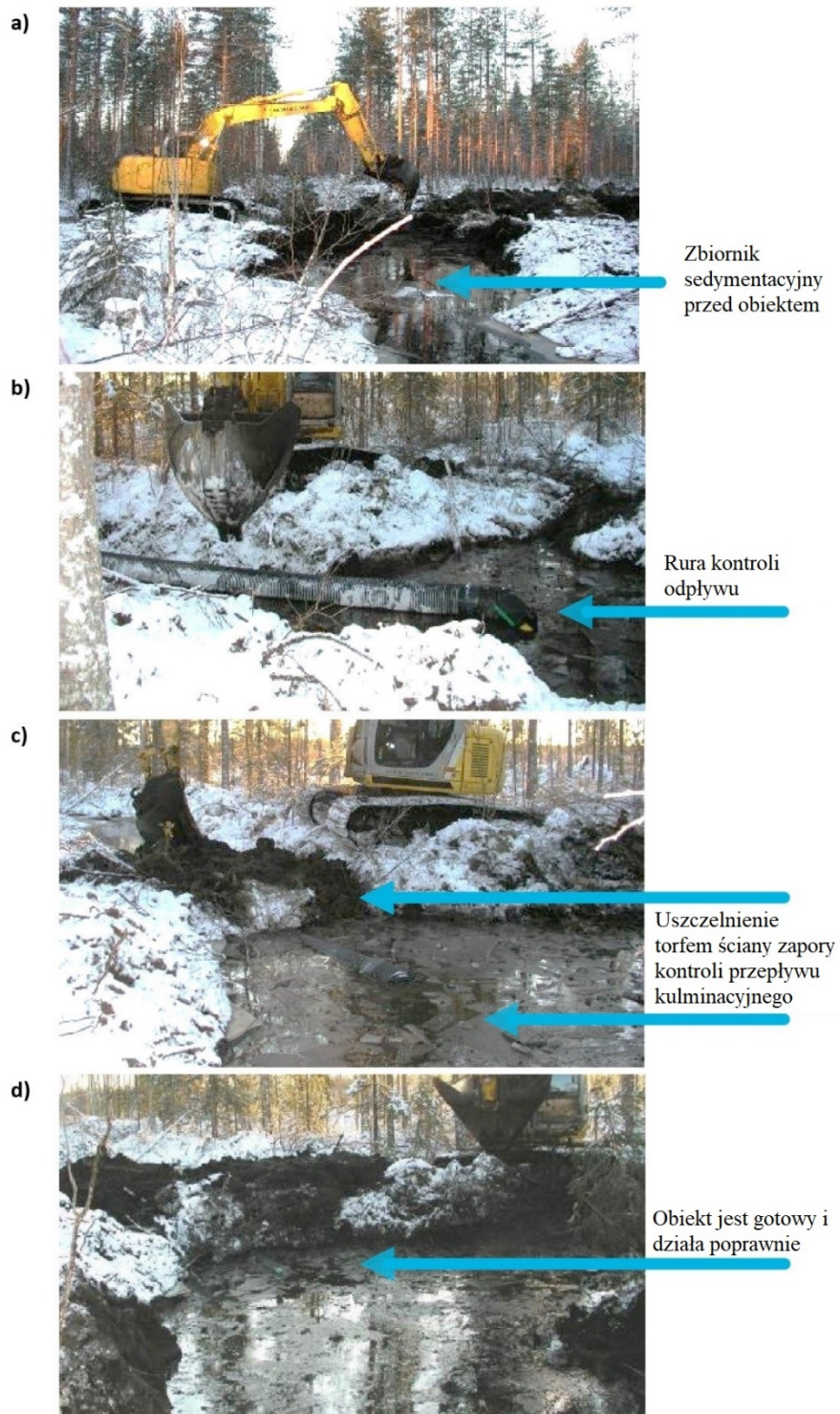
Wymiary obiektu PFC zależą od wymaganego spiętrzenia. Celem jest spiętrzenie wody podczas kulminacyjnego przepływu bez negatywnego wpływu na wzrost drzew. Dlatego ważne jest, aby znać przepustowość instalowanej rury. Można ją oszacować za pomocą równań przepustowości właściwych dla rur (Marttila 2010). Średnicę potrzebnych rur PFC można określić bezpośrednio za pomocą nomogramów obszaru zlewni opracowanych dla środkowej Finlandii (rys. 10). Przy stosowaniu tych nomogramów w innych regionach należy dostosować wymiary rur do lokalnych współczynników spływu.

Obiekty PFC wykonuje się za pomocą koparki (rys. 11) przed rozpoczęciem prac DNM. Do budowy grobli wykorzystuje się miejscowe materiały gruntowe.

Jeśli grunt na terenie budowy łatwo ulega erozji lub jest podatny na działanie mrozu, na miejsce można dowieźć odpowiedni alternatywny materiał do wykonania obiektu PFC. W rurze kontroli odpływu stosuje się barierę ochronną, aby zapobiec przedostawaniu się dużych cząstek unoszących się na powierzchni wody do rury i blokowaniu jej (rys. 12). Zazwyczaj potrzebny jest również reduktor, aby zmniejszyć średnicę rury do pożądanych wymiarów (rys. 10).



Rys. 10. Nomogramy stosowane do określania średnicy rur kontroli odpływu w obiektach kontroli przepływu kulminacyjnego w Finlandii (Marttila 2010). Nomogram po lewej stosuje się dla dużych zlewni, w których przed obiektem znajdują się obszary nieoczyszczone. Ten po prawej stronie stosuje się w zlewniach, gdzie cały obszar jest odwadniany lub na obszarach, gdzie tamy znajdują się również za obiektem kontroli przepływu kulminacyjnego. Niebieskie linie wskazują, jak stosować nomogram przy dużych zlewniach. W podanym przykładzie cały obszar zlewni ma 80 ha, a zgodnie z nomogramem rura powinna mieć średnicę 0,15 m.



Rys.11. Etapy budowy obiektu kontroli przepływu kulminacyjnego: a) Najpierw zbudować zbiornik sedymentacji przed obiektem, b) następnie zainstalować rurę kontroli odpływu; c) uszczelnić torfem ścianę zapory kontroli przepływu kulminacyjnego, d) obiekt jest gotowy i działa poprawnie. Należy zwrócić uwagę, że nie zainstalowano awaryjnej rury odpływu. Zdjęcia: Juha Jämsén.



Reduktor zainstalowany na końcu bariery

Rys. 12. Przykładowa bariera ochronna z reduktorem. Kąt bariery na zdjęciu wynosi 45 stopni. Może to być jednak również 90 stopni, ponieważ takie bariery są zwykle łatwiej dostępne. Zdjęcie: Juha Jämsén.

Materiały

- Rury: minimalna długość 6 m, minimalna średnica zewnętrzna 200 mm
- Bariery ochronne mające na celu utrzymanie końca rury odpływu poniżej poziomu wody na stanowisku górnym i umożliwienie osiągnięciażądanego przepływu oraz zapobieganiu zatykaniu się rury (rys.12). Bariery można zamówić u producentów rur, jeśli nie są dostępne gdzie indziej.
- Reduktory, które należy przymocować do barier w celu uzyskania żądanej średnicy (rys. 10 i 12). Aby osiągnąć redukcję można również zamontować na końcu rury pokrywę z otworem o wymaganej średnicy..

Podczas budowy należy zwrócić uwagę na następujące kwestie:

- Barię ochronną należy mocno przymocować do rury regulacji odpływu, np. za pomocą śrub.
- Pomiędzy wlotem rury kontroli odpływu a dnem stawu należy pozostawić co najmniej 60 cm przerwy.
- Rury należy układać poziomo, nie pozostawiając pod nimi dużych części, np. kamieni. Groblę z rurą, najlepiej składającą się z torfu, należy uszczelnić wokół rur, umożliwiając jedynie przepływ wody przez rury, a nie poza nimi.
- Groblę należy zbudować 10–30 cm nad poziomem otaczającego gruntu i dobrze ją uszczelnić, aby zapobiec wypływaniu wody ponad konstrukcję podczas kulminacyjnych przepływów. Preferowane i stanowczo zalecane jest stosowanie torfu zamiast gruntów mineralnych łatwo ulegających wymywaniu.
- Boki zapory powinny być pochylone i dobrze uszczelnione.

