

# DOBRA PRAKTYKA

ograniczania zanieczyszczenia  
wód powierzchniowych  
środkami ochrony roślin  
w wyniku spływu powierzchniowego i erozji



## **Autorzy polskiej wersji**

Magdalena Bielasik-Rosińska, Danuta Maciaszek, Igor Kondzielski

Publikacja opracowana na podstawie dokumentu źródłowego:

### **Best Management Practices to reduce water pollution with plant protection products from runoff and erosion**

opracowanego przez międzynarodowy zespół autorów:  
Folkert Bauer (BASF), Jeremy Dyson (Syngenta), Guy Le Henaff (Irstea),  
Volker Laabs (BASF), David Lembrich (Bayer CropScience)  
Julie Maillet Mezeray (Arvalis), Benoit Real (Arvalis)  
Manfred Roettele (BetterDecisions)

w ramach projektu **TOPPS-PROWADIS**

„**Ochrona wody przed zanieczyszczeniami obszarowymi**”

*(Train Operators to Promote best Practices & Sustainability and PROtection of  
WAter from DIffuse Sources)*



finansowanego przez:  
Europejskie Stowarzyszenie Ochrony Roślin – ECPA



**ISBN**

Institut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy  
Zakład Oceny Ryzyka Środowiskowego  
ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa



## **Opracowanie redakcyjne**

Iwona Ornoch

## **Skład i druk**

Wydawnictwo SIGMA Sp. J., 96-100 Skierniewice, ul. Trzczińska 21/23  
e-mail: poczta@sigma-wydawnictwo.com.pl, www.sigma-wydawnictwo.com.pl

Nakład: 1000 egz.

### **Partnerzy lokalni Zespołu ds. Splywu Powierzchniowego**

Magdalena Bielasik-Rosińska (Instytut Ochrony Środowiska – PIB, Polska),  
Aldo Ferrero (Uniwersytet w Turynie, Włochy),  
Klaus Gehring (Centrum Badawcze Landu Bawaria LfL, Niemcy),  
Emilio Gonzalez Sanchez (Uniwersytet w Kordobie, Hiszpania),  
Ellen Pauwelyn (InAgro, Belgia),  
Rolf Thorstrup Poulsen (Duńska Służba Doradztwa Rolniczego, Dania)

### **Uczestnicy projektu**

InAgro, Rumbek, Belgia;  
Centrum Badawcze Landu Bawaria LfL, Freising, Niemcy  
Duńska Służba Doradztwa Rolniczego, Aarhus, Dania  
Uniwersytet w Kordobie, Kordoba, Hiszpania;  
IRSTEA (Cemagref), Lyon, Francja;  
ARVALIS Institut du végétal, Boigneville, Francja;  
Agroselvitier, Uniwersytet w Turynie, Turyn, Włochy;  
Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, Polska;

### **Komitet sterujący projektem**

Philippe Castrop, Syngenta (Przewodniczący)  
Evelyne Guesken, Basics; Julie Maillet Mezeray, Arvalis; Inge Mestdagh, Dow; Ellen Pauwelyn  
InAgro; Alison Sapiets, Syngenta; Paolo Balsari, Uniwersytet w Turynie; Folkert Bauer (BASF),  
Grzegorz Doruchowski, Instytut Ogrodnictwa; Jeremy Dyson (Syngenta), Guy Le Henaff, Irstea;  
Lawrence King, Bayer CropScience; Volker Laabs, BASF; Holger Ophoff, Monsanto; Poul Henning  
Petersen, Duńska Służba Doradztwa Rolniczego, Bjoern Roepke, Bayer CropScience;  
Manfred Roettele, BetterDecisions; Stuart Rutherford, ECPA.

*Serdecznie dziękujemy naszym partnerom wsparcia technicznego: Arvalis Institute du vegetal (Boigneville, France) – za podzielenie się swoim doświadczeniem i udostępnienie narzędzi Aqua-vallee i Aqua-plaine oraz IRSTEA (Lyon, France) – za ocenę stref buforowych porośniętych roślinnością, ich położenia w polu i wielkości.*

*Składamy również podziękowania wszystkim partnerom i ekspertom, którzy dostosowali ogólne zasady Dobrej Praktyki do lokalnych, specyficznych warunków i pomogli wprowadzić wyniki badań naukowych do praktycznego zastosowania.*

**Szkolenia doradców rolniczych i rolników w celu ochrony wód powierzchniowych i zapobiegania zanieczyszczeniom obszarowym.**

## **DOBRA PRAKTYKA – lepsza ochrona wody ograniczenie spływu powierzchniowego i erozji**

TOPPS – Prowadis (*Train Operators to Promote best Practices & Sustainability and Protect Water from Diffusive Sources*) oznacza Szkolenie Operatorów przez Promowanie Dobrych Praktyk i Zrównoważonego Rozwoju oraz Ochronę Wody przed Zanieczyszczeniami Obszarowymi.

TOPPS-Prowadis jest trzyletnim projektem, rozpoczętym w 2011 roku, finansowanym przez Europejskie Stowarzyszenie Ochrony Roślin (ECPA) i realizowanym przez ośrodki badawcze i centra doradcze w siedmiu krajach Europy. Projekt TOPPS-Prowadis ma na celu propagowanie ograniczania spływu powierzchniowego i erozji. W projekcie wykorzystano z:

- ➔ europejskiej sieci ekspertów,
- ➔ internetowej bazy danych [www.TOPPS-life.org](http://www.TOPPS-life.org),
- ➔ publikacji,
- ➔ materiałów szkoleniowych,
- ➔ warsztatów i szkoleń,
- ➔ gospodarstw demonstracyjnych.

Opracowany poradnik Dobrej Praktyki stanowi materiał instruktażowy dla służb doradczych, jednostek dydaktycznych, organów administracji lokalnej oraz producentów rolnych.

Poradnik ma służyć wspieraniu i wdrażaniu zasad zmniejszania zanieczyszczeń obszarowych w rolnictwie przez ograniczanie spływu powierzchniowego i erozji z pól.

Promowanie Dobrych Praktyk, upowszechnianie wiedzy, szkolenia i pokazy dla rolników, doradców rolniczych i innych zainteresowanych mają pomóc w ochronie wód powierzchniowych.



# Spis treści

SŁOWO WSTĘPNE	8
I. WPROWADZENIE	11
Źródła zanieczyszczenia wód	11
Rodzaje spływu powierzchniowego/erozji	13
Właściwości substancji czynnych wpływające na transport środków ochrony roślin ze spływem powierzchniowym	16
II. GŁÓWNE CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA PRZEMIESZCZANIE SIĘ ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN Z WODĄ	19
III. OCENA PODATNOŚCI POLA NA WYSTĄPIENIE SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO I EROZJI	21
Analiza zlewni	21
Ocena pola	22
Tabele i schematy decyzyjne	23
IV. DOBRA PRAKTYKA OGRANICZANIA SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO	33
V. PRZEGLĄD METOD ORAZ PRZYKŁADY DZIAŁAŃ ZAPROPONOWANYCH W DOBREJ PRAKTYCE	35
Zestawienie metod i działań objętych Dobrą Praktyką	35
Przykład: jak wykorzystać poradnik Dobrej Praktyki	36
VI. ZESTAWIENIE METOD OGRANICZANIA RYZYKA WYSTĄPIENIA SPŁYWU	39
Sposób przygotowania gleby	40
Praktyka uprawy roślin	50
Strefy buforowe pokryte roślinnością	58
Struktury retencyjne i rozpraszające	76
Poprawne stosowanie środków ochrony roślin	85
Nawadnianie	89
SŁOWNIK	93
BIBLIOGRAFIA	97

## SŁOWO WSTĘPNE

Ochrona zasobów wodnych należy do najważniejszych zagadnień ochrony środowiska i stanowi jedno z podstawowych działań, koniecznych do zachowania życia na Ziemi.

Europejskie Stowarzyszenie Ochrony Roślin (ECPA) traktuje ochronę zasobów wodnych jako jedno ze swoich ważnych zadań i wspiera poprawne stosowanie środków ochrony roślin, jako element zrównoważonego i produktywnego rolnictwa. Stowarzyszenie objęło patronatem działania w tym zakresie, realizowane wspólnie z krajowymi oddziałami ECPA i państwami członkowskimi Unii Europejskiej. Celem tych działań jest opracowanie metod i materiałów szkoleniowych, które powinny być wykorzystane do właściwej ochrony zasobów wodnych. Równoległym działaniem jest opracowanie i upowszechnienie poradnika Dobrej Praktyki ograniczania zanieczyszczenia wód (*Best Management Practices, BMP*). Zadaniem międzynarodowej współpracy jest także opracowanie i udoskonalenie dostępnych narzędzi ochrony wód. Podjęte działania są ściśle związane z celem określonym w aktach prawnych Unii Europejskiej, takich jak ramowa dyrektywa wodna (*Water Framework Directive – WFD*) oraz dyrektywa zrównoważonego stosowania środków ochrony roślin (*Sustainable use of Pesticides Directive – SUD*). Ich wynikiem była realizacja serii projektów TOPPS<sup>1</sup> zainicjowanych w 2005 r. w kilku krajach członkowskich UE. Obecnie projekty te są finansowane przez Europejskie Stowarzyszenie Ochrony Roślin. Przez trzy pierwsze lata były współfinansowane przez Komisję Europejską w ramach programu Life.

Pierwsze projekty TOPPS dotyczyły ograniczania zanieczyszczenia wody środkami ochrony roślin ze źródeł punktowych, powstających w trakcie mycia czy opróżniania opryskiwaczy lub w wyniku niekontrolowanych wycieków. W chwili obecnej, tj. od 2011 r. projekt TOPPS-Prowadis obejmuje bardziej złożone zagadnienia ograniczania ilości zanieczyszczeń docierających do wód powierzchniowych, pochodzących ze źródeł rozproszonych (obszarowych). Zanieczyszczenia te powstają w wyniku znoszenia cieczy użytkowej podczas oprysku oraz spływu powierzchniowego z terenu pola i powierzchni zlewni. Celem projektu jest opracowanie poradnika Dobrej Praktyki ograniczania zanieczyszczenia wód powierzchniowych.

<sup>1</sup> TOPPS (Train Operators to Promote best Practices & Sustainability) w tłumaczeniu na język polski oznacza: Szkolenie operatorów przez promowanie Dobrych Praktyk i Zrównoważonego Rozwoju ([www.TOPPS-life.org](http://www.TOPPS-life.org))



Mamy nadzieję, że opracowany poradnik będzie służyć promowaniu Dobrej Praktyki, upowszechnianiu wiedzy, szkoleniom i pokazom dla rolników, doradców rolniczych i innych zainteresowanych ochroną wód. Europejskie Stowarzyszenie Ochrony Roślin podjęło się promowania i wdrażania Dobrej Praktyki.

Chciałbym z całego serca podziękować wszystkim partnerom i ekspertom za ich wielkie zaangażowanie i wkład w realizację projektów TOPPS, tak od strony wniesionej wiedzy technicznej, jak i chęci współpracy w celu osiągnięcia uzgodnionych celów. Mam też szczerą nadzieję, że opracowany poradnik Dobrej Praktyki pomoże w rozbudzeniu entuzjazmu koniecznego do wprowadzenia zaproponowanych zaleceń w życie oraz w promowaniu wiedzy w zakresie zrównoważonego stosowania środków ochrony roślin, a także przyczyni się do zwiększenia świadomości i potrzeby ochrony zasobów wodnych.

*Friedhelm Schmider*

*Dyrektor Generalny  
European Crop Protection Association, Bruksela, Belgia*



# WPROWADZENIE

## Źródła zanieczyszczenia wód

Wyróżnia się dwa główne rodzaje źródeł, z których środki ochrony roślin przedostają się do zbiorników wód powierzchniowych.

### Źródła punktowe

Źródła punktowe są związane z przygotowaniem środków ochrony roślin do zastosowania. Powstają one przede wszystkim na terenie zabudowań gospodarczych, głównie podczas napełniania, mycia i czyszczenia oraz zabezpieczania opryskiwaczy, a także w wyniku niewłaściwego postępowania z pozostałościami środków ochrony roślin.

### Źródła rozproszone

Ryzyko przedostawania się środków ochrony roślin do wód powierzchniowych ze źródeł rozproszonych jest związane ze znoszeniem cieczy użytkowej podczas oprysku oraz ze spływem powierzchniowym z pól i erozją. Zjawiska te mogą być wywoływane przez następujące czynniki:

- ➔ wystąpienie niekorzystnych warunków atmosferycznych w trakcie stosowania danego środka lub krótko po nim,
- ➔ odpływ z systemu drenażowego (specyficzna forma spływu o znaczeniu lokalnym).

### **Ryzyko zanieczyszczenia wód jest związane ze źródłami punktowymi i rozproszonymi**

Podjmując działania ograniczające ryzyko zanieczyszczenia wody ze źródeł punktowych oraz rozproszonych należy wziąć pod uwagę istotne różnice między nimi. Przedostawanie się zanieczyszczeń – pewnej ilości środków ochrony roślin – pochodzących ze źródeł punktowych jest związane z organizacją pracy w gospodarstwie i zależy bezpośrednio od zachowań użytkownika/operatora. Na ograniczanie strat środków ma wpływ optymalizacja ustawienia sprzętu, wyposażenie gospodarstwa i organizacja pracy. Wszystkie czynniki ograniczające zanieczyszczenie wód mogą być kontrolowane.

### **Zanieczyszczenie ze źródeł punktowych można w znacznym stopniu ograniczyć**

Możliwość ograniczenia zanieczyszczenia ze źródeł rozproszonych zależy od miejsca ich występowania oraz od czynników niezależnych od użytkownika, takich jak ukształtowanie terenu w obrębie zlewni oraz warunki pogodowe i ich oddziaływanie na glebę. Zależy także od obszaru zlewni i powierzchni pól w jej obrębie.

Działania, których celem jest ograniczenie ryzyka zanieczyszczenia wód ze źródeł rozproszonych często muszą być wdrażane zarówno na poziomie jednostkowym – pojedynczego pola lub indywidualnego gospodarstwa, jak i na poziomie zbiorowości – całej zlewni i gospodarujących na niej rolników.

### **Zanieczyszczenie ze źródeł rozproszonych można w znacznym stopniu ograniczyć, jednak skrajne warunki pogodowe mogą czasem spowodować ryzyko zanieczyszczenia, którego nie da się uniknąć**

Bardzo ważne jest zatem prowadzenie działań, ograniczających ryzyko zanieczyszczenia wynikające z warunków meteorologicznych panujących na danym obszarze (skrajnie intensywne opady deszczu nie były podstawą wdrażania Dobrej Praktyki).

## Rodzaje spływu powierzchniowego/erozji

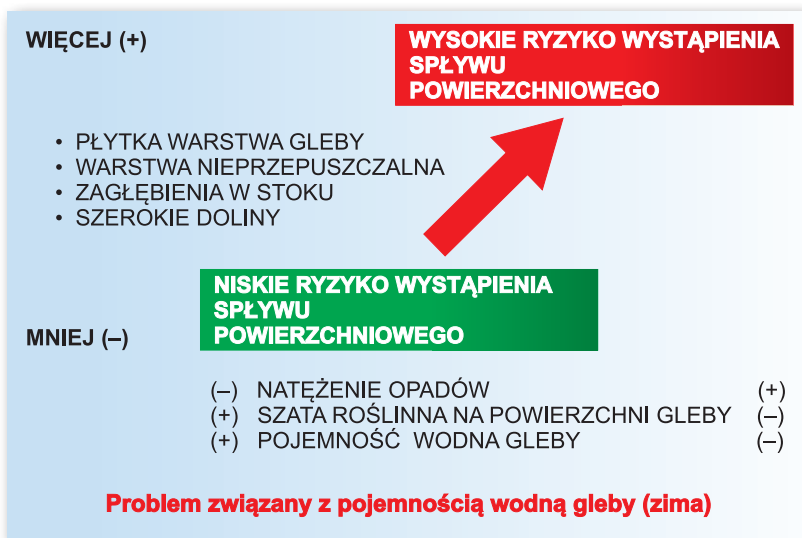
### 1. SPŁYW POWIERZCHNIOWY SPOWODOWANY OGRANICZONĄ PRZESIAKLIWOŚCIĄ GLEBY



**Schemat 1.** Związek między przesiąkaniem wody w glebie a ryzykiem wystąpienia spływu powierzchniowego

Gdy intensywność deszczu przewyższa przesiąkliwość gleby powstaje zjawisko określane mianem spływu powierzchniowego spowodowanego ograniczoną przesiąkliwością gleby (schemat 1.). Jego szczególnym przypadkiem jest spływ występujący podczas opadu, gdy gleba jest zamknięta. W chwili pojawienia się nadmiaru wody obserwuje się spływ powierzchniowy.

## 2. SPŁYW POWIERZCHNIOWY SPOWODOWANY NASYCENIEM GLEBY WODĄ



**Schemat 2.** Związek między pojemnością wodną gleby a ryzykiem wystąpienia spływu powierzchniowego

Spływ powierzchniowy pojawia się też, gdy gleba jest nasycona wodą i większej jej ilości nie może przyjąć (schemat 2.). Spływ powierzchniowy spowodowany nasyceniem gleby wodą występuje, gdy całkowita suma opadów przekracza pojemność wodną gleby.

### a) Spływ podpowierzchniowy / przesiąkanie poziome

Jeżeli woda przesiąka przez powierzchnię gleby na zboczu i osiąga warstwę nieprzepuszczalną (np. skały, gliny), wówczas przemieszcza się w profilu glebowym równolegle do jej powierzchni w dół stoku. W porównaniu ze spływem powierzchniowym taka sytuacja stwarza mniejsze ryzyko dotarcia środka ochrony roślin do zbiorników wód powierzchniowych (przepływ wody w glebie jest wolniejszy, a zatem możliwość adsorpcji i degradacji środka ochrony roślin jest większa). Przesiákanie poziome można często obserwować na brzegach rzek lub odsłoniętych krawędziach stoku (terasach) w obrębie zlewni.

## b) Drenaż

Specyficzną formą spływu podpowierzchniowego jest drenaż. Sztuczny system drenażowy zbiera nadmiar wody zgromadzonej w glebie i odprowadza ją systemem kanałów lub rowów do najbliższego odbiornika wodnego. Na zdrenowanych polach występuje niewielki spływ powierzchniowy. Zawartość środków ochrony roślin w wodzie pochodzącej z systemu drenażowego może być okresowo duża, zwłaszcza gdy środek zastosowano na przesuszonych i spękanych glebach lub gdy gleba była nasycona wodą.

## 3. SPŁYW POWIERZCHNIOWY SKONCENTROWANY

Spływ skoncentrowany pojawia się, gdy woda zbiera się w niewielkie strumienie i spływa w dół pola. Zjawisko to jest związane ze sposobem zagospodarowania zlewni (np. duże pola, koleiny wzdłuż stoku itp.) lub z cechami krajobrazu (nachylenie stoku, dolinki spływu, charakterystyka gleby). Spływ skoncentrowany często współwystępuje z erozją.

Jest formą spływu powierzchniowego o dużej intensywności i jest łatwy do zaobserwowania. Wraz z wodą ze spływu są przenoszone cząstki gleby i zaadsorbowane na nich substancje, takie jak np. fosforany i niektóre środki ochrony roślin.

Jednym z przejawów spływu skoncentrowanego jest zbieranie się osadów w dolnych narożach pola. Obserwowanymi wskaźnikami zjawiska są ślady po strumyczkach wody wyżłobione na powierzchni pola. Takie strumyki odprowadzają wodę z pola do dolinek spływu, w których może się kumulować woda również z innych strumieni, tworząc w ten sposób spływ powierzchniowy skanalizowany.

W zestawieniu działań ograniczających spływ powierzchniowy podane są metody i sposoby działania, które można zastosować w zależności od wagi problemu.

## Właściwości substancji czynnych wpływające na transport środków ochrony roślin ze sływem powierzchniowym

Funkcjonujące w krajach członkowskich Unii Europejskiej procedury rejestracji środków ochrony roślin uwzględniają potencjalny wpływ składników preparatów na organizmy wodne i jakość wody. Ocenie podlega ryzyko wynikające z ich stosowania. W skrajnych przypadkach może to skutkować odmową wydania zezwolenia na wprowadzenie danego środka ochrony roślin do obrotu lub ograniczeniami i zaleceniami wymienionymi na etykiecie-instrukcji jego stosowania. Ograniczenia wymienione na etykiecie należy uznać za obowiązujące ze względu na strategię ochrony wód powierzchniowych. Strategia ta obejmuje również wdrożenie Dobrej Praktyki opracowanej na podstawie szczegółowej oceny pola i zlewni. W sytuacjach skrajnych – zidentyfikowanych w trakcie oceny pola/zlewni – konieczne może być uwzględnienie dodatkowych czynników podczas doboru właściwego środka ochrony roślin.

Środki ochrony roślin przemieszczają się wraz ze sływem powierzchniowym z pól w zróżnicowany sposób. Na sposób ich transportu z wodą oraz skalę i intensywność tego zjawiska mają wpływ właściwości środków ochrony roślin. Substancje słabo adsorbujące na cząstkach gleby są transportowane przede wszystkim w formie rozpuszczonej w wodzie. Inne, występujące w formie zaadsorbowanej, są transportowane na zerodowanych cząstkach gleby.

Ilość środka ochrony roślin mogąca trafić do odbiorników wodnych zależy od intensywności sływu powierzchniowego i/lub erozji gleby oraz czasu, który upłynął od zastosowania środka do wystąpienia pierwszego znaczącego opadu. Im dłuższy jest ten czas, tym ryzyko transportu środka ze sływem powierzchniowym jest mniejsze.

Na zachowanie substancji czynnych w glebie mają wpływ następujące właściwości:

- ➔ trwałość w glebie;
- ➔ mobilność w glebie.

### a) Trwałość w glebie

Trwałość substancji w glebie zależy od szybkości jej zanikania w warunkach polowych i zazwyczaj jest określana wielkością  $DT_{50}$ ,



definiowaną jako czas zaniku połowy ilości danej substancji zawartej w glebie. Na szybkość tego zanikania mają wpływ: zawartość w glebie materii organicznej i minerałów ilastych, odczyn gleby (pH) oraz warunki atmosferyczne (temperatura, wilgotność). Substancje o większej trwałości w glebie mogą pozostawać w jej powierzchniowej warstwie w stosunkowo dużych stężeniach przez dłuższy czas, stwarzając potencjalnie większe niebezpieczeństwo ich transportu do odbiorników wodnych ze spływem powierzchniowym.

## **b) Mobilność w glebie**

Przemieszczanie się środków ochrony roślin ze spływem powierzchniowym zależy od ich losu i zachowania w glebie, a w szczególności od ich adsorpcji i degradacji. Środki ochrony roślin silnie adsorbowane w glebie mogą się przedostać do wód powierzchniowych jedynie wtedy, gdy zjawisku spływu powierzchniowego towarzyszy silna erozja gleby. Na przeciwnym biegunie znajdują się środki słabo adsorbowane w glebie, które w znaczących ilościach przedostają się w formie rozpuszczonej, nie zaś w formie związanej ze zerodowanymi cząstkami gleby.

**Metody ograniczania transportu środka ochrony roślin  
wraz ze spływem powierzchniowym  
odnoszą się także do innych substancji,  
takich jak związki azotu (rozpuszczone w wodzie)  
i fosforany (głównie związane z cząstkami gleby)**



# GŁÓWNE CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA PRZEMIESZCZANIE SIĘ ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN Z WODĄ

Szczegółowa ocena zlewni i pola umożliwia określenie ryzyka przemieszczania się środków ochrony roślin z wodą i wybór najlepszych (najskuteczniejszych) metod jego ograniczenia (Dobra Praktyka).

Czynniki, które należy uwzględnić w ocenie wymieniono poniżej.

## ODLEGŁOŚĆ OD WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Im większa jest odległość opryskiwanego pola od wód powierzchniowych, tym mniejsze jest ryzyko przedostania się do nich środka ochrony roślin ze sływem powierzchniowym i erozją. Należy tu uwzględnić nie tylko odległość od zbiornika wodnego, ale też prędkość sylvu wody z pól do odbiornika. Trzeba również wziąć pod uwagę szlaki potencjalnego sylvu skoncentrowanego z tych pól (np. drogi jezdne, dolinki sylvu).

## CHARAKTERYSTYKA GLEB

Właściwości gleby mają wpływ na przesiąkanie wody oraz na adsorpcję i degradację środka ochrony roślin. Przesiákanie wody w głąb profilu glebowego ogranicza lub eliminuje zjawisko sylvu powierzchniowego i ryzyko erozji u źródła ich powstawania. Im dłużej dany środek ochrony roślin pozostaje w bezpośrednim kontakcie z glebą i mikroorganizmami glebowymi, tym większa jest możliwość jego degradacji, a w konsekwencji – ograniczone ryzyko jego przemieszczania. Przepływ wody w glebie jest wolniejszy niż na jej powierzchni.

### **Należy uwzględnić dwa główne czynniki związane z teksturą i strukturą gleby:**

- a) na glebach charakteryzujących się dużą zawartością cząstek pylastych, krople deszczu przyczyniają się do wytworzenia warstwy o zmniejszonej przepuszczalności (gleby zasklepiające się); taka sytuacja stwarza wysokie ryzyko wystąpienia sylvu powierzchniowego i erozji;

- b) energia uderzenia kropli deszczu niszczy bryłki gleby (agregaty glebowe), co prowadzi do wymywania mniejszych cząstek.

## **WARUNKI KLIMATYCZNE I POGODOWE**

Dobranie odpowiednich i skutecznych metod ograniczania ryzyka przemieszczania się środków ochrony roślin należy poprzedzić ustaleniem reprezentatywnych dla danego obszaru warunków pogodowych (charakterystyka opadów na danym terenie).

## **UKSZTAŁTOWANIE TERENU I DŁUGOŚĆ STOKU – CZYNNIKI POGARSZAJĄCE SYTUACJĘ**

Pola położone na długich stokach, o znacznym nachyleniu, są bardziej podatne na ryzyko wystąpienia splywu powierzchniowego i erozji. W celu ograniczenia ryzyka kumulacji wody i wystąpienia splywu skoncentrowanego, sprzyjającego erozji, duże pola należy podzielić przez wprowadzenie stref buforowych lub bruzd. Działania prowadzące do ograniczenia splywu powierzchniowego wody są konieczne w celu zwiększenia jej przesiąkania w głąb profilu glebowego. Działania takie w pierwszej kolejności powinny się koncentrować na zatrzymaniu wody ze splywu w obrębie pola (ograniczenie lub eliminacja splywu powierzchniowego u źródła jego wystąpienia).

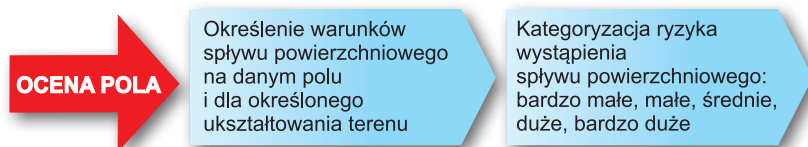
## **SZATA ROŚLINNA I POKRYCIE GLEBY**

Jeżeli gleba jest pokryta roślinnością (tereny trawiaste, łąki), wówczas ryzyko wystąpienia splywu powierzchniowego i erozji jest niskie. Gleba pokryta roślinami uprawnymi we wczesnych fazach rozwoju jest znacznie narażona na działanie deszczu. Krople wody, uderzając o powierzchnię gleby z całą siłą, sprawiają że ryzyko wystąpienia splywu powierzchniowego i erozji jest wysokie. Gdy pokrycie gleby roślinnością nie jest całkowite – splyw i erozję może ograniczyć czasowe przykrywanie gleby. Dobrą metodą ograniczania splywu powierzchniowego jest mulczowanie, tzn. pozostawianie resztek roślin międzyplonu na powierzchni gleby. Chronią one tę powierzchnię przed bezpośrednimi uderzeniami kropel deszczu i spowalniają splyw wody po jej powierzchni, co z kolei zwiększa jej przesiąkanie. Metodą od dawna znaną i stosowaną w winnicach na stromych stokach jest przykrywanie gleby w międzyrzędziach słomą lub inną materią organiczną. Trwała roślinność okrywowa nie może być wprowadzona z uwagi na konkurencję poboru wody.

## OCENA PODATNOŚCI POLA NA WYSTĄPIENIE SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO I EROZJI

Dokładna ocena pola jest podstawą do zaproponowania odpowiednich i szczegółowych metod i działań, ograniczających ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji. Celem tej oceny jest identyfikacja dróg przepływu wody w obrębie pól i zlewni, umożliwiająca określenie ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji.

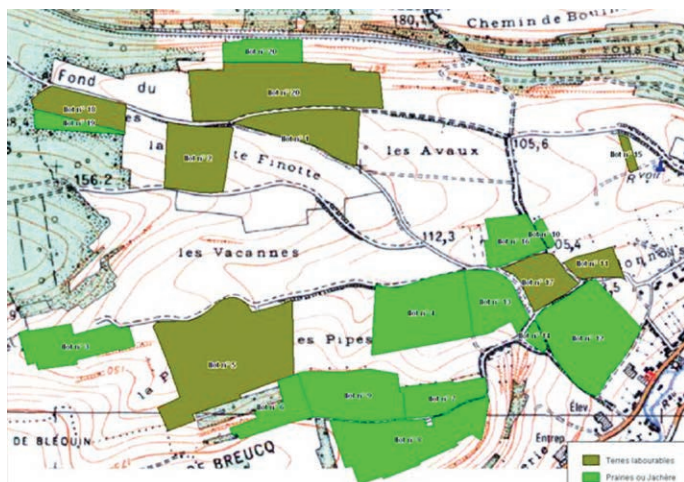
**Uwaga:** Metodyka oceny i analizy warunków w polu została opracowana przez Arvalis Institut du Végétal i IRSTEA (Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture) we Francji i będzie dostosowywana do warunków lokalnych danego kraju przez uczestników projektu TOPPS-Prowadis. Poszczególne zagadnienia zostaną opisane w poradnikach do pracy w terenie, opracowanych dla doradców rolniczych.



**Schemat 3.** Ocena podatności pola na wystąpienie spływu powierzchniowego

### Analiza zlewni

Analiza zlewni rozpoczyna się od zebrania wszystkich dostępnych informacji (map pól, w tym: geologicznych, topograficznych i hydrologicznych, danych klimatycznych oraz informacji o rolniczym zagospodarowaniu terenu). Brakujące informacje należy zebrać w terenie. Im więcej danych jest dostępnych, tym mniej pracy w terenie.



#### Mapa zlewni

- rozmieszczenie i powierzchnia pól
- sieć wodna
- rolnicze wykorzystanie terenu (kolor zielony – tereny trwale zadarnione)
- topografia terenu.

## Ocena pola

W celu zaproponowania odpowiedniej dla danego pola Dobrej Praktyki istotne jest określenie przepuszczalności gleby. Ze względu na możliwą dużą zmienność ukształtowania terenu i właściwości gleby konieczna jest weryfikacja uzyskanych danych w terenie.

Elementy oceny przedstawiono na schemacie 4.



**Schemat 4.** Dane niezbędne do ustalenia ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji (Źródło: Arvalis Institut du Végétal).

## Tabele i schematy decyzyjne

W celu uproszczenia analizy i wspomagania poprawności procesu podejmowania decyzji, opracowano techniki analizy i schematy decyzyjne. Narzędzia te powinny ułatwić ocenę ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego na danym polu. Opracowano dwie tabele decyzyjne do oceny stopnia ryzyka wystąpienia tego zjawiska (tabela 1 i 2), dotyczące ograniczania spływu powierzchniowego spowodowanego odpowiednio: ograniczoną przesiąkliwością i nadmiernym nasyceniem gleby. Dodatkowo opracowano tabelę decyzyjną, dotyczącą spływu skoncentrowanego (tabela 3).