Monitorowanie i konserwacja

W przypadku uwolnienia torfu lub innych materiałów i ich transportu wraz z odprowadzaną wodą, istnieje ryzyko zablokowania rur podczas DNM. W związku z tym w trakcie DNM należy monitorować funkcjonowanie obiektu, a po zakończeniu prac DNM sprawdzić jego działanie. Ponadto zaleca się sprawdzenie i zapewnienie prawidłowego funkcjonowania obiektu PFC podczas pierwszej wiosny po zakończeniu prac DNM oraz po ekstremalnych przepływach. Zwykle wystarczy sprawdzić, czy rury są drożne i usunąć wszystko, co może je blokować.

1.3.5 Mokradłowe strefy buforowe

Zadania

W mokradłowych strefach buforowych wody z rowów odprowadzających są rozprowadzane przez przepływ powierzchniowy zanim dotrą do odbiornika np. cieku, lub jeziora (rys. 13). Mokradłową strefę buforową można zbudować poprzez zablokowanie istniejącego rowu zbiorczego. Podczas przepływów powierzchniowych roślinność w strefie buforowej może zatrzymywać rumowisko zawieszone. W sytuacji, gdy woda zatrzyma się przez wystarczająco długi okres, roślinność może wchłonać niektóre rozpuszczalne składniki odżywcze. Aby zapewnić poprawne funkcjonowanie, powierzchnia takiej strefy powinna wynosić co najmniej 0,5-1% całego obszaru zlewni. W sprzyjających warunkach w obrębie torfu i roślinności powierzchniowej strefy buforowej mogą odkładać się duże ilości materiału zawieszonego w wodzie i składników mineralnych (Nieminen i in. 2015). Bagienne strefy buforowe należą do najskuteczniejszych obiektów ochrony wód na terenach DNM, dlatego należy stosować je zawsze i wszędzie tam, gdzie tylko to możliwe.

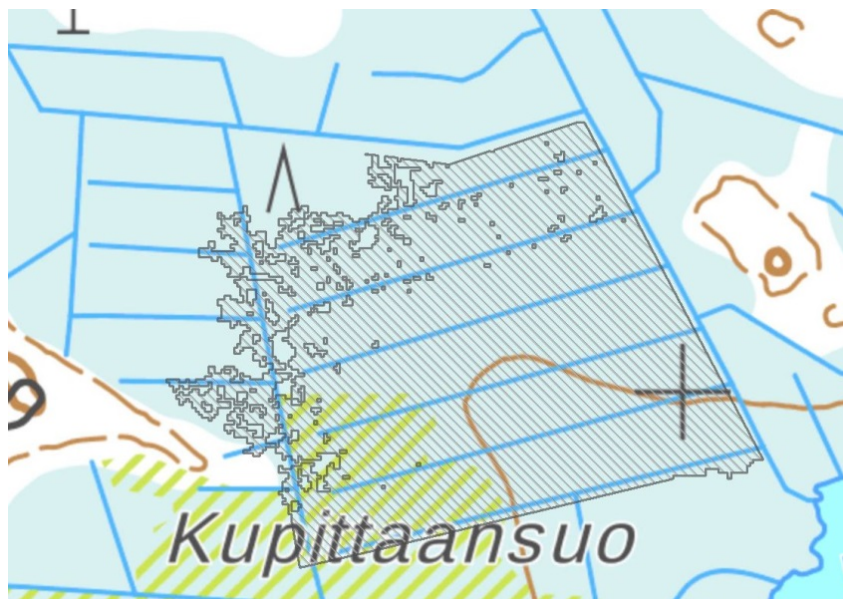
Lokalizacja

Do planowania mokradłowych stref buforowych potrzebne są dokładne informacje o topografii i rzędnej powierzchni potencjalnego obszaru, w celu oszacowania, czy budowa planowanej strefy buforowej jest możliwa. Mokradłowe strefy buforowe podnoszą zwierciadło wody w sieci rowów znajdujących się przed nimi (rys. 14). Stąd stref tych nie można budować na całkowicie płaskich terenach, ponieważ w takich miejscach powodują one powódzie, co ma negatywny wpływ na wzrost drzew. Idealnymi obszarami do tworzenia mokradłowych stref buforowych są torfowiska otwarte lub słabo zalesione, gdzie wysoki poziom wód podziemnych nie powoduje strat ekonomicznych z powodu osłabionego wzrostu drzew.

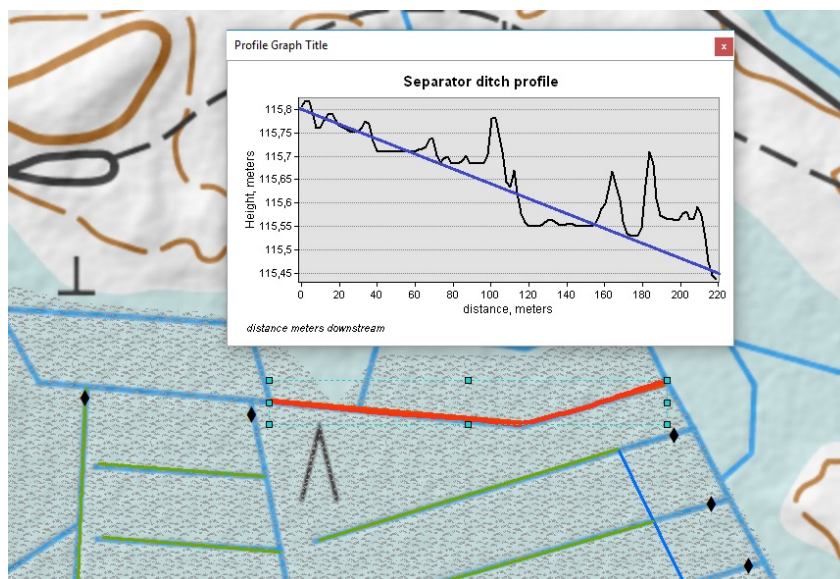
Przed dokonaniem wyboru miejsca, w którym rów zbiorczy zostanie zablokowany, należy dokładnie określić wysokość płytkiego rowu, który będzie wykopany w celu doprowadzenia wody do punktów początkowych przepływu powierzchniowego. Wstępne planowanie można przeprowadzić w biurze za pomocą cyfrowych modeli rzędnych i narzędzia do profilowania rowów (rys. 15) w celu dokładnego ukierunkowania prac terenowych w potencjalnych obszarach stref buforowych. Pomiary wysokościowe i ostateczne wyznaczenie miejsca blokad i nowych rowów należy wykonać w terenie za pomocą niwelatora lub tachimetru.



Rys. 13. Mokradłowa strefa buforowa w środkowej Finlandii (po lewej) oraz woda z obszaru odwadniania odprowadzana do dziewiczego torfowiska we wschodniej Finlandii (po prawej). Zdjęcia: Antti Leinonen.



Rys.14. Rysunek przedstawia obszar objęty działaniem mokradłowej strefy buforowej w obszarze utrzymania sieci rowów Kupittaansuo w południowej Finlandii (obszar zacieniony). Mapa opracowana przez Krajowe Centrum Geodezji w Finlandii oraz Juha Jämséną i Antti Leinonena.



Rys.15. . Przykładowe zastosowanie narzędzia do profilowania rowu do wizualizacji spadku rowu, w obszarze utrzymania sieci rowu Kupittaansuo pokazanym na rys. 14. Rysunki opracowane przez Krajowe Centrum Geodezji w Finlandii i Antti Leinonena.