W niniejszym poradniku Dobrej Praktyki opisano scenariusze postępowania w różnych sytuacjach, związanych z określonym ryzykiem. Scenariusze te opisano w sposób ogólny, może zatem zaistnieć konieczność dostosowania ich do warunków lokalnych (przyjętego w danym gospodar-

stwie sposobu postępowania, warunków pogodowych i innych czynników). W zależności od warunków lokalnych oraz potrzeb i oczekiwanych efektów, doradca rolniczy zaproponuje działania ograniczające ryzyko, wybrane spośród wymienionych w „Zestawieniu metod ograniczania ryzyka wystąpienia spływu” (rozdział VI).

W analizie pola zaleca się wykorzystanie obu tabel decyzyjnych, ponieważ mogą wystąpić dwa rodzaje spływu powierzchniowego.

1. Spływ powierzchniowy wywołany ograniczonym przesiąkaniem wody – zazwyczaj występuje wiosną lub wczesnym latem, gdy pojawiają się intensywne deszcze, a szata roślinna na powierzchni gleby jest jeszcze niezbyt gęsta.
2. Spływ powierzchniowy wywołany nadmiernym nasyceniem gleby wodą – zazwyczaj występuje po długotrwałych opadach deszczu, gdy transpiracja roślin jest mała. W takich sytuacjach gleba jest zazwyczaj nadmiernie wysycona wodą. W warunkach europejskich występuje zwykle w okresie od późnej jesieni do wczesnej wiosny.



Erozja spowodowana spływem powierzchniowym





Erozja spowodowana spływem powierzchniowym

W tabelach decyzyjnych oceny ryzyka związanego z ograniczoną przesiąkliwością i przekroczonym nasyceniem gleby (tabela 1 i 2), jako kryterium wyboru sposobów postępowania przyjęto odległość pola od odbiornika (pola przylegające i nieprzylegające do wód powierzchniowych). Przypadek szczególnie spływu powierzchniowego z gleb zamarzniętych opisano w komentarzach do poszczególnych scenariuszy.

W celu określenia kategorii ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego związanego z ograniczoną przesiąkliwością gleby i wyboru właściwego scenariusza postępowania należy ustalić odległość pola od odbiorników wodnych (I kolumna tabeli 1):

- ➔ pola przylegające do wód
- ➔ pola nieprzylegające do wód.

Następnie należy określić czynniki wymienione w kolejnych kolumnach tabeli 1. W ostatniej kolumnie podano informacje o kategorii ryzyka (kolor), numer scenariusza oraz określenie spływu (T – transport) i przesiąkliwości (I – infiltracja).

Po ustaleniu kategorii ryzyka i scenariusza postępowania, należy podjąć zalecane działania, opisane w tabeli 1a.

**Tabela 1.** Tabela decyzyjna oceny ryzyka związanego z ograniczoną przepiękliwością

Odległość od wód powierzchniowych	Przepuszczalność wierzchniej warstwy gleby	Nachylenie stoku	Kategoria ryzyka oraz scenariusze		
Pola przylegające do odbiorników wodnych	MAŁA	STROME (> 5%)	<b>I 7</b>		
		ŚREDNIE (2 – 5%)	<b>I 6</b>		
		MAŁE (< 2%)	<b>I 5</b>		
	ŚREDNIA	STROME (> 5%)	<b>I 4</b>		
		ŚREDNIE (2 – 5%)	<b>I 3</b>		
		MAŁE (< 2%)	<b>I 2</b>		
	DUŻA	STROME (> 5%)	<b>I 3</b>		
		ŚREDNIE (2 – 5%)	<b>I 2</b>		
		MAŁE (< 2%)	<b>I 1</b>		
Pola nieprzylegające do odbiorników wodnych	spływ w dół zbocza	TAK	spływ dociera do odbiornika?	TAK	<b>T 3</b>
		NIE		NIE	<b>T 2</b>
					<b>T 1</b>

ryzyko bardzo niskie (kolor zielony), ryzyko niskie (kolor szary), ryzyko średnie (kolor żółty), ryzyko wysokie (kolor czerwony); 1–7 numery scenariuszy, T – transport, I – infiltracja

W celu określenia kategorii ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego związanego z przekroczonym nasyceniem gleby i wyboru właściwego scenariusza działań podejmowanych w polu, należy w pierwszej kolejności określić położenie pola względem odbiorników wodnych (I kolumna tabeli 2):

- ➔ pola przylegające do wód,
- ➔ pola nieprzylegające do wód.

Następnie należy określić pozostałe czynniki (kolejne kolumny tabeli 2). Ostatnia kolumna zawiera informacje o kategorii ryzyka (kolor), numer scenariusza zalecanych działań oraz określa spływ (T – transport) i przekroczenie nasycenia (S – saturacja).

Po ustaleniu kategorii ryzyka i scenariusza postępowania, należy podjąć zalecane działania, opisane w tabeli 2a.

**Tabela 1a.** Dobra praktyka ograniczania spływu powierzchniowego spowodowanego małą przesiąkliwością

Kategoria ryzyka	Zalecane działania
<b>Pola przylegające do odbiorników wodnych</b>	
17	Ograniczyć ryzyko spływu powierzchniowego i erozji, podejmując wszystkie dostępne i możliwe działania w polu – wprowadzać strefy buforowe na krawędzi pola i śródpolne oraz struktury retencyjne. Łączyć wszystkie możliwe działania w celu osiągnięcia jak najlepszego skutku. <b>Gleba zamarznięta.</b> Jeżeli przesiąkliwość wierzchniej warstwy gleby jest średnia lub mała, ryzyko zamrożenia głębszych warstw gleby jest stosunkowo niewielkie. W takim przypadku zaleca się zwiększenie przesiąkliwości wierzchniej warstwy gleby.
14 / 16	Ograniczyć ryzyko spływu powierzchniowego i erozji, podejmując wszystkie możliwe działania w polu – wprowadzać strefy buforowe na krawędzi pola i śródpolne oraz struktury retencyjne. Łączyć wszystkie możliwe działania w celu osiągnięcia jak najlepszego skutku.
13 / 15	Ograniczyć spływ powierzchniowy, podejmując wszystkie dostępne i możliwe działania w polu. W przypadku upraw jarych – wprowadzać strefy buforowe (śródpolne i na krawędzi pola), a tam, gdzie to niemożliwe – inne strefy (dolinki spływu, struktury retencyjne). <b>Gleba zamarznięta.</b> Należy ją traktować w kategorii wysokiego ryzyka. W tym przypadku zamarznięta gleba powinna być traktowana jako główna przyczyna ograniczenia przesiąkania wody (szczególnie w okresie topnienia pokrywy śnieżnej). Należy ograniczać długość stoku przez wprowadzenie upraw w systemie pasowym, buforowych stref śródpolnych i żywopłotu.
12	Ograniczyć spływ powierzchniowy w miejscu jego powstawania, podejmując w tym celu działania w polu. Należy rozważyć wprowadzenie stref buforowych na krawędzi pola i/lub śródpolnych.
11	Utrzymywać zasady dobrej praktyki rolniczej w celu minimalizacji spływu i erozji.
<b>Pola nieprzylegające do odbiorników wodnych</b>	
T 3	Zatrzymać spływ powierzchniowy w miejscu jego powstawania, podejmując w tym celu działania w polu i/lub tworząc strefy buforowe na krawędzi pola lub zapewnić przesiąkanie wody podczas jej spływu w dół pola, podejmując w tym celu działania (strefy buforowe, struktury retencyjne) uzgodnione z właścicielem pola. W przypadku znacznej ilości spływającej wody – zatrzymać spływ powierzchniowy w miejscu jego powstawania w celu uniknięcia przemieszczania się wody w dół pola (ochrona wód podziemnych). Jeżeli spływ stanowi zagrożenie nie do zaakceptowania, pole należy traktować jako przylegające do odbiornika wodnego. <b>Gleba zamarznięta.</b> Wykorzystać strefy buforowe (żywopłoty, tereny zalesione) i/lub mokradła usytuowane w poprzek stoku lub wzdłuż strumienia spływu.
T 2	Utrzymywać zasady dobrej praktyki rolniczej w celu minimalizacji spływu i erozji. W przypadku znacznej ilości spływającej wody – zatrzymać spływ powierzchniowy w miejscu jego powstawania w celu uniknięcia przemieszczania się wody w dół pola (ochrona wód podziemnych). Jeżeli spływ stanowi zagrożenie nie do zaakceptowania, pole należy traktować jako przylegające do odbiornika wodnego.
T 1	Utrzymywać zasady dobrej praktyki rolniczej w celu minimalizacji spływu i erozji.

ryzyko bardzo niskie (kolor zielony), ryzyko niskie (kolor szary), ryzyko średnie (kolor żółty),  
ryzyko wysokie (kolor czerwony); 1–7 numery scenariuszy, T – transport, I – infiltracja

**Tabela 2.** Tabela decyzyjna oceny ryzyka związanego z przekroczeniem nasycenia gleby wodą

Odległość od wód powierzchniowych	Obecność drenażu	Topografia terenu	Prześląkalność podglebia		PWG* mm	Kategoria ryzyka oraz scenariusze
Pola przylegające do odbiorników wodnych	brak sztucznego drenażu	wklęsła	orka talerzowa pługiem + zaburzenia przepuszczalności		oba przypadki	S 4
			orka talerzowa pługiem lub zaburzenia przepuszczalności		< 120	S 4
					> 120	S 3
		bez orki talerzowej pługiem + zaburzenia przepuszczalności		< 120	S 3	
				> 120	S 2	
		stałe nachylenie	orka talerzowa pługiem + zaburzenia przepuszczalności		oba przypadki	
	orka talerzowa pługiem lub zaburzenia przepuszczalności		< 120	S 3		
			> 120	S 2		
	bez orki talerzowej pługiem + zaburzenia przepuszczalności		< 120	S 2		
			> 120	S 1		
	sztuczny drenaż		dowolne	orka talerzowa pługiem + zaburzenia przepuszczalności		oba przypadki
		orka talerzowa pługiem lub zaburzenia przepuszczalności		< 120	SD 3	
		> 120		SD 2		
bez orki talerzowej pługiem + zaburzenia przepuszczalności		< 120		SD 2		
		> 120		SD 1		
Pola nieprzylegające do odbiorników wodnych		dla wszystkich rodzajów gleb: jeśli pola są drenowane uwzględnij także scenariusze SD		czy występuje spływ w dół zbocza?	TAK	Spływ dociera do odbiornika?
			NIE		T 2	
	NIE					T 1

\* - pojemność wodna gleby, ryzyko bardzo niskie (kolor zielony), ryzyko niskie (kolor szary), ryzyko średnie (kolor żółty), ryzyko wysokie (kolor czerwony); 1-4 numery scenariuszy, T – transport, S – saturacja, SD – drenaż

**Tabela 2a.** Dobra praktyka ograniczania splywu powierzchniowego spowodowanego przekroczeniem nasycenia gleby wodą

Kategoria ryzyka	Zalecane działania
<b>Pola przylegające do odbiorników wody</b>	
<b>S 4</b>	Ograniczyć ryzyko splywu powierzchniowego i erozji, podejmując wszystkie dostępne i możliwe działania w polu – wprowadzać strefy ochronne na krawędzi pola oraz śródpolne i wykorzystywać struktury retencyjne. Łączyć wszystkie możliwe działania w celu osiągnięcia jak najlepszego skutku.
<b>S 3 / SD 3*</b>	Ograniczyć splyw powierzchniowy w miejscu jego powstawania, podejmując w tym celu działania w polu. Wykorzystać strefy buforowe (śródpolne i na krawędzi pola) oraz tam, gdzie to niemożliwe inne strefy (dolinki splywu, struktury retencyjne).
<b>S 2 / SD 2*</b>	Ograniczyć splyw powierzchniowy w miejscu jego powstawania podejmując w tym celu działania w polu. Jeśli to nie jest możliwe, należy rozważyć wprowadzenie stref buforowych (na krawędzi pola, śródpolnych).
<b>S 1 / SD 1*</b>	Utrzymywać zasady dobrej praktyki rolniczej w celu minimalizacji splywu i erozji.
<b>Pola nieprzylegające do odbiorników wodnych</b>	
<b>T 3</b>	Zatrzymać splyw powierzchniowy w miejscu jego powstawania, podejmując w tym celu działania w polu i/lub stosując strefy buforowe na krawędzi pola lub zapewnić przesiąkanie wody wzdłuż kierunku jego nachylenia podejmując w tym celu działania (strefy buforowe, struktury retencyjne) uzgodnione z właścicielem pola. W przypadku znacznej ilości splywającej wody – zatrzymać splyw powierzchniowy w miejscu jego powstawania w celu uniknięcia przemieszczania się wody w dół pola (ochrona wód podziemnych). <b>Gleba zamrznięta.</b> Wykorzystać strefy buforowe (żywopłaty, tereny zalesione) i/lub mokradła usytuowane w poprzek stoku lub wzdłuż strumienia splywu.
<b>T 2</b>	Utrzymywać zasady dobrej praktyki rolniczej w celu minimalizacji splywu i erozji. W przypadku znacznej ilości splywającej wody – zatrzymać splyw powierzchniowy w miejscu jego powstawania w celu uniknięcia przemieszczania się wody w dół pola (ochrona wód podziemnych). Jeżeli splyw stanowi zagrożenie nie do zaakceptowania, pole należy traktować jako przylegające do odbiornika wodnego.
<b>I 1 / T 1</b>	Utrzymywać zasady dobrej praktyki rolniczej w celu minimalizacji splywu i erozji.

\* w przypadku scenariuszy SD należy rozważyć ryzyko przepływu wody drenażem; jeżeli ono występuje – unikać stosowania środków ochrony roślin podatnych na wymywanie w okresach tego przepływu (od późnej jesieni do wczesnej wiosny) oraz stosowania ich na glebach spękanych (wiosna/lato). Tam, gdzie to możliwe wody z drenażu skierować na struktury retencyjne (tereny podmokłe, stawy),  
ryzyko bardzo niskie (kolor zielony), ryzyko niskie (kolor szary), ryzyko średnie (kolor żółty),  
ryzyko wysokie (kolor czerwony); 1–4 numery scenariuszy, T – transport, S – saturacja, SD – drenaż

**Tabela 3.** Tabela decyzyjna oceny spływu powierzchniowego skoncentrowanego i erozji

KRYTERIA OCENY SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO SKONCENTROWANEGO			Kategoria ryzyka oraz scenariusze	
Spływ powierzchniowy nie powstaje na analizowanym polu	spływ powierzchniowy pochodzi z terenów położonych powyżej analizowanego pola		C 1	
Spływ powierzchniowy powstaje na analizowanym polu	spływ powierzchniowy koncentruje się w koleinach		C 2	
	spływ powierzchniowy koncentruje się w narożniku pola		C 3	
	spływ powierzchniowy koncentruje się na obszarze dostępu do pola (w sąsiedztwie)		C 4	
	spływ powierzchniowy umiarkowanie skoncentrowany w strumieniu	gleba niehydromorficzna	C 5	
		gleba hydromorficzna*	C 6	
	spływ powierzchniowy umiarkowanie skoncentrowany w dolince spływu	gleba niehydromorficzna	C 7	
		gleba hydromorficzna	C 8	
	spływ powierzchniowy silnie skoncentrowany	rów nie jest w dolince spływu		C 9
		rów jest w dolince spływu	duża przesiąkliwość gleby w strefie	C 10
			mała przesiąkliwość gleby w strefie	C 11

\* gleby hydromorficzne tworzą się w warunkach trwałego lub okresowego nadmiernego uwilgotnienia, w wyniku procesów glejowych, bagiennych, murszenia i namulania.  
ryzyko wysokie (kolor czerwony); 1-11 numery scenariuszy, C – spływ skoncentrowany