Budowa

Mokradłową strefę buforową można zbudować poprzez zablokowanie istniejącego rowu zbiorczego gruntem z danego obszaru lub innym materiałem np. kłódą, tkaniną filtracyjną, w celu skierowania przepływu wody do mokradłowej strefy buforowej (rys. 16). Najlepszym materiałem gruntowym do tego celu jest nierozłożony torf. Grubo- i drobnoziarniste grunty mineralne są nieodpowiednie, ponieważ woda łatwo przez nie filtruje. Aby zapewnić solidną szczelność, rów należy wypełnić gruntem na długości co najmniej dziesięciu metrów, a następnie starannie go ubić. Jeśli prędkość wody jest wysoka, do wzmocnienia wypełnienia można użyć tkaniny filtracyjnej. Grunt

w wypełnieniu będzie stopniowo osiadać, dlatego wypełnienie należy wykonać co najmniej pół metra nad powierzchnią otaczającego gruntu..



Rys.16. Nowy rozwidlony rów (kształt Y) do rozprowadzenia wody do mokradłowej strefy buforowej w Finlandii (po lewej) i nieoczyszczona część rowu (po prawej). Zdjęcia: Eva Ring.

W zależności od ukształtowania terenu, nowy płytki rów można również wykopać w strefie buforowej na początku przepływu powierzchniowego (rys. 16). Istotne jest, aby woda rozprzestrzeniała się równomiernie w całej strefie buforowej. Przepływ wody po powierzchni można dodatkowo ulepszyć wykopując płytki rów o kształcie litery Y, aby woda zasilala równomiernie całą strefę buforową. Równomierne rozprowadzanie wody w strefie buforowej wydłuży czas retencji, a tym samym zwiększy retencję materiału zawieszonego i pobieranie składników odżywczych. Aby zapobiec erozji i odprowadzaniu zatrzymanego materiału zawieszonego ze strefy buforowej, ważne jest, aby nie doprowadzać wszystkich wód do jednego miejsca, zwłaszcza jeśli prędkość wody jest wysoka. Należy zwrócić szczególną uwagę i zachować ostrożność w przypadkach, gdy dana bagienna strefa buforowa gromadzi wodę z obszarów większych niż 50 ha.

Materialy

Do blokowania rowów stosuje się miejscowy materiał gruntowy. W ostateczności można skorzystać też z kłód lub tkaniny filtracyjnej.

Monitorowanie i konserwacja

Po zakończeniu budowy należy sprawdzić, czy woda rozprowadzana jest równomiernie i w razie potrzeby dokonać regulacji.

1.3.6 Stawy sedymentacyjne

Zadania

Stawy sedymentacyjne mają za zadanie spowalniać przepływ wody i wzmacniać osiadanie rumowiska zawieszonego na dnie stawu (rys. 17). Stawy sedymentacyjne mogą ograniczać transport materiału zawieszonego i związanych z nim składników odżywczych, ale nie rozpuszczalnych składników mineralnych. Stawy sedymentacyjne są najbardziej wydajne na tych obszarach odwadniania, gdzie dno rowu składa się ze żwiru lub gruboziarnistego piasku. Na takich obszarach stawy sedymentacyjne mogą zatrzymywać 30–50%, a maksymalnie 60–70% transportowanego przez wodę materiału zawieszonego (Joensuu i in. 1999).

Ochrona wód na obszarach DNM nie powinna polegać wyłącznie na wykorzystaniu stawów sedymentacyjnych. Należy stosować wszystkie odpowiednie środki ochrony wód, które zmniejszają procesy erozyjne. Stawy sedymentacyjne nie powinny być metodą

podstawową, szczególnie w obszarach, gdzie warstwa torfu jest gruba, tj. dna rowów nie docierają do warstw gruntów mineralnych. Torf, który uległ erozji nie jest zatrzymywany w stawach sedimentacyjnych. Z drugiej strony stawów sedimentacyjnych nie należy w ogóle stosować, jeśli materiałem dna rowu jest glina, ponieważ jeśli ulegnie ona erozji, to nie ulega łatwo sedimentacji. Efektywność stawów sedimentacyjnych można zwiększyć stosując je razem z obiektem PFC, mokradłową strefą buforową lub doprowadzając wodę ze stawu do zarośniętego i nieoczyszczonego rowu.



Rys. 17. Po lewej nowo wybudowany staw sedimentacyjny na Łotwie (zdjęcie: Zane Libiete), po prawej 20-letni staw sedimentacyjny w środkowej Finlandii. Zdjęcie: Tommi Tenhola.

Lokalizacja

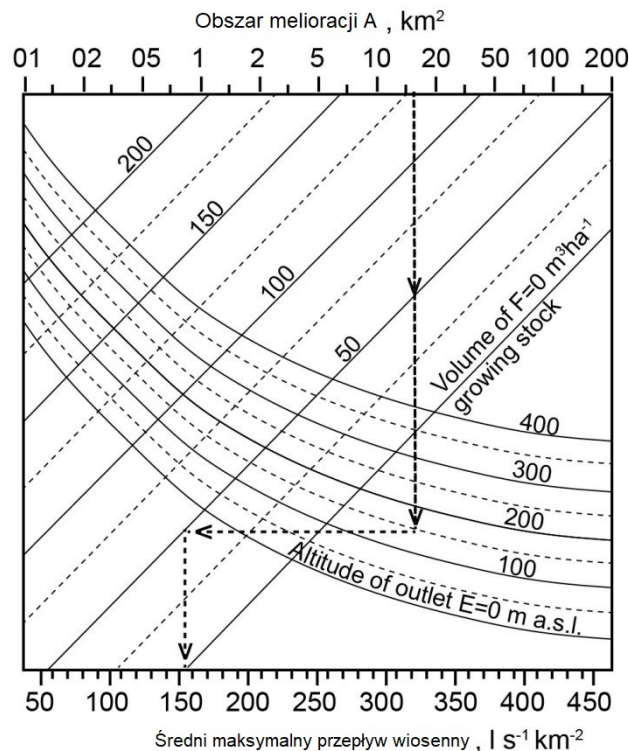
Wielkość stawu sedimentacyjnego zależy od ilości napływającej wody. Planując staw należy pamiętać, że nie powinien być zbyt duży ani zbyt trudny do zbudowania. Powierzchnia zlewni obsługiwanej przez staw sedimentacyjny nie powinna być większa niż 40–50 ha. Oznacza to, że na dużych obszarach odwadniania należy założyć kilka stawów zamiast jednego dużego stawu w głównym wylocie obszaru. Ponadto woda powinna być odprowadzana do stawów tylko z jednej strony, tj. stawy nie powinny być umieszczane na skrzyżowaniu kilku rowów.

Przy planowaniu lokalizacji stawów sedimentacyjnych, oprócz ilości wody wpływającej do stawów, należy również uwzględnić rodzaj gruntu. Stawy sedimentacyjne powinny być usytuowane na takich obszarach odwadniania, gdzie grunt składa się ze żwiru lub piasku gruboziarnistego.

Stawów sedimentacyjnych nie należy budować na obszarach regularnie zalewanych ani na obszarach, na których odbierałyby one znaczne ilości wody spoza obszaru odwadniania.

Budowa

Odpowiednie wymiary stawu sedimentacyjnego zależą od ilości przyjmowanej przez niego wody. Wymiarowanie rozpoczyna się od określenia przewidywanego średniego maksymalnego przepływu wiosennego (MHQ), który jest równy średniej największego dziennego przepływu w ciągu normalnego roku (określanego na podstawie danych z wielolecia, na przykład 30 lat). W Finlandii MHQ określa się za pomocą równań opartych na badaniach eksperymentalnych małych zlewni leśnych (Seuna 1983; rys. 18). Zastosowanie MHQ jest uzasadnione, ponieważ większość transportu materiału zawieszonego odbywa się podczas przepływów wiosennych.



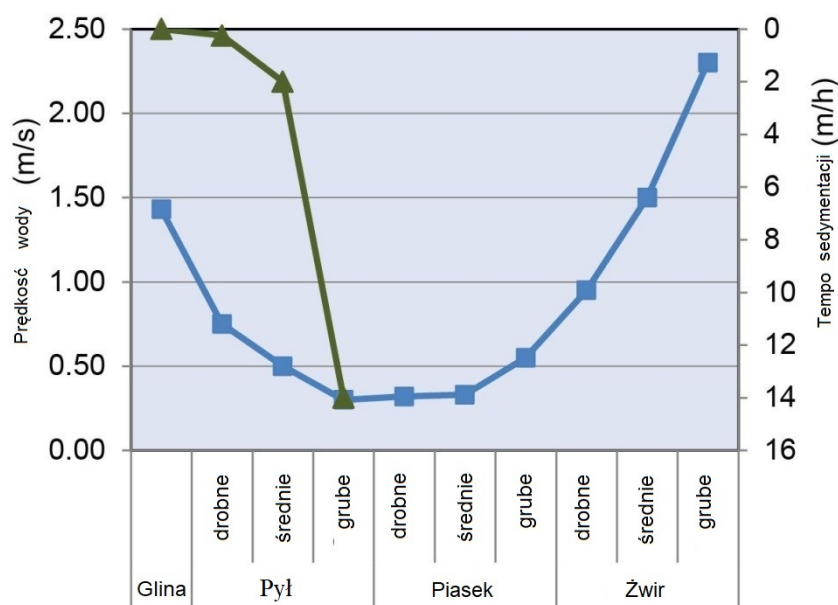
Rys. 18. Nomogram do określania średniego maksymalnego przepływu wiosennego (MHQ). $MHQ = 113A^{-1/3} + 0,34E - 1,9F + 158$ (Seuna 1983). MHQ to największy chwilowy szczyt przepływu zaobserwowany w okresie topnienia śniegu. Nomogram opiera się na danych z monitorowania z okresu ≥ 10 lat z 37 małych zlewni położonych w różnych częściach Finlandii. Przykład (przerwana linia pod kątem) pokazuje, że MHQ wynosi 155 mm dla obszaru odwadniania, którego powierzchnia (A) wynosi 16 km², wysokość (E) wylotu wynosi 150 m nad poziomem morza (n.p.m.), a średnia objętość rosnącego materiału (F) na tym obszarze wynosi 50 m³ha⁻¹. Rys. zmodyfikowany na podstawie Seuna (1983).

Wymagane wymiary stawów sedimentacyjnych zależą zazwyczaj od prędkości osiadania pyłu gruboziarnistego tj. cząstek o średnicy $>0,02$ mm, czyli 1 m/h (rys. 19). Powierzchnię wody stawu oblicza się z wykorzystaniem prędkości osiadania pyłu gruboziarnistego i szacowanego dopływu do stawu. Do obliczenia wymiarów stawów stosuje się zależność Q/A (w m/h). Warto pamiętać, że gruboziarnisty pył i piasek często zawierają drobniejsze cząsteczki, które nie osiadają. Stawy sedimentacyjne zatrzymują cząstki, których prędkość osiadania (m/h) jest równa lub wyższa od szacowanego dopływu (Q , w m³/h) podzielonego przez powierzchnię wody (A , w m²) stawu. MHQ (l/s/ha) można wykorzystać do oszacowania spływu Q ($Q = MHQ \times a / 1000 \times 3600$), gdzie a to obszar zlewni stawów sedimentacyjnych w ha, 1000 to współczynnik przeliczenia z litrów na metry sześciennne, a 3600 to współczynnik przeliczenia z sekund na godziny. Należy również wziąć pod uwagę, że powierzchnia stawu zależy również od nachylenia brzegów i poziomu wody w stawie w momencie wyznaczania wartości.

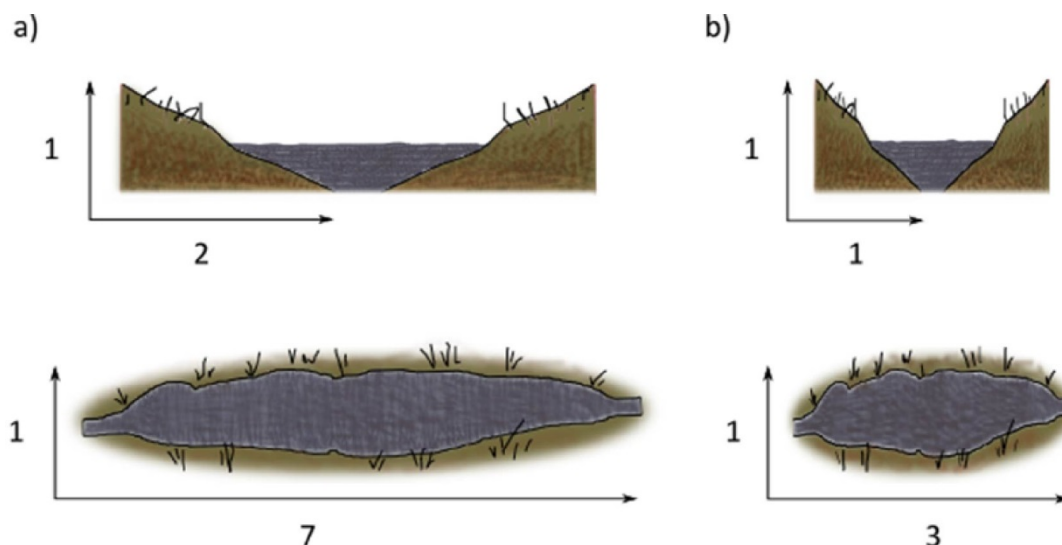
Ponadto przy określaniu wymiarów stawu uwzględnia się maksymalną prędkość pozwalającą na osiadanie gruboziarnistego pyłu. Turbulencje zakłócają osiadanie cząstek, aby zapobiec powstawaniu poważnych turbulencji, maksymalna dopuszczalna prędkość wody w stawie wynosi 1–2 m/s. Należy unikać ostrych narożników w obrębie stawu, powinien on także stopniowo pogłębiać się w kierunku górnego końca w celu zmniejszenia turbulencji.

Wykonanie progu na dolnym końcu stawu poprawia jego wydajność poprzez wydłużenie czasu zatrzymania wody. W miarę możliwości zaleca się dodanie obiektu PFC na wylocie stawu.

Sedymentacja może nastąpić wewnątrz stawu tylko w tych obszarach akumulacji, do których woda przenosi zerodowany materiał. Stąd stosunek szerokości do długości stawu powinien wynosić 1:3–1:7, aby umożliwić równomierne rozprowadzenie wody wewnątrz stawu (rys. 20). Przy konstruowaniu skarp stawu należy również wziąć pod uwagę rodzaj gruntu i głębokość stawu. W przypadku gruntu drobnoziarnistego, łatwo ulegającego erozji, nachylenie skarp powinno wynosić maksymalnie 1: 2 (rys. 20). W przypadku budowania stawów w nierozłożonym torfie, skarpy mogą być bardziej strome; jednak skarpy i brzegi stawu muszą być zbudowane w taki sposób, aby umożliwić wyjście zwierzętom, które mogą wpaść do środka. Grunt usunięty z dna stawu należy układać na tyle daleko od stawu, aby zminimalizować ryzyko zapadania się brzegów i przemieszczania gruntu z powrotem do stawu. Obszar 2–3 razy większy od powierzchni stawu należy zarezerwować na uszczelnienie i zagospodarowanie materiału gruntowego, który został usunięty podczas budowy. W miejscach, w których przebywają ludzie, rozważyć budowę ogrodzeń wokół stawów.



Rys. 19. Wpływ prędkości wody na transport i sedymentację różnych wielkości cząstek gruntu (water velocity - prędkość wody, sedimentation speed – prędkość sedymentacji, na osi poziomej od lewej glina, pył, piasek, żwir). Niebieska linia pokazuje prędkość wody potrzebną do tego, aby cząstka gruntu zaczęła poruszać się w wodzie, ciemnozielona linia przedstawia prędkość sedymentacji cząstek gruntu w wodzie stojącej.



Rys.20. Schematyczny rysunek skarp (powyżej) i widoków z lotu ptaka (poniżej) dwóch stawów sedymentacyjnych. a) staw na obszarze, gdzie grunt łatwo ulega erozji (nachylenie 1:2 i stosunek długości do szerokości 1:7); oraz b) staw na obszarze, gdzie grunt nie ulega erozji (nachylenie 1:1 i stosunek długości do szerokości 1:3). Rysunek: Laura Härkönen.