**Tabela 3a.** Dobra praktyka ograniczania spływu powierzchniowego skoncentrowanego

Kategoria ryzyka	Zalecane działania
C 1	Zapobiegać wystąpieniu spływu powierzchniowego skoncentrowanego w górnej części pola. Ocenic ryzyko spływu wtedy, gdy on występuje. Wprowadzić struktury buforowe i retencyjne w celu zatrzymania spływu i uniemożliwienia jego przemieszczania się w dół pola.
C 2	Prowadzić koleiny w poprzek kierunku nachylenia pola. Wprowadzić podwojony siew na naturalnych wzniesieniach. Powiększyć obszar wzniesienia.
C 3	W przypadku gleb niehydromorficznych – wprowadzić zadarnione strefy buforowe w narożnikach pola. W przypadku gleb hydromorficznych – podnieść krawędzie pola („zaporę”) oraz utworzyć stawy retencyjne.
C 4	Ograniczyć zbiecie gleby i wprowadzić strefy buforowe w miejscach dostępu do pola, w celu zwiększenia przesiąkania wody lub pojemności wodnej gleby.
C 5	Wprowadzić lub zwiększyć strefy buforowe wzdłuż krawędzi pola, wprowadzić struktury rozpraszające (płatki faszynowe, żywopłot, zadrzewienie), podzielić pole buforowymi strefami śródpolnymi w poprzek stoku, prostopadłe do kierunku wzniesienia.
C 6	Poszerzyć strefy buforowe wzdłuż krawędzi pola (podmokłe łąki) i/lub tereny podmokłe. Podzielić pole strefami śródpolnymi w poprzek stoku, prostopadłe do kierunku wzniesienia.
C 7	Wykonać podwojony siew i wprowadzić albo powiększyć zadarnione strefy w dolince spływu w dolnej części pola lub wprowadzić albo powiększyć zadarnione rowy. Wprowadzić struktury retencyjne (stawy retencyjne i tereny podmokłe). Ograniczyć długość stoku w miejscu powstawania spływu skoncentrowanego, przez wprowadzenie upraw w systemie pasowym i buforowych stref śródpolnych.
C 8	Zwiększyć pojemność wodną gleby, ograniczając orkę i wprowadzić struktury ograniczające prędkość przepływu wody. Wprowadzić strefy buforowe w dolince spływu, struktury retencyjne (podmokłe łąki).
C 9	Zamknąć strumienie wody, wprowadzić lub powiększyć zadarnione strefy ochronne, wprowadzić podwojony siew i struktury rozpraszające (płatki faszynowe i żywopłot). Ograniczyć długość pól, wprowadzając buforowe strefy śródpolne. Ocenic pola położone powyżej i ewentualnie wprowadzić tam działania ograniczające. Dokonać przeglądu praktyki uprawy roślin i rozważyć inne wykorzystanie pola.
C 10	Zamknąć rowy, wprowadzić lub powiększyć strefy buforowe w dolince spływu, wprowadzić stawy lub zadarnienie w rowach, w celu zwiększenia retencyjności. Ograniczyć długość pól, wprowadzając śródpolne strefy buforowe. Ocenic pola położone powyżej i ewentualnie wprowadzić działania ograniczające.
C 11	Zamknąć rowy, wprowadzić lub powiększyć strefy buforowe w dolince spływu (np. podmokłe łąki), wprowadzić tereny podmokłe lub stawy retencyjne. Wprowadzić płatki faszynowe w celu rozproszenia strumienia wody i zmniejszenia prędkości jej przepływu.

ryzyko wysokie (kolor czerwony); 1–11 numery scenariuszy, C – spływu skoncentrowany

Jeżeli w polu jest widoczny skoncentrowany przepływ wody, wówczas ryzyko transportu środków ochrony roślin jest duże i powinny być podjęte wszelkie możliwe działania ograniczające to ryzyko.

Proponuje się zmniejszenie intensywności orki, wprowadzenie orki konturowej, wprowadzenie upraw w systemie pasowym, utworzenie stref buforowych w dolince spływu, żywopłotu, strefy zadrzewionej, zadarnionych rowów, sztucznych terenów podmokłych czy stawów oraz płotków faszynowych.

Należy zwrócić szczególną uwagę na konieczność podjęcia właściwych działań, w zależności od stwierdzonego rodzaju spływu powierzchniowego. Ułatwi to tabela decyzyjna 3.

Korzystanie z tabeli 3 rozpoczyna się od ustalenia czy spływ powierzchniowy powstaje na analizowanym polu czy nie (I kolumna tabeli 3). Następnie, na podstawie obserwacji, należy ocenić miejsce jego koncentracji, a także rodzaj gleby, na której występuje (kolejne kolumny tabeli 3). Ostatnia kolumna zawiera informacje o kategorii ryzyka (ryzyko bardzo niskie – kolor zielony, ryzyko niskie – kolor szary, ryzyko średnie – kolor żółty, ryzyko wysokie – kolor czerwony) i numer scenariusza zalecanych działań oraz oznaczenia spływu skoncentrowanego (C – Koncentracja).

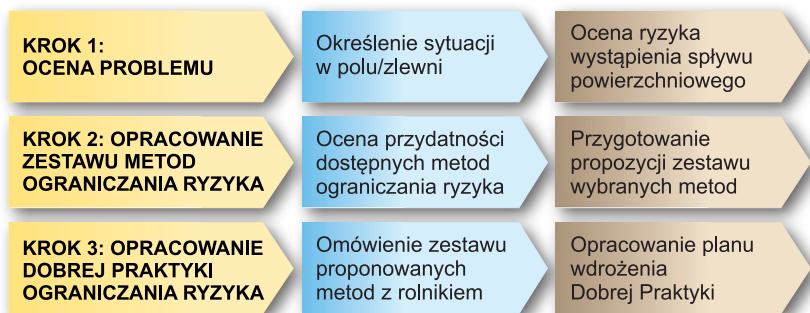
Po ustaleniu kategorii ryzyka i scenariusza postępowania należy podjąć zalecane działania opisane w tabeli 3a.

**Erozja gleby, która często towarzyszy skoncentrowanemu spływowi powierzchniowemu jest zjawiskiem krytycznym w całym rolnictwie**



## DOBRA PRAKTYKA OGRANICZANIA SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO

Ograniczanie spływu powierzchniowego jest procesem złożonym, wymagającym indywidualnego podejścia i uwzględnienia wielu czynników. Zaproponowano, aby w procesie wyboru zestawu metod i technik ograniczania spływu powierzchniowego aktywnie uczestniczyli regionalni doradcy rolniczy.



**Schemat 5.** Procedura opracowywania Dobrej Praktyki (BMP)

**BMP = Analiza problemu + wybór właściwych metod ograniczania spływu**

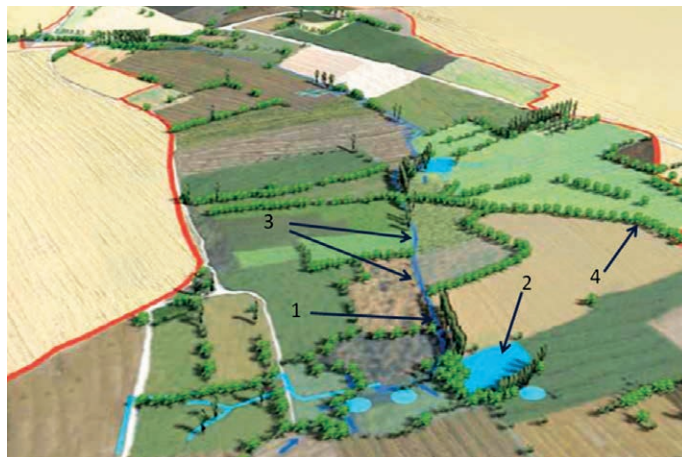
Po zakończeniu oceny pola, obszary objęte ryzykiem wystąpienia spływu powierzchniowego należy nanieść na mapę zlewni. Metody ograniczania ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego należy dobrać do rolniczej specyfiki zlewni (charakter produkcji roślinnej, działania agrotechniczne). Wybrane metody należy omówić indywidualnie z rolnikami, gospodarującymi w obrębie zlewni. Należy sprawdzić możliwości dofinansowania wprowadzania metod, wymagających specjalnych nakładów inwestycyjnych. Rezultatem podjętych działań powinno być ustalenie, uzgodnionego przez rolnika i doradcę rolniczego, konkretnego planu, zawierającego zalecane do wdrożenia metody ograniczania ryzyka spływu. Prezentacja metod ograniczania ryzyka spływu będzie bardziej czytelna, gdy miejsca ich wdrożenia zostaną przedstawione na mapach

(np. lokalizacja stref buforowych, struktur retencyjnych, już istniejących struktur, dróg przepływu wody w obrębie zlewni).



Topograficzna mapa zlewni Fontaine du Theil, Bretania, Francja (źródło: IRSTEA)

- niebieskie strzałki: kierunki splotywu wody w zlewni;
- kolor niebieski: strumień i zbiorniki wodne;
- kolor zielony: istniejące trwałe tereny trawiaste;
- kolor czerwony: lokalizacja proponowanych stref buforowych.



Przykłady wdrożonych sposobów ograniczania splotywu:

1. buforowe pasy roślinności wzdłuż zbiorników wodnych (zadarnienie i roślinność drzewiasta),
2. tereny podmokłe zatrzymujące wodę w zlewni,
3. pasy filtracyjne w polu ograniczające splotw powierzchniowy u źródła,
4. wiatrochrony ograniczające erozję wiatrową.

# PRZEGLĄD METOD ORAZ PRZYKŁADY DZIAŁAŃ ZAPROPONOWANYCH W DOBREJ PRAKTYCE

## Zestawienie metod i działań objętych Dobrą Praktyką

Sposób przygotowania gleby (zabiegi agrotechniczne na powierzchni gleby)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczenie intensywności orki</li> <li>• zagospodarowanie kolein</li> <li>• przygotowanie porowatej powierzchni siewnej</li> <li>• wprowadzanie buforowych stref śródpolnych</li> <li>• unikanie zbrzylenia powierzchni gleby</li> <li>• unikanie zbrzylenia podglebia</li> <li>• stosowanie orki konturowej/tarczowej</li> <li>• zwiększanie zawartości materii organicznej w glebie</li> </ul>
Uprawa roślin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stosowanie płodozmianu</li> <li>• stosowanie pasowego sposobu prowadzenia upraw</li> <li>• poszerzenie miejsca zawracania maszyn</li> <li>• stosowanie corocznego międzyplonu</li> <li>• stosowanie wieloletniego międzyplonu</li> <li>• stosowanie podwójnego nasadzenia</li> </ul>
Strefy buforowe pokryte roślinnością	<p>wprowadzanie stref buforowych:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• śródpolnych</li> <li>• w dolinkach spływu</li> <li>• wzdłuż brzegów odbiorników</li> <li>• na krawędzi pól</li> <li>• na drogach dojazdowych do pól</li> <li>• przygotowanie żywopłotów</li> <li>• przygotowanie terenów podmokłych</li> </ul>
Struktury rozpraszające i retencyjne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przygotowanie przegród na krawędziach pól</li> <li>• przygotowanie kanałów porośniętych roślinnością</li> <li>• budowanie płotków faszynowych</li> <li>• przygotowanie i utrzymywanie sztucznych stawów / terenów podmokłych</li> </ul>
Poprawne stosowanie środków ochrony roślin i nawozów	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wybór czasu stosowania</li> <li>• wybór sezonu stosowania</li> <li>• właściwy wybór środka i jego dawki</li> </ul>
Nawadnianie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stosowanie nowoczesnych technologii</li> <li>• właściwy wybór czasu i wielkości nawadniania</li> </ul>

## Przykład: jak wykorzystać poradnik Dobrej Praktyki

Skuteczność podejmowanych działań należy ocenić indywidualnie dla każdego pola. Nie można w sposób jednoznaczny określić działań jednako- wych dla wszystkich pól. Skuteczność działań zależy od specyficznych wa- runków panujących na danym obszarze (pole, zlewnia). Jako zasadę przy- jęto, że celem podejmowanych działań jest zatrzymanie wody w obrębie pola. Spójne postępowanie polega na ocenie ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego i wyborze właściwych metod jego ograniczania. Ryzyko wystąpienia spływu jest oceniane na podstawie analizy pola lub zlewni. W przypadku stwierdzenia niskiego ryzyka może wystarczyć zapropono- wanie kilku metod jego ograniczania, podczas gdy w przypadku ryzyka wysokiego – może wystąpić potrzeba zastosowania wszystkich możliwych sposobów. Należy także rozważyć możliwość stosowania kombinacji za- proponowanych działań, w wyniku czego ich efekt będzie korzystniejszy (np. pokrycie gleby, orka). Chociaż skuteczność działań podejmowanych w zróżnicowanych warunkach trudno ocenić, to w przypadku poszczegól- nych, małych obszarów, lokalni doradcy i eksperci mogą dokonać wyboru właściwych metod i oszacować ich efektywność.

Dobra Praktyka ograniczania spływu powierzchniowego i erozji powin- na być ustalana wspólnie przez rolników i doradców rolniczych w oparciu o przeprowadzoną ocenę pól i panujących na nich warunków.

Na schemacie 6 uwidoczniiono gradację ryzyka wystąpienia spływu po- wierzchniowego, a w tabeli 4 przedstawiono odpowiednie działania, zmie- rzające do jego ograniczania. Należy jednak zawsze pamiętać, że działania te powinny być dostosowane do lokalnych warunków.

Wprowadzanie zaproponowanych metod i działań, ograniczających spływ i erozję, powinno być udokumentowane po to, by umożliwić monito- rowanie podjętych kroków.



Schemat 6. Gradacja ryzyka

Tabela 4. Zestawienie działań ograniczających ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego

Kategorie działań	Działania ogólne	Bardzo niskie ryzyko	Niskie ryzyko	Średnie ryzyko	Wysokie ryzyko
<b>A</b> Sposób przygotowania gleby (zabiegi agrotechniczne na powierzchni gleby)	unikanie zbrylania wierzchniej warstwy i podglebia, zwiększanie zawartości materii organicznej w glebie	przygotowanie porowatej powierzchni sławnej	odpowiednie zagospodarowanie kolein, stosowanie orki konturowej	stosowanie przegród na polu; ograniczenie intensywności orki	ograniczenie orki (bez orki)
<b>B</b> Uprawa roślin	stosowanie płodozmianu (ozime/jare)	stosowanie międzyplonu; zwiększanie pokrycia gleby materią organiczną	sadzenie „mocnego” poplonu	poszerzenie miejsca zawracania maszyn; stosowanie podwójnego nasadzenia	stosowanie pasowego sposobu uprawy
<b>C</b> Strefy buforowe pokryte roślinnością				stosowanie stref buforowych na skraju pola; skracanie długości pól przez wprowadzanie stref buforowych śródpolnych	stosowanie stref buforowych w dolince spływu; stosowanie stref buforowych (żywiopły i zadrzewienia)
<b>D</b> Struktury rozpraszające i retencyjne				stosowanie stref buforowych na skraju pola	budowa plotków faszynowych; stosowanie porośniętych roślinności kanałów, stosowanie sztucznych mokradel/stawów
<b>E</b> Poprawne stosowanie środków ochrony roślin			wybór czasu stosowania	wybór środka ochrony roślin i wybór jego dawki	
<b>F</b> Nawadnianie	stosowanie nowoczesnych technologii, właściwy terminu i wielkości nawadniania				



## ZESTAWIENIE METOD OGRANICZANIA RYZYKA WYSTĄPIENIA SPŁYWU

Metody ograniczania ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego w obrębie pola i zlewni zaprezentowano w niniejszym poradniku, stosując następujący podział na kategorie:

<b>A</b>	Sposób przygotowania gleby (zabiegi agrotechniczne na powierzchni gleby)
<b>B</b>	Uprawa roślin
<b>C</b>	Strefy buforowe pokryte roślinnością
<b>D</b>	Struktury retencyjne i rozpraszające
<b>E</b>	Poprawne stosowanie środków ochrony roślin
<b>F</b>	Nawadnianie

Każdorazowo, przed zaproponowaniem i wdrożeniem metod ograniczania ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego, należy sprawdzić ich poprawność, biorąc pod uwagę wybrany przez rolnika sposób uprawy oraz ochrony roślin. Modyfikacje przygotowania gleby lub praktyki rolniczej powinny uwzględniać wiele czynników: charakterystykę gleby, warunki klimatyczne, materiały, technologie, chwasty, szkodniki, jakość plonów oraz inne czynniki komercyjne.