Ważne jest również, aby zastanowić się, co stanie się, gdy staw zacznie wypełniać się erodowanym materiałem: im bardziej staw jest wypełniony, tym mniej skutecznie będzie zatrzymywał drobne cząstki. Grunty spoczywające w dnach rowów, które łatwo ulegają erozji, szybko wypełnią staw. W celu zapewnienia funkcjonowania i konserwacji stawu powinien być on głębszy w górnym końcu, gdzie wypełnianie następuje szybciej ze względu na szybką sedymentację materiału gruboziarnistego.

Potrzebne materiały

Stawy sedymentacyjne buduje się za pomocą koparki. Materiały zazwyczaj znajdują się na miejscu. Opis budowy progu/zapory znajduje się w podrozdziale 1.3.3, a obiektu PFC w 1.3.4.

Monitorowanie i konserwacja

Stawy sedymentacyjne należy usytuować w miejscu zapewniającym łatwy dostęp w celu ich czyszczenia, ponieważ stopień wypełnienia stawu ma duży wpływ na jego wydajność. Sedymentacja pyłu znacznie maleje na długo przed całkowitym wypełnieniem stawu i może prowadzić do powstawania rumowiska unoszonego w wodzie. Dlatego też proces sedymentacji w stawie należy regularnie monitorować. Z drugiej strony, czyszczenie stawu może zwiększyć odprowadzanie rumowiska zawieszonego, dlatego należy rozważyć, czy czyszczenie jest konieczne. Na przykład stare, porośnięte roślinnością stawy sedymentacyjne nie wymagają czyszczenia, ponieważ mogą funkcjonować tak, jak tworzone sztuczne oczyszczalnie korzeniowe (rys. 21).



Rys.21. 20-letni staw sedymentacyjny w Finlandii, w którym zaczęła się rozwijać roślinność; staw działa jak mała oczyszczalnia korzeniowa.. Zdjęcie: Tommi Tenhola.

Odływ regulowany i retencja wody w lasach

2.1 Wstęp

Poza obszarami działań DNM, których celem jest wyłącznie odprowadzanie wody, istnieją też obszary leśne wymagające tylko okresowego odwadniania lub retencji wody. Przewidywane zmiany klimatu mogą w przyszłości prowadzić do niedoborów wody i zwiększać potrzebę zatrzymywania wody w lasach. Długie okresy bez opadów powodują niskie przepływy wody w rzekach i niższy poziom wód gruntowych, co nieuchronnie prowadzi do przesychania gleb. Wzrost temperatury powietrza zwiększa również transpirację roślin i parowanie z powierzchni gruntu i wód powierzchniowych. Ponadto w zimach o temperaturach dodatnich śnieg topi się wcześniej, co zmniejsza zasoby wody na początku sezonu wegetacyjnego. Już teraz zjawiska te powodują deficyt wody w południowej części regionu Morza Bałtyckiego.

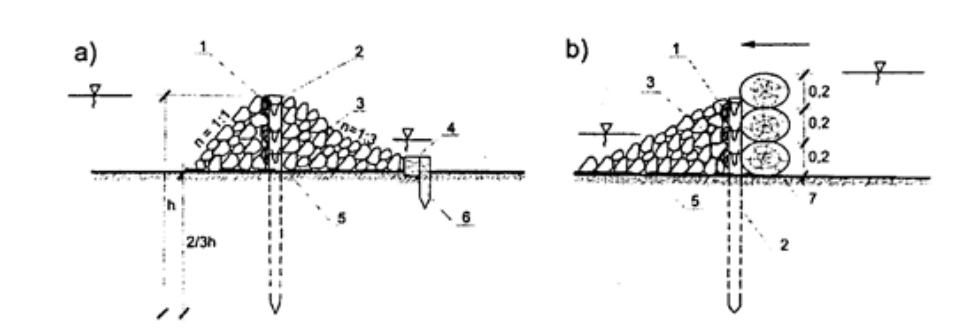
Sieć rowów powoduje usunięcie nadmiaru wody z wilgotnych terenów leśnych. Jeśli jednak w sieci takiej brakuje struktur regulujących odływ wody, system odwadniania może powodować nadmierne obniżenie wód gruntowych i deficyt wody w okresach suszy. Dzieje się tak na przykład wtedy, gdy poziom wód podziemnych jest regulowany przez ewapotranspirację drzew i nie ma już potrzeby odwadniania, ale system odwadniania nadal funkcjonuje. W lasach krajów w południowym regionie Morza Bałtyckiego występują powodzie lub okresowo wysokie poziomy wód gruntowych, ale sytuacja ta jest znacznie rzadsza niż występowanie przesuszenia. Sugeruje to, że w warunkach klimatycznych z okresami zarówno nadmiaru wody, jak i suszy, rowy powinny pełnić podwójną funkcję, tj. umożliwiać okresowe odwadnianie i działać jako systemy nawadniające, które spowalniają lub zatrzymują odływ wody ze zlewni. W tym celu stosuje się dwa rodzaje budowli piętrzących, które albo utrzymują stały poziom wody, albo można nimi regulować poziom wody w rowach lub ciekach wodnych. Tego typu budowle, które stosuje się w Polsce, opisano w podrozdziałach 2.2.1 i 2.2.2. Urządzenia retencyjne opisano w podrozdziale 2.2.3, a zagadnienie renaturyzacji mokradeł w podrozdziale 2.2.4. Planując obiekty retencyjne, należy również uwzględnić i udokumentować ich wpływ na procesy erozji i bioróżnorodność. Ponadto należy przestrzegać prawa krajowego, a w certyfikowanych lasach należy ściśle przestrzegać krajowych norm certyfikacji lasów.

2.2 Budowle piętrzące

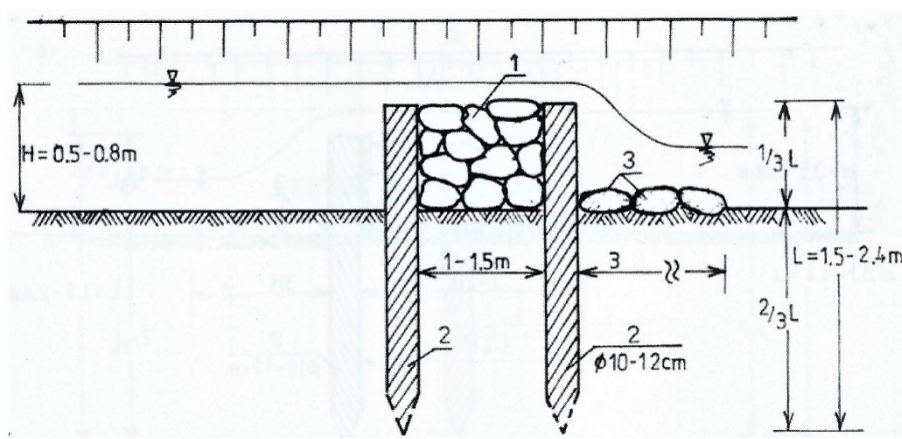
2.2.1 Budowle ze stałym piętrzeniem

Staly poziom wody w rowach (pomijając okresy posuszne) uzyskuje się za pomocą progów (rys. 22–24), które tworzą barierę w cieku wodnym lub rowie i podnoszą poziom wody na stanowisku górnym. Są one preferowanym rozwiązaniem w niektórych sytuacjach (np. w wilgotnych miejscach), ponieważ nie wymagają regularnej konserwacji. Także w sytuacjach, gdy murszenie gleb organicznego jest niepożądane, progi piętrzące stosuje się w rowach lub ciekach wodnych w celu utrzymania stałego stosunkowo wysokiego poziomu wód gruntowych.

W lasach progi wykonuje się najczęściej z drewna lub kamieni lub z obu tych materiałów mając na celu zahamowanie spadku poziomu wody poniżej żądanego poziomu. Zwykle stosuje się niskie progi (od 10 do 50 cm). Wysokość piętrzenia należy dostosować do lokalnych warunków. Z reguły dopuszczalne są progi o wysokości do 25 cm, chociaż dla niektórych gatunków ryb takie progi są trudne do pokonania. Wędrówkę organizmów można umożliwić budując przepławki „zbliżone do naturalnych”, połączone z progami (rys. 25 i 26). Przykładowa zaporą wykonana z gruntu w poprzek strumienia przedstawiona jest na rys. 27.



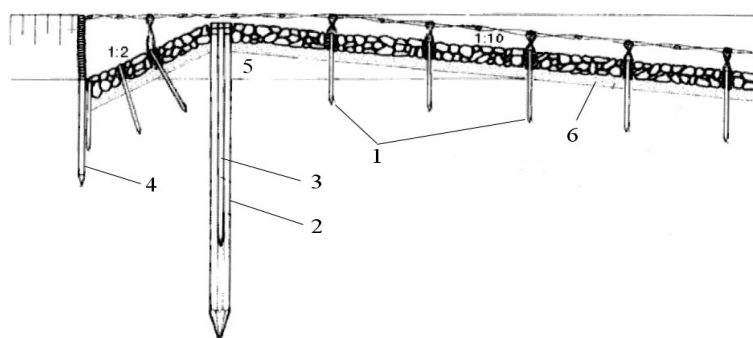
Rys.22. Przykłady progów wykonanych z: a) drewna i kamieni; b) drewnianych kłód i kamieni. 1 – listwa drewniana, 2 – pal drewniany, 3 – kamienie, 4 – belka drewniana, 5 – geowłóknina, 6 – mały pal, 7 – kłoda drewniana, h – długość kłody. Rysunki: Jędryka.



Rys.23. Progi wykonane z drewnianych pali i kamieni: 1 i 3 – kamienie, 2 – drewniane pale. Rysunek: Waldemar Mioduszewski.



Rys.24. Próóg wykonany z drewna. Zdjęcie: Andrzej Ryś.



Rys.25. Przekrój poprzeczny progu (zwanego także bystrotokiem) umożliwiającego przepływ ryb: 1 – paliki drewniane (długość 1 m), 2 – drewniana ścianka szczelna, 3 – pal (średnica 0,2 m), 4 – kołki drewniane (długość 1,3 m), 5 – glina, 6 – materac gabionowy. Rysunek: W. Stepaniuk.



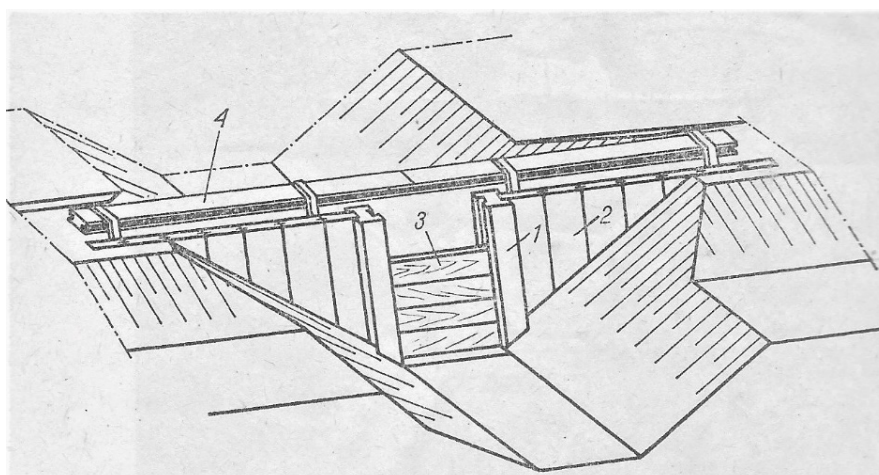
Rys.26. Progi z przepławkami „zbliżonymi do naturalnych”, nazywane rampami dennymi i pochyleniami dennymi. Ich próg ma szorstką powierzchnię i rozciąga się na całej szerokości rzeki z jak najmniejszym nachyleniem, aby przewyciężyć różnicę poziomów dna rzeki (FAO.2002). Zdjęcie: Andrzej Ryś.



Rys.27. Grobla zbudowana z kamieni i materiałów drewnianych i pokryta gruntem wznoszona w poprzek strumienia. Zdjęcie: Andrzej Ryś.

2.2.2 Budowle ze zmiennym piętrzeniem

W celu zwiększenia magazynowania wód podziemnych w zlewni, a w szczególności podniesienia poziomu wód podziemnych w okresach suszy, do regulacji odpływu wody (tzw. odpływu regulowanego) można zastosować systemy odwadniające wyposażone w urządzenia do okresowego piętrzenia. Służą to tego głównie zastawki (rys. 28 i 29). Funkcja retencyjna zastawek zależy przede wszystkim od tego, jak szybko woda w cieku/rowie przepływa do wód gruntowych. Czasami zastosowanie zastawek może być przydatne w celu zwiększenia magazynowania wód opadowych do wód gruntowych (przez dno i skarpy). Należy jednak zachować pewną ostrożność, ponieważ w niektórych warunkach może to spowodować nadmierną infiltrację wody opadowej do wód gruntowych, a w konsekwencji przesuszenie terenu. Niekiedy pozytywne efekty można osiągnąć poprzez nieznaczną zmianę trasy rowów, dzięki czemu można zmniejszyć prędkość przepływu wody.



Rys.28. Mała drewniana zastawka na rowie odwadniającym: 1 – pale, 2 – ścianka szczelna, 3 – szandorki do kontroli poziomu wody, 4 – kładka służąca do konserwacji obiektu. Rysunek: Zygmunt Rytel..



Rys.29. Zastawka zbudowana w cieku wodnym w celu kontrolowania poziomu wody. Zdjęcie: Michał Wróbel.

2.2.3 Urządzenia retencyjne

Zbiorniki wodne są ważnym obiektem służącym zatrzymywaniu wody w lasach (rys. 30 – 33). Zbiorniki na obszarach leśnych są zazwyczaj niewielkie (powierzchnia od poniżej jednego hektara do maksymalnie kilku hektarów, zwykle nie przekracza 5 ha). Podstawą do ustalenia wymiarów, a następnie wykonania zbiorników powinny być obliczenia hydrologiczne wykazujące:

- możliwość napełnienia zbiornika wodami powierzchniowymi ze zlewni (lub w niektórych przypadkach również wodami gruntowymi i opadami),
- możliwość pełnienia przez zbiornik planowanych funkcji.

Oddziaływanie zbiornika jest uzależnione od jego wielkości, położenia w terenie, warunków hydrogeologicznych, środowiska naturalnego w jego otoczeniu oraz jakości dopływających wód. Pomimo tego, że zbiorniki mogą gromadzić stosunkowo niewielkie ilości wody, a ich oddziaływanie na lasy jest ograniczone, pełnią one ważne funkcje ekologiczne, np. stanowią otwarte powierzchnie wody w lasach, miejsca lęgowe dla ptaków i płazów oraz ostoje dzikiej przyrody, regulują również mikroklimat leśny. W pracach projektowych i przy podejmowaniu decyzji należy uwzględnić wnioski z oceny oddziaływania na środowisko. W szczególności należy rozważyć, czy istnieje możliwość wykonania zbiornika poza korytem ciekłu. Takie rozwiązanie pozwala na utrzymanie korytarza ekologicznego w rzece.

Lokalizacja zbiornika powinna zapewniać odpowiednie źródło wody, a ukształtowanie terenu nie powinno stwarzać trudności powodujących wysokie koszty budowy. W zależności od funkcji zbiornika przy jego budowie należy wziąć pod uwagę m.in. następujące czynniki: dostęp zwierząt leśnych do wody, możliwość poboru wody do ochrony przeciwpożarowej, deszczowni w szkółkach leśnych itp. Jeśli planowany zbiornik ma stanowić obiekt ważny dla ptaków wodnych, w projekcie należy uwzględnić wyspy w zbiorniku. Zbiornik również powinien mieć naturalny kształt i powinien dobrze komponować się z otoczeniem. Przy projektowaniu obiektów należy uwzględnić kwestię minimalizacji prac konserwacyjnych. W przypadku planowanej funkcji rekreacyjnej zbiornika należy również wziąć pod uwagę kwestie dotyczące infrastruktury turystycznej oraz przeanalizować jakość wody. Większa liczba małych stawów może mieć większy wpływ na środowisko niż kilka dużych zbiorników..