W celu ułatwienia wyboru odpowiednich metod ograniczania spływu należy wziąć pod uwagę skuteczność każdej z nich, ocenioną w odniesieniu do jego przyczyny (ograniczona przepuszczalność gleby lub przekroczenie nasycenia gleby wodą) i rodzaju (spływ skoncentrowany, rozłożony, drenaż) oraz możliwości wdrożenia poszczególnych działań w polu lub w zlewni.

Podstawowe działania w rolnictwie to orka, płodozmian i wprowadzenie międzyplonu. W przypadku, gdy ograniczona orka nie jest możliwa lub jest bardzo utrudniona, konieczne może się stać wdrożenie wszystkich pozostałych metod ograniczania zbijania się i zbrylania gleby. Należy także do niezbędnego minimum ograniczyć przejazd ciężkiego sprzętu po polu. Ocena zlewni i charakterystyka gleby ułatwia ustalenie odpowiednich metod jej przygotowania na polach podatnych na występowanie zjawiska spływu powierzchniowego.

## Sposób przygotowania gleby

Sposób przygotowania gleby (zabiegi agrotechniczne) ma wpływ na jej przesiąkliwość. Dla zwiększenia przesiąkliwości gleby istotne znaczenie mają:

- ➔ rozdrobnienie zbitej gleby oraz zbryleń (dotyczy warstwy powierzchniowej gleby i podglebia),
- ➔ zwiększenie porowatości gleby (ilości porów zatrzymujących wodę i agregatów glebowych).

Celem tych działań jest zatrzymanie wody w obrębie pola i ograniczenie występowania zjawiska spływu powierzchniowego u źródła jego powstawania.

### 1. ZMNIEJSZENIE INTENSYWNOŚCI ORKI

Zmniejszenie intensywności orki prowadzi do poprawy porowatości powierzchniowej warstwy gleby i zwiększenia jej przesiąkliwości. Ograniczenie orki zwiększa ilość pozostałości roślin uprawnych na powierzchni gleby, co przyczynia się do spowolnienia spływu wody w przypadku wystąpienia deszczu i zmniejszenia jego działania zbrylającego (procesu zaskorupiania się gleby). Do zwiększenia ilości makroporów glebowych przyczynia się także zwiększenie liczby dżdżownic i aktywności mikrobiologicznej.

#### Co należy zrobić

- ➔ Zmienić system przygotowania gleby – zastąpić orkę głęboką orką powierzchniową lub systemem bez orki.
- ➔ Ograniczyć liczbę przejazdów.
- ➔ Zmniejszyć szybkość przejazdu.
- ➔ Zastąpić ciężkie maszyny rolnicze maszynami lżejszymi.
- ➔ Poprawić strukturę i odczyn (pH) gleby stosując wapnowanie.

W rezultacie podjętych działań, na początku następnego sezonu wegetacyjnego nie ma potrzeby wykonywania tak intensywnych zabiegów agrotechnicznych, jak w roku poprzednim.



## Ograniczenia

Może się okazać, że w celu ograniczenia lub wyeliminowania spękań, tworzących się latem na powierzchni gleby oraz w celu przeciwdziałania zbijaniu się i zbrylaniu gleb gliniastych konieczne jest wykonanie kilkukrotnej lekkiej lub płytkiej orki. W przypadku spękanych gleb gliniastych, niewykonanie jakichkolwiek zabiegów agrotechnicznych może prowadzić do znacznego zmniejszenia ich przepuszczalności.

Na polach z istniejącym systemem drenażowym, w okresie letnim, gdy wysychanie gleby powoduje powstanie dużej liczby makroporów i spękań, wymagane jest wykonanie zabiegów agrotechnicznych w celu ograniczenia przepływu makroporowego przez warstwę powierzchniową w kierunku rurek drenażowych.

Wdrożenie systemu bez orki wymaga analizy technicznej i ekonomicznej. Uprawa roślin zmienia wiele parametrów gleby, dlatego wprowadzając zmiany sposobu przygotowania powierzchni siewnej powinno się uwzględnić działania optymalizujące warunki prowadzenia uprawy.



Spękania na powierzchni gleby gliniastej

## Skuteczność

Zmiana przepływu wody w polu i zatrzymanie jej w glebie w wyniku zmiany systemu przygotowania gleby pod uprawę jest procesem długotrwałym. Szacuje się, że potrzeba od 3 do 5 lat po zastosowaniu mini-

malnej orki lub systemu bez orki, aby uzyskać pozytywny skutek zwiększenia retencji wody w glebie.

W przypadku, gdy do zaskorupiania się gleby, powodującego wysokie ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji, przyczyniają się niewłaściwe zabiegi agrotechniczne, zmiana metod orki jest bardzo skuteczna. Lepszy system przygotowania gleby może zmniejszyć intensywność spływu powierzchniowego o około 50%, a związanej z nim erozji – o około 90%.

Zmniejszenie intensywności orki przyczynia się do zmniejszania szybkości mineralizacji azotu organicznego, a także, co ważniejsze, zwiększenia szybkości denitryfikacji. W rezultacie możliwe jest nieznaczne zmniejszenie szybkości przemian azotu. Zmniejszenie intensywności zabiegów powoduje mniejsze zmiany struktury gleby, zwiększając jej bioróżnorodność. Przyczynia się także do zmniejszenia nakładu pracy wykonywanej przez maszyny rolnicze.

## **2. PRZYGOTOWANIE POROWATEJ POWIERZCHNI SIEWNEJ**

Porowate powierzchnie siewne z grudkami ziemi mogą spowalniać powierzchniowy spływ wody. Grudki gleby działają jak małe zapory i zwiększają przesiekanie wody w głąb profilu glebowego. Zapobiegają też efektowi rozbryzgiwania kropli deszczu na powierzchni gleby.

### **Co należy zrobić**

Przygotowując powierzchnię siewną należy do niezbędnego minimum zmniejszyć liczbę i intensywność zabiegów agrotechnicznych. W ten sposób zachowuje się duże grudki gleby. Nie należy przykrywać glebą nasion po siewie.

Podczas orki i przygotowania powierzchni siewnej należy starać się zachować jak najwięcej większych grud gleby, zwłaszcza jeśli stosuje się ciężkie maszyny rolnicze.

Jeśli są stosowane ciężkie maszyny rolnicze, szybkość obrotowa pierścieni wysiewających powinna być jak najmniejsza, a szybkość przejazdu możliwie największa.

Na glebach ilastych, w celu zapobiegania tworzeniu się gładkiej powierzchni siewnej, zalecane jest stosowanie kultywatora.

## Skuteczność

Porowatość powierzchni siewnej ma znaczący wpływ na spowolnienie przepływu wody na powierzchni gleby i zwiększenie jej przesiąkliwości.

### 3. ZAPOBIEGANIE ZBIJANIU SIĘ I ZBRYLANIU POWIERZCHNI GLEBY

Na zbijanie się i zbrylanie po silnych opadach deszczu są podatne przede wszystkim gleby o dużej zawartości minerałów ilastych (>30%). Utworzenie zbitej skorupy na powierzchni gleby zmniejsza jej przesiąkliwość. Tak powstała skorupa stwarza wysokie ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji.



Przykład gleby zbitej powierzchniowo

## Co należy zrobić

Utrzymanie dużej zawartości materii organicznej w powierzchniowej warstwie gleby poprawia jej strukturę (ilość i wielkość grudek) i zmniejsza tendencję do zbijania się i zbrylania. Pozostawienie resztek roślin na powierzchni gleby ogranicza jej erozję i zbrylanie (im więcej pozostałości, tym lepiej). Jeżeli nie można uniknąć tworzenia się skorupy na powierzchni gleby, wówczas należy usuwać ją mechanicznie za pomocą motyki, gracy lub bron. Działania należy podjąć jak

najszybciej po zaobserwowaniu tworzenia się skorupy, gdy gleba nie jest zbyt wilgotna:

- ➔ w przypadku uprawy zbóż ozimych – we wczesnych fazach ich wzrostu,
- ➔ w przypadku uprawy buraka cukrowego lub kukurydzy – najwyżej do fazy 8-10 liści.

Orkę rżyska należy wykonać możliwie jak najszybciej po żniwach. Jeżeli okres do kolejnego wysiewu/sadzenia jest długi, należy wysiać międzyplon.

Należy też stosować maszyny z oponami niskociśnieniowymi lub zmniejszyć ciśnienie powietrza w oponach.

### Skuteczność

Zapobieganie zbijaniu się i zbrylaniu powierzchni gleby jest skuteczną metodą ograniczania ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji. Badania prowadzone we Francji (Epreville-en Rumois) w latach 2000–2001 wykazały, że na polach, na których wykonano orkę rżyska, intensywność spływu powierzchniowego była 13-krotnie mniejsza niż na polach, na których takich zabiegów nie wykonywano.

## 4. ZAPOBIEGANIE ZBIJANIU SIĘ WARSTWY PODGLEBIA

Ubitie warstwy podpowierzchniowej (np. warstwa zbita przez pług) może skutecznie utrudnić przesiąkanie wody w głąb profilu glebowego i stać się przyczyną spływu podpowierzchniowego (przesiákanie poziome, spływ w wyniku nadmiernego nasycenia gleby wodą). Zjawisko to jest najlepiej widoczne zimą, kiedy na polach jest obecna stagnująca woda. Obecność niektórych roślin z rodziny babkowatych (*Plantago spp.*), rdestu ptasiego (*Polygonum aviculare*) lub skrzypu (*Equisetum spp.*) może być traktowana jako wskaźnik miejsc, gdzie gleba w warstwie podpowierzchniowej jest zbita.



Zbiór plonu w czasie, gdy gleba jest zbyt wilgotna powoduje jej zbitcie i zbrylenie

### Co należy zrobić

Nie zaleca się orki lub zbioru roślin w czasie, gdy gleba jest zbyt mokra; należy czasowo powstrzymać się z wykonaniem orki po zbiorze późnych upraw (np. buraka cukrowego, kukurydzy). W celu ograniczenia do minimum zbijania się podglebia, należy stosować opony niskociśnieniowe lub podwójne koła (tzw. koła bliźniacze). Zbitcie podpowierzchniowej warstwy gleby można usunąć mechanicznie (rozkruszenie warstwy) lub uprawiając rośliny o palowym systemie korzeniowym (np. rzepak, ale należy sprawdzić lokalne zalecenia w tym zakresie). W celu wybrania najskuteczniejszej metody rozwiązania tego problemu zaleca się wykonanie dokładnej analizy warunków panujących na polu.

### Skuteczność

Skuteczność zależy od poprawy warunków wsiąkania wody w glebę.

## 5. ZAGOSPODAROWANIE I UKIERUNKOWANIE KOLEIN

Koleiny są to pozbawione roślin uprawnych partie pola, po których jeżdżą maszyny rolnicze w celu np. dokonania oprysku lub rozsypiania nawozów. Szerokość kolein jest dostosowana do rozstawu osi maszyn rolniczych. W sezonie wegetacyjnym maszyny rolnicze wielokrotnie korzystają z kolein, powodując utwardzenie powierzchni gleby. Jeżeli koleiny biegną wzdłuż stoku, pełnią rolę kanałów, którymi spływa woda, niosąc zerodowane cząstki gleby. Zimą w koleinach często obserwuje się wodę zastoinową, co jest skutkiem zbrylenia gleby i ograniczonego przesiąkania. Kontrolowany ruch maszyn rolniczych w gospodarstwie ma na celu ograniczenie niepotrzebnych przejazdów po polach koleinami używanymi przez wiele lat. Zaletą wynikającą z nadzoru ruchu maszyn jest duża precyzja wykonywania robót polowych.

Właściwe określenie dróg ruchu maszyn rolniczych na terenie zagrożonym wystąpieniem spływu powierzchniowego i erozji może ograniczyć tworzenie się strumieni wody w koleinach.

### Co należy zrobić

- Gdy gleba jest zbyt wilgotna nie należy:
  - przygotowywać powierzchni siewnej,
  - prowadzić orki,
  - zbierać plonów (szczególnie upraw charakteryzujących się późnymi zbiorami – np. buraków cukrowych, kukurydzy).
- Należy zmniejszyć ciśnienie powietrza w oponach lub używać maszyn z oponami niskociśnieniowymi lub z podwójnym kołami.
- W celu uniknięcia efektu kanalizowania spływu wody z pola, o ile to możliwe, ukierunkować koleiny w poprzek stoku. Może to być trudne do wykonania w przypadku stoku o więcej niż jednym kierunku nachylenia zbocza bądź też, gdy duży stopień nachylenia zbocza stwarza ryzyko przewrócenia się maszyn rolniczych.
- Zbitą glebę w koleinach mechanicznie rozbijać za pomocą specjalnych urządzeń zainstalowanych na maszynach rolniczych. Można tego również dokonać, wprowadzając pokrywę roślinną lub tworząc niewielkie przegrody z gleby w celu spowolnienia spływu wody. Porowatość powierzchni kolein spowalnia przepływ w nich wody i zwiększa przesiąkliwość gleby.

- ➔ Jeśli to możliwe, po każdym sezonie wegetacyjnym należy zmieniać przebieg kolein (zapobiega to wytworzeniu się bardzo silnych punktowych miejsc zbitcia i zbrylenia gleby).

### Skuteczność

Na terenach pofałdowanych i na polach położonych w pobliżu zbiorników wodnych odpowiednie zagospodarowanie kolein jest skutecznym narzędziem ograniczania ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji.

## 6. TWORZENIE WAŁÓW ZIEMNYCH, PRZEGRÓD W OBRĘBIE POLA

Zadaniem wałów ziemnych i przegród w obrębie pola jest zwiększenie przesiąkania wody w głąb profilu glebowego. Przegrody ziemne należy zaprojektować tak, aby zatrzymać wodę ze spływu powierzchniowego i umożliwić jej przesiąkanie w głąb profilu glebowego. Struktury te są zazwyczaj skuteczne na polach położonych na zboczach o niewielkim nachyleniu, ponieważ objętość i nacisk strumienia wody nie powinny być zbyt duże, aby przegrody ziemne nie zostały przerwane lub rozmyte.

### Co należy zrobić

Należy wprowadzić groble – przegrody lub niewielkie zapory – w polu, zatrzymujące wodę w jego obrębie i spowalniające jej spływ. Przegrody ziemne w polu powinny być usytuowane w poprzek stoku bądź wzdłuż linii jego obrysu.

W przypadku upraw rzędowych, na przykład ziemniaków, bardzo skuteczne w ograniczaniu spływu powierzchniowego okazały się bariery ziemne w międzyrzędziach. Dostępne są specjalne maszyny rolnicze, tworzące takie struktury w trakcie przygotowywania i utrzymania rzędów. Bariery ziemne są szczególnie ważne, gdy roślina uprawna nie przykryła jeszcze w całości powierzchni gleby.





Tworzenie przegród ziemnych w obrębie pola

### Skuteczność

Przegrody ziemne są szczególnie skuteczną metodą ograniczania spływu powierzchniowego w przypadku pól o niewielkim nachyleniu. Wysokość przegród ziemnych oraz odstęp między nimi powinny być dostosowane do przewidywanej objętości strumienia spływu powierzchniowego w brzdach.

## 7. WPROWADZENIE ORKI KONTUROWEJ

Orka konturowa jest zabiegiem wciąż jeszcze bardziej popularnym w Ameryce Północnej niż w Europie. Głównym powodem, dla którego jest to zabieg wciąż rzadko stosowany, jest najprawdopodobniej mniejsza powierzchnia pól w Europie, ograniczająca możliwość zastosowania tej metody. Pojęciem orki konturowej określa się orkę prowadzoną w obrębie pola wzdłuż jego granicy, w celu przekierowania wody płynącej w dół zbocza. Wynikiem tych zabiegów jest tworzenie nierównej powierzchni o znacznej porowatości, działającej jak niewielkie przegrody ziemne, spowalniające spływ wody i zwiększające jej przesiąkanie w głąb gleby. Orka konturowa jest efektywna na polach położonych na stokach o nachyleniu od niewielkiego do średniego (2–10%). Długość stoku powinna wynosić od 35 do 120 metrów. Szczegółowe informacje są zamieszczone na stronie: ([http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_Documents/nrs143\\_026017.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_Documents/nrs143_026017.pdf)).