Rys. 30. Małe zbiorniki wodne na terenach górskich w Polsce. Zdjęcia: Michał Wróbel.



Rys.31. Zbiorniki wodne w lasach nizinnych w Polsce. Zdjęcie: Andrzej Stolarek.



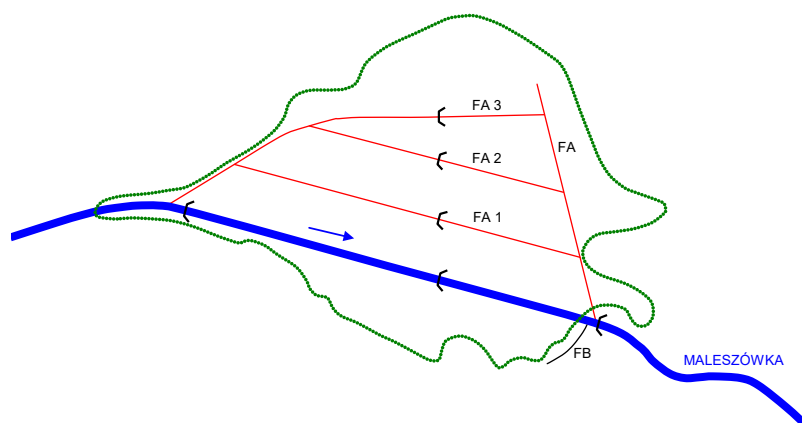
Rys. 32. Próg gabionowy odpływu wody ze zbiornika w Polsce. Zdjęcie: Edward Pierzgalski.



Rys. 33. Budowle (mnichy) regulujące odpływ wody ze zbiorników. Zdjęcie: Michał Wróbel.

2.2.4 Renaturyzacja mokradeł

Renaturyzacja odwodnionych torfowisk i innych terenów podmokłych ma istotne znaczenie dla retencji wody w lasach. Ma ono na celu złagodzenie okresowego nadmiaru lub niedoboru wody wokół terenów mokradłowych, a nawet w obrębie całej zlewni, jeżeli są one wystarczająco duże. Mokradła są również ważne dla różnorodności biologicznej. W celu zapoczątkowania pożądanej sukcesji roślinności, poziom wód podziemnych powinien utrzymywać się na głębokości 20–40 cm od powierzchni gleby, w zależności od siedliska. Rysunki 34 i 35 przedstawiają przykłady renaturyzacji przesuszonego mokradła poprzez założenie zastawek na rowach odwadniających w celu zatrzymania odpływu wody.



Rys. 34. Torfowisko Biele w Polsce z kilkoma zastawkami służącymi do regulacji poziomu wód gruntowych w obszarze odwadnianym. Granicę torfowiska zaznaczono linią zieloną, rzekę Malaszówkę linią niebieską, rowy liniami czerwonymi, a zastawki liniami czarnymi.



Rys. 35. Mokradło Biele przed (po lewej) i po (po prawej) renaturyzacji. Zdjęcia: Katarzyna Winiczenko.

Wykaz terminów

- **Bystrotoki i progi** to konstrukcje wykonane z kamieni i drewna, umieszczone w rowie zbiorczym. Mają na celu zmniejszenie prędkości wody, a tym samym zwiększenie sedymentacji zerodowanego materiału. Patrz podrozdział 1.3.3.
- **Rów zbiorczy** zbiera odprowadzaną wodę z kilku rowów odwadniających i transportuje ją do odbiornika.
- **Rów odwadniający** obniża poziom wód gruntowych i doprowadza wodę do rowu zbiorczego.
- **Utrzymanie sieci rowów (Ditch Network Maintenance, DNM)** to szereg działań, które obejmują konserwację istniejących rowów w celu utrzymania lub poprawy wzrostu drzewostanów.
- **Rów rozwidlony** to rów w kształcie litery Y. Rowy rozwidlone wykopuje się po to, aby rozprrowadzić wodę do mokradłowej strefy buforowej.
- **Pale** to duże drewniane kołki, za pomocą których można zbudować ścianki szczelne na rowie lub w rzece.
- **Regulacja przepływu kulminacyjnego** zapewniana jest przez groble i zestaw rur, które zmniejszają przepływ wody z obszarów DNM podczas wysokich przepływów, a tym samym zmniejszają erozję i transport zerodowanych substancji stałych i cząstek stałych do cieków wodnych. Patrz podrozdział 1.3.4.
- **Bystrze** to konstrukcja spełniająca funkcję progu i rampy, umożliwiająca nieerozyjny przepływ wody piętrzonej przez próg do wody poniżej. Konstrukcja ta może pełnić również funkcję przepławki.
- **Doły sedymentacyjne** to poszerzone odcinki rowów, w których woda przepływa przez szerszy obszar przekroju, zmniejszając tym samym natężenie przepływu. Celem dołu sedymentacyjnego (1-2 m³) jest wychwytywanie materiału erozyjnego z rowów i zapobieganie przenoszeniu ich do cieków na stanowiskach dolnych. Patrz podrozdział 1.3.2.
- **Stawy sedymentacyjne** to stawy zbudowane w pobliżu ujść obszarów odwadnianych, w których woda przepływa przez szerszy obszar przekroju, zmniejszając w ten sposób prędkość przepływu w celu wychwytywania zerodowanych substancji stałych i uniknięcia ich transportu do cieków wodnych na stanowiskach dolnych. Patrz podrozdział 1.3.6.
- **Rów opaskowy** ma na celu powstrzymanie przedostawania się wody z górnej części zlewni do obszaru DNM.
- **Próg** to niska konstrukcja w poprzek rowu lub rzeki wystająca ponad dno, mająca na celu stałe utrzymanie poziomu płynącej wody. W lasach najczęściej buduje się progi drewniane lub drewniano-kamienne.
- **Zastawka** to budowla, którą można otwierać i zamykać, aby umożliwić lub uniemożliwić przepływ wody w rowie lub strumieniu. Służy do przekształcenia niekontrolowanego odwadniania odwadniającego w odpływ regulowany.
- **Rodzaj gruntu:**

Tabela. Grupy gruntów i frakcje zgodnie z Międzynarodową Normą ISO 14688-1:2017
 Rozpoznanie i badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów – Część 1:
 Oznaczanie i opis.

Grupa gruntu	Frakcje	Zakres wielkości cząstek, mm
Grunt bardzo gruboziarnisty	Duży głaz	>630
	Głaz	>200 do ≤630
	Otoczak	>63 do ≤200
Grunt gruboziarnisty	Żwir	>2,0 do ≤63
	Żwir gruboziarnisty	>20 do ≤63
	Żwir średnioziarnisty	>6,3 do ≤20
	Żwir drobnoziarnisty	>2,0 do ≤6,3
	Piasek	>0,063 do ≤2,0
	Piasek gruboziarnisty	>0,63 do ≤2,0
	Piasek średnioziarnisty	>0,20 do ≤0,63
	Piasek drobnoziarnisty	>0,063 do ≤0,20
Grunt drobnoziarnisty	Pył	>0,002 do ≤0,063
	Pył gruboziarnisty	>0,02 do ≤0,063
	Pył średnioziarnisty	>0,0063 do ≤0,02
	Pył drobnoziarnisty	>0,002 do ≤0,0063
	Il	≤0,002

- **Przelewy i mnichy** to budowle hydrotechniczne służące do poboru wody ze zbiornika/stawu lub do obniżania poziomu wody w czasie powodzi.
- **Nieoczyszczone rowy i odcinki rowów** to odcinki rowów, które nie są oczyszczane w celu zmniejszenia natężenia przepływu wody i w konsekwencji zmniejszenia erozji i lepszego wychwytywania erodowanych substancji stałych. Patrz podrozdział 1.3.1.
- **Mokradłowe strefy buforowe** to naturalne lub rekultywowane tereny podmokłe, na których rozprowadzany jest spływ wody z obszarów DNM. Zatrzymują rumowisko unoszone i składniki biogenne transportowane z obszarów DNM. Ich zalecana wielkość wynosi 0,5-1% całego obszaru zlewni. Patrz podrozdział 1.3.5.