## Co należy zrobić

Przed przystąpieniem do prac należy ocenić czy pole kwalifikuje się do wykonania orki konturowej (zbocze o jednolitym, niezbyt dużym nachyleniu). Należy także sprawdzić dostępność odpowiednich maszyn rolniczych (traktor na kołach czy na gąsienicach). Wykonując orkę konturową należy ją przeprowadzić specjalnym sprzętem wzdłuż linii zbocza.

Skrajną, ale też bardzo skuteczną odmianą orki konturowej jest tworzenie terasów (tarasów), ograniczających nachylenie zbocza w obrębie pola/zlewni. Działanie takie ma na celu ograniczenie odpływu wody na tereny położone w dolnej części zbocza i zatrzymanie jej w glebie na terasach. Działania te wymagają wysokich nakładów inwestycyjnych w celu dostosowania zbocza do potrzeb uprawy roślin.

## Skuteczność

Badania wykazały, że orka konturowa pozwala na ograniczenie erozji gleby o 10–50% w porównaniu z tradycyjną orką wzdłuż zbocza. W połączeniu z innymi tradycyjnymi metodami (np. orka zachowawcza), orka konturowa ogranicza splyw i erozję gleby nawet o 95%.



Przykład orki konturowej

## Praktyka uprawy roślin

Właściwa praktyka uprawy roślin może w znaczący sposób ograniczyć ryzyko spływu powierzchniowego i erozji. Wybór właściwych roślin uprawnych może poprawić strukturę i stabilność gleby. Ustabilizowanie właściwości fizyczno-chemicznych gleby można uzyskać w wyniku:

- wprowadzenia płodozmianu z wykorzystaniem odpowiednich roślin uprawnych,
- zwiększenia przepuszczalności gleby przez uprawę roślin mających rozbudowany, głęboki system korzeniowy (zwiększenie porowatości gleby),
- ograniczenia erozji wywołanej przez krople deszczu przez pokrycie powierzchni gleby roślinnością lub jej resztkami,
- zróżnicowania upraw w obrębie dużych pól (ograniczenie ich powierzchni); w takim przypadku rośliny uprawne pełnią funkcję stref buforowych pokrytych roślinnością, redukują szybkość i ograniczają spływ powierzchniowy (pasowy sposób uprawy ziemi),
- rozmieszczenia i zróżnicowania upraw w obrębie zlewni – zrównoważone rozmieszczenie upraw ogranicza również ilość danego środka ochrony roślin oraz ryzyko jego migracji do odbiornika wodnego (będzie on stosowany w mniejszych ilościach, ponieważ zazwyczaj dla różnych upraw stosuje się różne środki).

## 8. OPTIMALIZACJA PŁODOZMIANU

Płodozmian to wieloletnie planowe następstwo roślin uprawianych na danym polu. Celem płodozmianu jest zwiększenie żyzności gleby i zapewnienie jej produktywności przez długi czas. Długotrwały płodozmian – naprzemienna uprawa na danym polu roślin ozimych i jarych – jest działaniem, mającym na celu zmniejszenie wpływu i znaczenia szkodników, chwastów oraz chorób. Jest przez to podstawowym narzędziem wdrażania integrowanej ochrony roślin (*Integrated Pest Management – IPM*). Płodozmian powinien być rozpatrywany nie tylko na poziomie pola, ale także w skali zlewni, zwłaszcza na obszarach wrażliwych.

Płodozmian w znaczący sposób wpływa na zawartość materii organicznej w glebie. Uprawa np. buraka cukrowego, ziemniaka czy kukurydzy przeznaczonej na kiszonki zmniejsza tę zawartość, podczas gdy uprawa

zbóż (słoma), rzepaku, kukurydzy uprawianej na ziarno, roślin poplonu i stosowanie nawozów organicznych – zwiększa ją.

Duża zawartość substancji organicznych w glebie zapewnia utrzymanie odpowiedniej struktury i porowatości gleby oraz zwiększa jej pojemność wodną. Intensyfikuje również aktywność mikrobiologiczną gleby, przyczyniając się do szybszego rozkładu środków ochrony roślin i zwiększenia ich sorpcji w glebie.

Zoptymalizowany płodozmian, bezpośrednio i pośrednio, przyczynia się do ograniczenia sływu powierzchniowego i erozji.

### Co należy zrobić

Optymalizacja płodozmiannu zależy od warunków pogodowych i rodzaju gleby oraz długości okresu wegetacyjnego. Na jego dobór mogą także wpływać czynniki ekonomiczne i pracochłonność.

Głównym kryterium wyboru płodozmiannu powinno być zapewnienie optymalnej zawartości substancji organicznych w glebie i jednocześnie uwzględnienie potrzeby ograniczania sływu powierzchniowego i erozji. W niektórych krajach istnieją regulacje prawne w tym zakresie.

Ponadto, rośliny uprawne różnią się poziomem pokrycia powierzchni gleby w okresach krytycznych. Gdy ryzyko sływu powierzchniowego jest wysokie zalecane jest uprawianie roślin dających wyższy poziom pokrycia powierzchni gleby w tym okresie.

Płodozmian należy dokładnie zaplanować. W okresach charakteryzujących się wysokim ryzykiem sływu powierzchniowego zaleca się naprzemienną uprawę roślin dających gęste pokrycie powierzchni gleby (np. zboża czy rzepak). Zalecane jest także pozostawianie na polu resztek roślin uprawnych. W przypadku zlewni wrażliwych, płodozmian powinien być przedmiotem ustaleń między rolnikami – właścicielami pól.

Zaleca się powołanie odpowiednich organizacji, których jednym z zadań będzie planowanie i propagowanie płodozmiannu w obrębie zlewni

### Skuteczność

W zależności od zastosowanego programu następstwa roślin, płodozmian może ograniczyć sływ powierzchniowy i erozję nawet o 50–90%. Jest szczególnie skuteczny, gdy w dolnej części pól znajdują się łąki.



Zoptymalizowany płodozmian

## 9. WPROWADZENIE PASOWEGO SPOSOBU UPRAWY GŁĘBY W POPRZEK STOKU

Stosowanie pasowego sposobu uprawy na polach o bardzo dużej powierzchni polega na ich podziale na mniejsze części przez wprowadzanie różnych upraw.

Pasy upraw rzędowych, na przykład ziemniaka, buraka cukrowego czy kukurydzy, przeplatane pasami ozimin, rzepaku czy innych roślin uprawnych, wysiewanych w podobny sposób, spowalniają spływ wody w obręb polu, zwiększają jej przesiąkanie w głąb profilu glebowego i zatrzymują osady. Na obszarach pól suchych niekiedy pasy gleby odłogowanej, bez pokrywy roślinnej, przeplatają się z pasami gleby porośniętej roślinami uprawnymi. Podstawowym zadaniem odłogowanych pasów gleby jest zbieranie i zatrzymywanie wody w polu. W ostatnich latach w Europie obserwuje się zwiększenie powierzchni poszczególnych pól uprawnych i możliwe staje się wprowadzenie pasowego sposobu uprawy na terenach, gdzie pola są odpowiednio duże. Należy pamiętać, że na polach tych ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji jest wysokie.

### Co należy zrobić

Polu o dużej powierzchni, narażone na wystąpienie spływu powierzchniowego i erozję, należy podzielić na mniejsze, wprowadzając pasowy

sposób uprawy. Pasy roślin uprawnych powinny w jak największym stopniu pokrywać się z poziomiami i pełnić rolę jednorocznych stref buforowych wewnątrz pola.

Wymagania i ograniczenia stosowania tej metody są porównywalne z opisanymi dla orki konturowej.



Pasowa uprawa gleby

## 10. SIEW MIĘDZYPLONU JEDNOROCZNEGO

Siew międzyplonu (poplonu) w celu utworzenia pokrywy roślinnej tuż po zbiorze rośliny uprawnej i przed wysiewem następnej, jest bardzo efektywną metodą ograniczania splotu powierzchniowego.

Międzyplon ogranicza negatywne oddziaływanie deszczu na glebę – zwiększa zawartość materii organicznej, poprawia stabilność cząstek gleby, ich odporność na rozbryzgiwanie przez krople deszczu oraz zwiększa odporność powierzchni gleby na zbrylanie. Zwiększenie przesiąkania wody ogranicza jej ilość odpływającą z pola ze splotem powierzchniowym i/lub drenażem. Korzystne oddziaływanie poplonu polega też na ograniczeniu migracji związków biogennych do wód powierzchniowych, ponieważ rośliny poplonu wykorzystują i wiążą dostępny azot i fosfor. Międzyplon łatwiej uprawia się w rejonach wilgotnych, gdzie opady występują regularnie, niż w rejonach pól suchych, gdzie opady są ograniczone.

## Co należy zrobić

Wybór poplonu zależy od długości trwania sezonu wegetacyjnego, warunków glebowych, wilgotności gleby i wymagań następnej rośliny uprawnej, która ma zostać wysiana. Zaleca się uzgodnienie z lokalnym doradcą rolniczym jakie rośliny są najodpowiedniejsze dla wybranego płodozmianu i regionu klimatyczno-glebowego.

- Im dłuższy jest wzrost poplonu na polu w przerwie między głównymi uprawami, tym większa jest skuteczność omawianej metody. Możliwe jest wysianie uprawy głównej bezpośrednio na pole pokryte roślinami poplonu po ich desykcji lub przeoraniu.
- W przypadku, gdy wymagania głównej uprawy odnośnie do przygotowania powierzchni siewnej są duże (np. gładka powierzchnia siewna), można wybrać poplon o krótszym okresie wegetacji, który obumiera na przykład pod wpływem mrozu (np. facelia). W takim przypadku ograniczenie spływu powierzchniowego wiosną jest związane przede wszystkim z zachowaniem pozostałości poplonu na powierzchni gleby.

Należy wziąć pod uwagę wymagania prawne oraz możliwości dofinansowania. Na przykład, we Francji stosowanie międzyplonu jest obowiązkowe na terenach wrażliwych, zidentyfikowanych w ramach wdrażania dyrektywy azotowej.

Stosując międzyplon należy wziąć pod uwagę, że:

- warunki siewu międzyplonu powinny umożliwić szybkie wytworzenie gęstego pokrycia gleby roślinnością;
- o ile to możliwe, poplon należy wysiewać w poprzek stoku;
- zaleca się stosowanie zróżnicowanych technik siewu, które powinny być dostosowane do wymagań nasion i warunków lokalnych;
- zaleca się wysiewanie międzyplonu różnymi sposobami, dostosowanymi do lokalnej sytuacji, np. przez wsianie w dojrzewającą uprawę lub w ryżsko pozostałe po zbiorach; międzyplon nie ukorzeni się poprawnie, gdy zostanie wysiany po zbiorze kukurydzy uprawianej na kiszonce, ale w tę uprawę może być wysiane żyto przed jej zbiorem (siew można wykonać, gdy kukurydza jest w fazie 8–10 liści);
- w celu ochrony powierzchni gleby przed spływem powierzchniowym, przed siewem upraw jarych należy pozostawić na niej resztki roślin międzyplonu.

## Skuteczność

Skuteczność tej metody zależy od właściwego wyboru poplonu i terminów występowania opadów deszczu. Dobrze rozwinięte rośliny niemal całkowicie ograniczą zjawisko spływu powierzchniowego i erozji. Wyniki badań wykonanych we Francji pokazały, że wysiew gorczycy ograniczył erozję 25-krotnie w porównaniu z erozją występującą na glebie pozbawionej szaty roślinnej (z erozji gleby na poziomie 1000 kg do poziomu 40 kg).

## Ograniczenia

Rośliny międzyplonu mogą negatywnie oddziaływać na uprawę główną przez:

- spowodowanie jej powolnych i niejednorodnych wschodów w wyniku ograniczenia kontaktu jej nasion z glebą (pozostałości poplonu utrudniają wschody);
- spowodowanie jej opóźnionych wschodów – wysychanie powierzchni gleby na wiosnę i ograniczenie dostępności wody dla nasion;
- szkodliwy wpływ substancji chemicznych wydzielanych przez rośliny danego gatunku lub pochodzących z rozkładu tych roślin (zdarza się też korzystny wpływ tych substancji);
- zwiększenie ilości bytujących w glebie patogenów;
- zwiększoną ilość owadów, ślimaków i innych szkodników oraz chorób.

## 11. STOSOWANIE PODWOJONEGO SIEWU

Zazwyczaj optymalna gęstość wysiewu/sadzenia roślin uprawnych jest dostosowana do warunków lokalnych, jednak gdy na polu jest obserwowany obszarowy spływ powierzchniowy, pas uprawy o większej gęstości roślin może zmniejszyć jego natężenie. Działa on jak pas buforowy z roślin jednorocznych, więc nie ma konieczności zakładania stref buforowych pokrytych roślinnością inną niż uprawa.

### Co należy zrobić

Podwojony siew należy prowadzić w formie pasów w poprzek zbocza bądź w dolince spływu, jako uzupełnienie normalnego siewu. Przepływ wody zostanie mocno spowolniony i ograniczone zostanie ryzyko erozji. Usytuowanie pasów podwojonego wysiewu oparte jest na tych samych zasadach co lokalizacja zadarnionych stref buforowych wewnątrz pola.



## 12. STOSOWANIE WIELOLETNICH POPLONÓW NA PLANTACJACH

Wieloletnie rośliny międzyplonu dają możliwość ochrony i zacienienia powierzchni gleby oraz zwiększają jej porowatość. Dzięki temu następuje spowolnienie przepływu wody, zwiększenie jej przesiąkania w głąb profilu glebowego, a zatrzymanie osadów niesionych ze strumieniem spływu ogranicza erozję. Należy pamiętać, że plantacje położone na terenach pagórkowatych i górzystych, pozbawione roślin okrywowych, są w wysokim stopniu narażone na wystąpienie spływu powierzchniowego i, przede wszystkim, na erozję.

### Co należy zrobić

Wprowadzenie wieloletnich roślin poplonu jest zalecane na obszarach, na których dostępność wody nie jest czynnikiem ograniczającym uprawę roślin. Na terenach suchych rośliny wieloletnie mogą współzawodniczyć o wodę z roślinami uprawianymi na plantacji. W takich przypadkach należy starannie dobierać ich gatunki. Może się też okazać konieczna zamiana roślin wieloletnich na jednoroczne, okresowe ich wysuszenie lub ochrona powierzchni gleby za pomocą na przykład słomy, kompostu itp. Wybór odpowiedniego dla danej plantacji poplonu zależy również od wykonanej w polu lub w obrębie zlewni analizy warunków, pozwalającej na ustalenie kategorii ryzyka.

Przykładem skutecznych niskich roślin okrywowych są trawy, same lub w mieszaninie z koniczyną. Rośliny należy pielęgnować tak, aby zapewnić możliwie jak najpełniejsze pokrycie gleby i utrzymać ich zdolność do ograniczania spływu powierzchniowego i erozji (odporność przez wykształcenie mocnych łodyg). Jeżeli panujące w glebie stosunki powietrzno-wodne ograniczają możliwość wprowadzenia wieloletnich roślin okrywowych, rośliny takie należy wprowadzić w co drugim rzędzie i sprawdzić alternatywne bądź też dodatkowe środki ograniczania spływu powierzchniowego i erozji.

Rośliny okrywowe należy wprowadzić między rzędy upraw. Utrzymywać mniej więcej stałą wysokość roślin okrywowych (10–15 cm) przez regularne koszenie lub inne zabiegi. Jeśli rośliny poplonu nie pokrywają całkowicie powierzchni gleby, należy wprowadzić okrywy z materii organicznej (resztek roślin). Dobierając rośliny należy także uwzględnić kwestię różnorodności biologicznej (np. rośliny okrywowe z grupy wiechlinowatych (*Lolium spp.*) charakteryzują się małą różnorodnością biologiczną).



Poplon nie powinien kolidować ze stosowaniem środków ochrony roślin (stosowanie ich w okresie kwitnienia może stanowić zagrożenie dla pszczół).

Zalecenia powinny być dostosowane do warunków lokalnych.



Pas traw między rzędami drzew owocowych

### Skuteczność

Na terenach gdzie plantacje są położone na łagodnych stokach, skuteczność międzyplonu w ograniczaniu splywu powierzchniowego może dojść do 100%. Tam, gdzie stok jest bardziej stromy – skuteczność może osiągnąć jedynie 50%. W takich przypadkach wymagane jest zastosowanie dodatkowych środków ograniczania splywu powierzchniowego i erozji. Istotne jest, aby rośliny okrywowe były niezbyt wysokie (< 25 cm) i odpowiednio wytrzymałe, aby nie poddać się sile naporu wody ze splywu powierzchniowego.

## 13. POSZERZANIE STREF ZAWRACANIA MASZYN ROLNICZYCH

Zazwyczaj pole położone na stoku jest uprawiane w kierunku spadku i czasami, z różnych przyczyn, nie zawsze da się to zmienić. Strefy zawracania maszyn rolniczych położone w dolnej części pola, mogą być wykorzystane jako roślinne bariery dla wody splywającej w dół zbocza.

Strefy zawracania można poszerzać do miejsca, w którym teren staje się zbyt stromy, aby bezpiecznie prowadzić prace z wykorzystaniem maszyn rolniczych.

### Co należy zrobić

Siew/sadzenie roślin uprawnych w strefie zawracania należy prowadzić w poprzek stoku.

Gdy na podstawie przeprowadzonej analizy pola stwierdzono wysokie ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego należy poszerzyć strefę zawracania. Dobrym rozwiązaniem, mającym na celu zwiększenie skuteczności ograniczenia spływu, może być także podwojony siew uprawy w strefie zawracania (strefa buforowa).

## Strefy buforowe pokryte roślinnością

### INFORMACJE OGÓLNE

Strefy buforowe pokryte roślinnością można uznać za trwałe elementy infrastruktury zlewni. Spełniają następujące zadania:

- zwiększają przesiąkanie wody pochodzącej ze spływu powierzchniowego w głąb profilu glebowego,
- spowalniają przepływ wody ze spływu powierzchniowego dzięki odpowiedniej szacie roślinnej;
- zwiększają różnorodność biologiczną dzięki odpowiedniej szacie roślinnej;
- zwiększają obszar, na którym nie są stosowane środki ochrony roślin (ograniczają ich stosowanie w pobliżu wód powierzchniowych na terenach nieosłoniętych).

Możliwe jest założenie następujących rodzajów stref buforowych pokrytych roślinnością:

- porośniętych trawą,
- żywopłotów,
- stref stanowiących połączenie traw i żywopłotów,
- stref zadrzewień,
- łąk.

Przesiäkanie wody w głąb profilu glebowego jest lepsze w obrębie stref buforowych pokrytych roślinnością drzewiastą i krzaczastą, z uwagi na lepiej rozwinięty system korzeniowy tych roślin. Gęsta trawa natomiast skuteczniej spowalnia spływ powierzchniowy i dzięki temu efektywniej zatrzymuje zerodowane cząstki gleby. Połączenie obu rodzajów stref buforowych pozwala na wykorzystanie zalet każdej z nich. Gęsta roślinność w obrębie strefy buforowej sprzyja też efektywniejszej degradacji środka ochrony roślin w glebie, ponieważ gromadzenie się w niej materii organicznej intensyfikuje aktywność mikroflory glebowej.

Dobór roślin do stref buforowych zależy od warunków lokalnych i nie może być przedmiotem uogólnienia. Ponadto, wybrane gatunki roślin tworzące strefę mogą być pożyteczne dla pszczół, mogą także stworzyć niszę ekologiczną dla wybranych gatunków roślin i zwierząt.

Strefy buforowe dość skutecznie ograniczają ilość wody odpływającej z pola i zatrzymują zerodowane cząstki gleby. Głównym zadaniem stref buforowych pokrytych roślinnością jest zatrzymanie wody spływającej z pól położonych powyżej, dlatego też bardzo ważna jest ich lokalizacja w zlewni. Z racji złożoności i zmienności czynników decydujących o skuteczności stref buforowych, zalecenia odnośnie do ich lokalizacji i wymiarów muszą być **oparte na szczegółowej analizie**.

W niniejszym rozdziale przedstawiono ogólne zalecenia w tym zakresie. Więcej informacji zawiera broszura CORPEN (cytowana w bibliografii; dostępna na stronie [www.TOPPS-life.org](http://www.TOPPS-life.org)).

### a) Lokalizacja i ustalenie wymiarów strefy buforowej

Strefy buforowe mogą się znacznie różnić wymiarami, które są określane w zależności od zadania jakie mają do spełnienia, charakterystyki gleby i zlewni oraz wzajemnego oddziaływania innych metod ograniczania spływu powierzchniowego. Lokalizacja stref buforowych powinna być wyznaczona z uwzględnieniem charakterystyki hydrologicznej zlewni – powinny być one usytuowane w górnej części zlewni, możliwie jak najbliżej potencjalnych źródeł powstawania rozproszonego spływu powierzchniowego, najlepiej zanim przekształci się on w spływ skoncentrowany. Spływ powierzchniowy, początkowo rozproszony, w miarę przesuwania się w dół zlewni ulega koncentracji (zazwyczaj kumuluje się w dolinach spływu).

**Spływ przez pole powinien być wyeliminowany,  
ponieważ powoduje jedynie przeniesienie problemu  
z danego pola na pole sąsiednie lub bezpośrednio do zbiornika wodnego**

Ze względu na skuteczność stref buforowych, ważniejsze jest ich położenie na terenie zlewni (pola) niż szerokość.

Strefy buforowe, których głównym zadaniem jest zatrzymywanie zerodowanych cząstek gleby mogą być węższe (na przykład 5–10 metrów) niż te, które mają przede wszystkim zatrzymywać wodę ze strumienia spływu powierzchniowego i rozpuszczone w niej zanieczyszczenia (10–20 metrów). Należy także wziąć pod uwagę inne parametry, takie jak przepuszczalność gleby, jej nasycenie wodą, nachylenie stoku, szczególnie tam, gdzie pojawia się skoncentrowany spływ powierzchniowy. Na terenach i w okresach, gdy gleba jest nasyciona wodą (występują podtopienia) skuteczność stref buforowych porośniętych roślinnością jest mała (strefy buforowe na glebie nasyczonej nie są w stanie przyjąć wody ze spływu powierzchniowego). Nasycenie wodą powinno być uwzględnione, gdy chcemy wykorzystać przybrzeżne pasy roślinności jako strefy buforowe w dolnej części zlewni.

W zależności od rodzaju spływu powierzchniowego proponuje się wykorzystanie odpowiednich stref buforowych.

- Strefy buforowe porośnięte trawą wewnątrz pola lub na jego skraju są potrzebne do zatrzymania spływu powierzchniowego rozproszonego w obrębie pola lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie.
- Strefy filtracyjne porośnięte trawą wzdłuż cieków odgrywają ważną rolę – zapobiegają spływowi powierzchniowemu bezpośrednio z pól do odbiorników wodnych. Ochrona odbiorników wodnych przez pasy roślinności nadbrzeżnej jest szczególnie ważna i skuteczna w górnej części zlewni oraz w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł wody na terenach, na których występuje kredowa warstwa wodonośna.
- Założenie stref buforowych porośniętych trawą w dolinkach spływu może być konieczne w celu intensyfikacji procesu przesiąkania w głąb profilu glebowego wody ze spływu powierzchniowego skoncentrowanego (w miejscach położonych na drodze naturalnego odpływu wody z obszaru zlewni oraz w zagłębieniach na zboczach). Drogi wzdłuż pól często zbierają wodę

pochodzącą ze splotywu powierzchniowego, stając się tym samym dolinkami splotywu skoncentrowanego, zatem umiejscowienie stref buforowych wzdłuż dróg (strefy buforowe na obrzeżach pola) chroni glebę przed splotywem powierzchniowym.

- Naturalne strefy przesiąkania gleby (np. suche dolinki i zagłębienia terenu) na obszarach krasowych powinny być chronione przed splotywem powierzchniowym w ten sam sposób co wody powierzchniowe, ponieważ bezpośrednio łączą powierzchnię gleby z wodami podziemnymi.



**Schemat 6.** Położenie stref buforowych w zlewni; 1 – strefa buforowa w obrębie pola położonego na stoku, stosowana do podzielenia dużych pól na mniejsze, 2 – strefa buforowa na skraju pola, chroniąca drogę (potencjalna droga splotywu wody), 3 – strefa buforowa położona na skraju pola w jego dolnym narożniku, zapobiegająca zbieraniu się tam wody, 4 – dolinka splotywu porośnięta trawą, ograniczająca splotyw powierzchniowy skoncentrowany, 5 – duża zadarniona strefa buforowa, np. łąka, służąca do zatrzymania i rozpraszania splotywu skoncentrowanego zasilanego z położonej powyżej dolinki splotywu (wspomaga przesiąkanie wody), 6 – nadbrzeżna strefa buforowa (między granicą pola a brzegiem odbiornika wodnego, porośnięta trawą) założona w celu zatrzymania splotywu powierzchniowego dopływającego z położonego wyżej pola (źródło: CORPEN/ IRSTERA, zmodyfikowane).

### b) Pielęgnacja stref buforowych w celu zachowania ich funkcjonalności

W celu zapewnienia skutecznego zatrzymywania cząstek gleby transportowanych w strumieniu wody splotywu powierzchniowego, konieczne jest zapewnienie w strefie buforowej odpowiedniej porowatości powierzchni gleby pokrytej roślinnością. W przypadku stref zadarnionych konieczne jest regularne koszenie. Aby żdzbla trawy pozostawały wyprostowane, ich średnia wysokość powinna wynosić około 10 cm, zaś maksymalna – nie przekraczać 25 cm.

Wyższe źdźbła będą przyginane do ziemi przez wodę, przez co skuteczność spowalniania spływu powierzchniowego i wyłapywania niesionych z nim osadów glebowych ulegnie ograniczeniu. Zaleca się co najmniej jedno koszenie trawy w strefie buforowej rocznie. Należy przy tym uwzględnić okresy lęgowe ptaków oraz okresy kwitnienia i tworzenia nasion przez rośliny rosnące w obrębie strefy. W celu ochrony dzikich zwierząt, kosiarki powinny być wyposażone w urządzenia ostrzegawcze.

W celu zapewnienia prawidłowego funkcjonowania stref buforowych istotne jest unikanie wszelkich działań powodujących ograniczenie przesiąkliwości gleby. W obrębie stref buforowych należy do niezbędnego minimum ograniczyć ruch maszyn rolniczych, prowadzący do zbijania się gleby. Strefy buforowe nie powinny być używane jako drogi dojazdowe maszyn rolniczych na pola. Można je wykorzystać jako pastwiska, jednak wypas ciężkich zwierząt hodowlanych, takich jak krowy, także może przyczyniać się do zbijania gleby. Należy również wziąć pod uwagę to, że pozostawione w strefach buforowych odchody zwierzęce mogą być źródłem zanieczyszczenia odbiorników wód powierzchniowych substancjami biogennymi i mikroorganizmami chorobotwórczymi.

Przesiákanie wody w strefie buforowej może być także ograniczone przez gromadzące się w jej obrębie osady. Ich obecność może powodować zatykanie porów glebowych i przyczyniać się do powstania skoncentrowanego przepływu wody przez strefę ochronną. W związku z tym zalecane jest regularne usuwanie nagromadzonych osadów bądź ich równomierne rozprowadzanie po całej powierzchni strefy. W celu wyrównania powierzchni gleby w obrębie strefy buforowej można stosować delikatne bronowanie.

Nie należy nawozić stref buforowych ani stosować w ich obrębie środków ochrony roślin, chyba że zabiegi takie mają służyć wytworzeniu gęstej pokrywy roślinnej. Jest to szczególnie istotne w przypadku stref buforowych usytuowanych wzdłuż odbiorników wodnych, z których możliwy jest szybki odpływ wody.

### **c) Skuteczność i ograniczenia**

Na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, że skuteczność zadarnionych stref buforowych jest bardzo zróżnicowana, co świadczy o tym, że ich funkcjonowanie zależy od wielu czynników – fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Strefy buforowe wzdłuż cieków są efektywnym narzędziem ograniczenia migracji środków ochrony roślin do wód powierzchniowych. Ich skuteczność wynosi 50–100%, w zależności od ich szerokości, przepiękliwości gleby (tj. jej składu granulometrycznego i struktury), początkowej wilgotności jej powierzchniowej warstwy i zdolności do zatrzymywania cząstek gleby, a także charakterystyki opadów.

Można wymienić trzy główne czynniki, ograniczające skuteczność stref buforowych.

- **Nadmierne nasycenie gleby wodą**, wpływające negatywnie na jej retencyjność, znacznie ograniczające skuteczność strefy w zatrzymywaniu środków ochrony roślin transportowanych w strumieniu wody spływu powierzchniowego, pomimo utrzymania przez roślinność zdolności do zatrzymywania cząstek osadów. Zjawisko to jest szczególnie istotne w przypadku stref buforowych usytuowanych wzdłuż cieków, w bezpośrednim ich sąsiedztwie i tam, gdzie poziom wód gruntowych jest zazwyczaj wysoki.
- **Zbrylanie/zbijanie się gleby**, spowodowane częstymi przejazdami ciężkich maszyn rolniczych lub ruchem zwierząt hodowlanych, ograniczające jej przepiękliwość. W praktyce oznacza to ograniczenie zdolności strefy buforowej do zatrzymywania spływu powierzchniowego.
- **Osadzanie się zerodowanych cząstek gleby** w obrębie strefy buforowej porośniętej trawami, prowadzące do jej niewłaściwego funkcjonowania w okresach powtarzających się intensywnych opadów. Następuje wówczas zatkanie porów glebowych i wytworzenie dróg spływu skoncentrowanego.

#### d) Inne pozytywne skutki

Zadarnione strefy buforowe mogą także pełnić inne funkcje w obrębie zlewni:

- przyczyniać się do ograniczenia zjawiska zamulania strumieni;
- zmniejszać dopływ substancji biogennych (azotu, fosforu) do wód powierzchniowych i ograniczać ich eutrofizację;
- zapewniać nisze ekologiczne dla kluczowych gatunków, poprawiając różnorodność biologiczną ekosystemów zlewni użytkowanych rolniczo;



- tworzyć tzw. zielone korytarze w obrębie zlewni;
- poprawiać strukturę krajobrazu zlewni, czyniąc ją bardziej atrakcyjną turystycznie.

W dalszej części poradnika scharakteryzowano strefy buforowe w zależności od ich lokalizacji i rozmiaru oraz składu gatunkowego tworzących je roślin.

Skuteczność stref ochronnych, niezależnie od ich rodzaju, jest podobna.

## 14. ZAKŁADANIE I PIELEGNACJA ŚRÓDPOLNYCH STREF BUFOROWYCH

Śródpolne strefy buforowe mogą być szczególnie skuteczne, gdy ilość wody pochodzącej ze spływu powierzchniowego, dopływającej z wyżej położonych obszarów, jest stosunkowo niewielka (zatrzymanie wody w glebie).

Strefy buforowe położone wzdłuż cieków mogą być czasowo nasycone wodą i często są narażone na występowanie spływu skoncentrowanego. Zdolność pochłaniania wody stref buforowych usytuowanych w obrębie pola jest zwykle większa, co wpływa na zdolność ograniczania spływu powierzchniowego obszarowego w miejscu jego powstawania. Strefy śródpolne są zazwyczaj porośnięte trawą lub żywopłotem.

### Co należy zrobić

Na podstawie przeprowadzonej analizy warunków w polu/zlewni ustala się położenie i wymiary strefy buforowej (lub stref buforowych). Śródpolne strefy ochronne powinny być usytuowane tak, aby ograniczyć do minimum możliwość tworzenia się spływu skoncentrowanego (na jednorodnych stokach, bez dolinek spływu). Powinno się dążyć do wyeliminowania wszelkich potencjalnych dróg skoncentrowanego spływu wody przez strefę buforową, na przykład przez koleiny czy drogi/ścieżki. W zależności od dodatkowego przeznaczenia (np. ochrona przed erozją, silnymi wiatrami) zakłada się strefy porośnięte trawami lub żywopłoty.