Bibliografia

FAO. 2002. FAO/DVWK: Fish passes – Design, dimensions and monitoring. [Przeplawki – Projekt, wymiary i monitoring.] Rzym. 119 str.

Finér, L., Čiuldienė, D., Lībiete, Z., Lode, E., Nieminen, M., Pierzgański, E., Ring, E., Strand, L. & Sikström, U. 2018. WAMBAF – Good Practices for Ditch Network Maintenance to Protect Water Quality in the Baltic Sea Region. [WAMBAF – Dobre praktyki w zakresie utrzymania sieci rowów odwadniających w celu ochrony jakości wód w regionie Morza Bałtyckiego.] Natural resources and bioeconomy studies 25/2018. 35 str. Instytut Zasobów Naturalnych w Finlandii. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542099/luke_luobio_25_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Finér, L., Härkönen, L., Jämsén, J., Joensuu, S., Leinonen, A., Andersson, E., Ågren, A., Čiuldienė, D., Lībiete, Z., Lomander, A., Pierzgański, E., Ring, E. & Sikström, U. 2020. Manual for constructing water protection structures at ditch network maintenance sites and for water retention in forests. Natural resources and bioeconomy studies 66/2020: 37 p. Natural Resources Institute Finland. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-045-8>

Międzynarodowa Norma ISO 14688-1:2017 Rozpoznanie i badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów – Część 1.

Joensuu, S., Ahti, E. i Vuollekoski, M. 1999. The effects of peatland forest ditch maintenance on suspended solids in run off. [Wpływ utrzymywania rowów na torfowiskach leśnych na materiał zawieszony w spływie.] Boreal Environmental Research 4:343-355.

Marttila, H. 2010. Managing erosion, sediment transport and water quality in drained peatlands. [Kontrola erozji, transportu osadów i jakości wody na odwodnionych torfowiskach.] Acta Universita Ouluensis. C 375.

Nieminen, M., Kaila, A., Koskinen, M., Sarkkola, S., Fritze, H., Tuittila, E.-S., Nousiainen, H., Koivusalo, H., Laurén, A., Ilvesniemi, H., Vasander, H. i Sallantausta, T. 2015. Natural and restored wetland buffers in reducing sediment and nutrient export from forested catchment: Finnish experiences. [Naturalne i rekultywowane bagienne strefy buforowe i ich rola w ograniczaniu eksportu osadów i składników odżywczych z zalesionych zlewni: Doświadczenia z Finlandii.] W: Vymazal, J. (red.) The role of natural and constructed wetlands in nutrient cycling and retention on the landscape. [Rola naturalnych i sztucznych terenów podmokłych w obiegu składników odżywczych i retencji w krajobrazie.] str. 57–72. Springer, Szwajcaria.

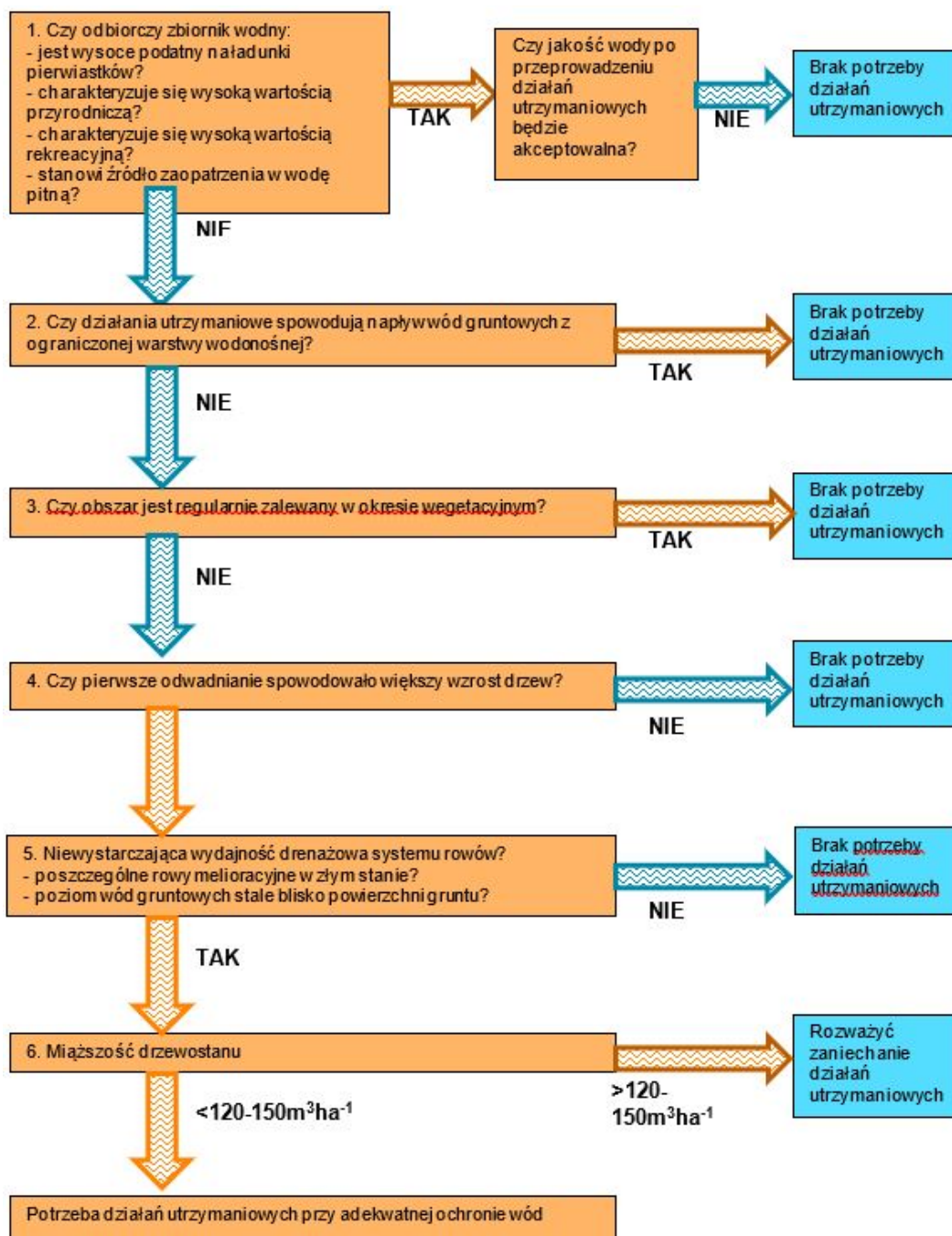
Nieminen, M., Piirainen, S., Sikström, U., Löfgren, S., Marttila, H., Sarkkola, S., Laurén, A. i Finér, L. 2018. Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options. [Utrzymywanie sieci rowów w borealnych lasach iglastych zdominowanych przez torf: Przegląd i analiza opcji zarządzania jakością wody.] Ambio 47: 535-545. Doi.org/10.1007_s13280-018-1047-6.

Seuna, P. 1983. Small basins – a tool in scientific and operational hydrology. [Małe zbiorniki – narzędzie w hydrologii naukowej i użytkowej.] Publikacje Instytutu Badania Wody 51. Helsinki 61 str.

Załącznik 1

Algorytm decyzyjny do oceny potrzeby DNM.

Czy istnieje potrzeba prowadzenia działań utrzymaniowych?



Rys.36. Schemat, który można wykorzystać do oceny potrzeby DNM. Patrz szczegółowe informacje w raporcie „WAMBAF – Good practices for ditch network maintenance” [„Dobre praktyki w zakresie utrzymania sieci rowów odwadniających”] (Finér i in. 2018.)