Rośliny w obrębie strefy powinny:

- być częścią naturalnej szaty roślinnej (nieinwazyjne i charakterystyczne dla danego obszaru),



- być dostosowane do warunków lokalnych (np. regularnego okresowego podtapiania lub okresów suszy),
- mieć sztywne liście, aby skutecznie spowalniać przepływ wody w strumieniu spływu powierzchniowego,
- zapewnić gęste pokrycie powierzchni strefy buforowej.

### Skuteczność i ograniczenia

Śródpolne strefy buforowe skutecznie ograniczają obszarowy spływ powierzchniowy, ale gdy dotrze do nich strumień spływu skoncentrowanego, zazwyczaj szybko przez nie przepływa. W związku z tym, priorytetem staje się przeciwdziałanie powstawaniu spływu skoncentrowanego w obrębie pola, na przykład w wyniku zagospodarowania kolein czy orki konturowej. Gdy zjawiska spływu skoncentrowanego nie da się wyeliminować, w celu zatrzymania i rozproszenia spływającej wody zaleca się stworzenie pogłębionej bruzdy między strefą buforową i polem położonym powyżej.

Jeżeli prace polowe są wykonywane w dół zbocza, wówczas śródpolne strefy buforowe mogą powodować wydłużenie czasu potrzebnego na ich przeprowadzenie.

## 15. ZAKŁADANIE I PIELEGNACJA STREF BUFOROWYCH NA OBRZEŻACH POLA

Strefy buforowe na obrzeżach pola są zazwyczaj położone w jego dolnej części i oddzielają je od pola położonego poniżej lub od drogi. Ich zadaniem jest zatrzymanie i umożliwienie wchłonięcia przez glebę wody pochodzącej ze spływu powierzchniowego oraz zatrzymanie niesionych przez nią osadów, zanim strumień dotrze do drogi lub pola położonego poniżej.

Strefy buforowe mogą szczególnie skutecznie zatrzymywać wodę, gdy jej ilość dopływająca z wyżej położonych obszarów jest stosunkowo niewielka.

Strefy buforowe położone wzdłuż cieków mogą być czasowo nasycone wodą i często są narażone na występowanie spływu skoncentrowanego. Przesiąkliwość gleby stref buforowych na obrzeżach pola jest zazwyczaj większa i większa jest ich zdolność ograniczania powierzchniowego spływu obszarowego w miejscu jego powstawania. Strefy te zazwyczaj są porośnięte trawą lub żywoptłem.

## Co należy zrobić

Na podstawie przeprowadzonej analizy warunków w polu/zlewni ustala się położenie i wymiary strefy buforowej (lub stref buforowych). Powinno się dążyć do wyeliminowania wszelkich potencjalnych dróg skoncentrowanego spływu wody przez strefę buforową, na przykład przez koleiny czy drogi/ścieżki. W zależności od dodatkowego przeznaczenia (np. ochrona przed erozją, silnymi wiatrami), zakłada się strefy porośnięte trawami lub żywopłoty.

Rośliny w obrębie strefy powinny:

- ➔ być częścią naturalnej szaty roślinnej (nieinwazyjne i charakterystyczne dla danego obszaru),
- ➔ być dostosowane do warunków lokalnych (np. regularnego okresowego podtapiania lub okresów suszy),
- ➔ mieć sztywne liście, aby skutecznie spowalniać przepływ wody w strumieniu spływu powierzchniowego,
- ➔ zapewnić gęste pokrycie powierzchni strefy buforowej.

Jeśli na granicy strefy buforowej gromadzą się osady, należy je równomiernie rozprowadzać w obrębie całej strefy lub usuwać i rozprowadzać równomiernie na polu położonym powyżej.



Strefa buforowa wzdłuż krawędzi pola

## Skuteczność i ograniczenia

Strefy buforowe położone na obrzeżach pola skutecznie przechwytyją i ograniczają obszarowy spływ powierzchniowy z pól, ale gdy dotrze do nich strumień spływu skoncentrowanego, zazwyczaj szybko przez nie przepływa. W związku z tym, priorytetem staje się przeciwdziałanie powstawaniu spływu skoncentrowanego w obrębie pola, na przykład przez zagospodarowanie kolein czy orkę konturową. Gdy zjawiska spływu skoncentrowanego nie da się wyeliminować, w celu zatrzymania i rozproszenia spływającej wody zaleca się stworzenie pogłębionej bruzdy między strefą buforową i polem położonym powyżej.

## 16. ZAKŁADANIE I PIELĘGNACJA STREF BUFOROWYCH WZDŁUŻ BRZEGÓW ODBIORNIKÓW WODNYCH

Strefy buforowe położone wzdłuż brzegów odbiorników wodnych są to pielęgnowane lub niepielęgnowane pasy roślinności, usytuowane wzdłuż brzegów, np. strumieni, rowów, stawów. Ich zadaniem jest ochrona wód powierzchniowych przed spływem wody z pól (podobnie, jak opisanych wcześniej stref buforowych). Ograniczają oraz spowalniają spływ powierzchniowy, poprawiając warunki wchłaniania wody przez glebę, zatrzymują także niesione z wodą osady.

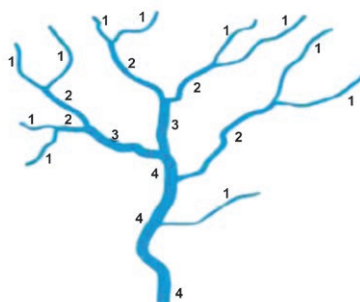
Dodatkowo, strefy te są skutecznym narzędziem ograniczania migracji substancji niesionych z wiatrem do zbiorników wodnych (np. środków ochrony roślin znoszonych z chmurą oprysku, pyłów). Skuteczność zatrzymywania niesionych cząstek jest znacząco większa, gdy w strefie nadbrzeżnej rosną rośliny krzewiaste lub drzewa.

Ponadto, strefy ochronne usytuowane wzdłuż odbiorników wodnych:

- stabilizują brzegi rzek,
- poprawiają warunki ekologiczne w strumieniach, dostarczają pożywienia faunie i ocieniają powierzchnię wody,
- zwiększają różnorodność biologiczną w polu,
- tworzą wzajemne powiązania w ekosystemie (tzw. zielone korytarze, zwiększenie różnorodności biologicznej w zlewni).

Na podstawie wyników badań stwierdzono, że woda w rzekach pochodzi z małych strumieni z górnej części zlewni, które są zasilane także spływem powierzchniowym (schemat 7). Ważnym zadaniem jest ochrona strumieni

niższych rzędów przez zakładanie stref buforowych wzdłuż ich brzegów. Ochrona cieków wyższych rzędów (rzęd 3 lub wyższy) przez wprowadzenie stref buforowych wzdłuż ich brzegów ma ograniczony wpływ na jakość wody cieków najwyższego rzędu, ale może istotnie przyczynić się do osiągnięcia innych celów, określonych w programach ochrony (patrz wyżej).



**Schemat 7.** System wodny w zlewni zgodnie z klasyfikacją Strahlera (rzęd 1 – ciek źródłowy; połączenie dwóch cieków rzędu  $n$  tworzy ciek rzędu  $n+1$ )

## Co należy zrobić

W pierwszej kolejności należy określić cele ochronne strefy buforowej położonej wzdłuż cieków. Celem jest zagwarantowanie maksymalnej skuteczności ograniczania migracji zanieczyszczeń ze spływem powierzchniowym do odbiorników wodnych. Roślinność w strefie buforowej powinna być dostosowana do ustalonych zadań ochronnych strefy. Może to być roślinność jednoroczna, wieloletnia lub mieszana (trawy, krzewy, żywopłoty lub drzewa).

Mniejsze rowy i strumienie, stałe lub okresowe, są zwykle chronione jedynie przez strefy buforowe porośnięte trawą. W przypadku większych cieków – dużych strumieni i rzek – dużo ważniejszą rolę odgrywają strefy zadrzewione.

W zależności od specyfiki pola oraz wyników oceny ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego, dobiera się położenie, rodzaj i szerokość stref ochronnych.

Gdy okaże się, że zaprojektowane strefy buforowe są zbyt szerokie w odniesieniu do wymiarów pola, należy rozważyć stosowanie ich łączne z innymi rodzajami stref buforowych, uwzględniając dotychczasową praktykę rolniczą. Projektując strefy buforowe należy unikać ewentualnego spływu wody w ich obrębie koleinami lub drogą.



Strefa buforowa wzdłuż brzegu odbiornika wodnego

### Rośliny w obrębie strefy powinny:

- ➔ być częścią naturalnej szaty roślinnej (nieinwazyjne i charakterystyczne dla danego obszaru),
- ➔ być dostosowane do warunków lokalnych (np. regularnego okresowego podtapiania lub okresów suszy),
- ➔ mieć sztywne liście, aby skutecznie spowalniać przepływ wody w strumieniu spływu powierzchniowego,
- ➔ zapewnić gęste pokrycie powierzchni strefy buforowej.

### Strefy buforowe wzdłuż odbiorników wodnych nie powinny być:

- ➔ nawożone,
- ➔ opryskiwane środkami ochrony roślin,
- ➔ wykorzystywane jako drogi dojazdowe sprzętu rolniczego.

Gdy w obrębie strefy buforowej gromadzą się osady, należy je rozprowdzać równomiernie na całej powierzchni strefy lub rozprowdzić je i bronować na polach położonych powyżej strefy.

### Skuteczność i ograniczenia

Poziom wody w sąsiadującym odbiorniku wodnym bardzo często wpływa na warunki wodne panujące w glebach stref buforowych. Gleba

w strefie nadbrzeżnej jest często nadmiernie nasycona wodą, co wpływa ujemnie na skuteczność ograniczania spływu powierzchniowego. Czasami niezbędne jest wykonanie analizy, której celem jest oszacowanie efektywności nadbrzeżnej strefy buforowej. W niektórych przypadkach może być wskazane rozważenie możliwości założenia dodatkowych stref buforowych na polach położonych powyżej.

Mimo to nadbrzeżna strefa buforowa służy jako końcowa ochrona wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniami pochodzącymi ze spływu powierzchniowego i niesionymi z wiatrem. Wszędzie tam, gdzie ochrona zbiorników wód powierzchniowych jest celem nadrzędnym, zaleca się założenie minimalnej strefy buforowej wzdłuż brzegów odbiorników, na przykład o szerokości 2 metrów.

## **17. ZAKŁADANIE I PIELEGNACJA STREF BUFOROWYCH W DOLINKACH SPŁYWU**

Dolinka spływu jest to element krajobrazu, który pojawia się wszędzie tam, gdzie dwie pochyłości zbiegają się, wyznaczając jedną ciągłą linię, tworzącą zagłębienie w polu (sucha dolinka, rowek). Zbiera się w nim woda spływająca ze stoku w czasie deszczu, co może prowadzić do wytworzenia się spływu skoncentrowanego w obrębie pola/zlewni. W celu oszacowania ryzyka wystąpienia spływu skoncentrowanego należy ocenić sytuację w polu. Dolinki spływu są często czynnikiem powodującym erozję denną (tworzenie jarów i parowów) w obrębie zlewni. Metodą skutecznego ograniczania spływu powierzchniowego i erozji jest wprowadzenie wzdłuż linii dolinek stref buforowych porośniętych trawami. W celu ograniczenia wysokiego ryzyka wystąpienia spływu skoncentrowanego w dolince oraz zwiększenia skuteczności stref buforowych, zaleca się dodatkowo sadzenie żywoplotów na zadarnionych strefach w poprzek dolinek.

### **Co należy zrobić**

Na podstawie przeprowadzonej analizy warunków w polu/zlewni ustala się położenie i wymiary strefy buforowej (lub stref buforowych). Należy dobrać rośliny odpowiednie dla strefy, określić gęstość ich wysiewu/sadzenia i wymagania pielęgnacyjne.

Na obszarze, na którym opady deszczu są duże, a ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego i erozji – wysokie, ilość wody z pól położonych powyżej, docierająca do strefy buforowej położonej w dolince spływu jest



znaczna. W takim przypadku zaleca się zakładanie szerokich stref buforowych w dolinkach splotu, na przykład łąk. Usytuowane w poprzek dolinki, są także wykorzystywane do rozpraszania strumienia splotu powierzchniowego skoncentrowanego – w ich obrębie jest możliwe wchłonięcie przez glebę znacznej ilości wody. Posadzenie na łąkach żywopłotów również zwiększy pojemność wodną strefy buforowej, w konsekwencji jeszcze bardziej ograniczając splot powierzchniowy.



Dolinka splotu

## Ograniczenia

Strefy buforowe w obrębie dolinek splotu wyznaczają nowe granice pól. Pola mogą zyskać kształt utrudniający pracę maszyn rolniczych, co w konsekwencji może prowadzić do konieczności zwiększenia czasu potrzebnego na uprawę pola.

## 18. ZAKŁADANIE I PIELEGNACJA ŻYWOPŁOTÓW

Żywopłoty wzdłuż brzegów odbiorników wodnych lub w górnych częściach zlewni mogą być bardzo korzystne dla środowiska. Pełnią funkcję skutecznych wiatrochronów, poprawiają mikroklimat, stabilizują brzegi rzek i zapewniają nisze ekologiczne dla dzikich zwierząt. Ponadto zwiększają przesiąkanie wody pochodzącej ze splotu powierzchniowego, zatrzymują zerodowane cząstki gleby oraz ograniczają migrację biogenów i pozo-

stałości środków ochrony roślin, a także zatrzymują zanieczyszczenia przenoszone z wiatrem. Żywopłaty jako struktury ochronne są uwzględniane w regionalnych lub krajowych systemach zarządzania środowiskiem, a ich wprowadzanie może być dofinansowane.



Pasy żywopłatów usytuowane wzdłuż warstw

Systemy korzeniowe żywopłatów, tworzących strefy buforowe są zazwyczaj bardziej rozbudowane niż systemy korzeniowe traw wysiewanych w strefach ochronnych. Zatem żywopłaty na ogół tworzą lepsze warunki do wchłaniania wody przez glebę. Skutecznie ograniczają obszarowy spływ powierzchniowy, są natomiast mniej efektywne w przypadku spływu skoncentrowanego.

Żywopłaty w strefach ochronnych, znajdujących się w górnej części stoku są najbardziej skuteczne – im niżej są położone, tym są mniej skuteczne.

Żywopłaty w strefach ochronnych są szczególnie wskazane na obszarach o zróżnicowanych rodzajach gleb i strukturze zlewni oraz na podatnych na erozję glebach piaszczystych i ilastych.

### Co należy zrobić

Na podstawie przeprowadzonej analizy warunków w polu/zlewni, ustala się położenie i wymiary strefy buforowej (lub stref buforowych) składającej się z żywopłat i traw. Należy także wziąć pod uwagę inne, dodatkowe zadania, jakie ma spełnić żywopłat (np. chronić przed wiatrem).



Następnie dokonuje się wyboru gatunków traw i krzewów, uwzględniając prace związane z zakładaniem i pielęgnacją stref. Skuteczność ograniczania znoszenia środków ochrony roślin podczas oprysku jest w znacznym stopniu uzależniona od składu gatunkowego żywopłotów, gęstości nasadzenia roślin, powierzchni liści i fazy wzrostu.

W celu zapewnienia odpowiedniej odporności żywopłotu należy wybrać zróżnicowane gatunki roślin. Aby żywopłot cechowała odpowiednia żywotność i odporność na czynniki środowiskowe powinien on składać się z lokalnych, wytrzymałych gatunków drzew i krzewów. Nie powinny one współzawodniczyć z roślinami uprawnymi i wykazywać szkodliwego wpływu na nie. Nie powinny być także gospodarzami szkodników i chorób.

W wyborze gatunków roślin należy także uwzględnić potrzeby pokarmowe zwierząt dziko żyjących (pola uprawne nie zapewniają im pożywienia przez cały rok).

Aby zapewnić wybranym krzewom i drzewom właściwy rozwój systemu korzeniowego należy dobrze przygotować glebę.

Żywopłoty należy sadzić wzdłuż poziomic pola, na wąskich pasach traw (co najmniej 2-metrowych). Wspólne posadzenie traw i żywopłotów zwiększa skuteczność ograniczania splotu powierzchniowego. Żywopłot powinien być posadzony w środku pasa traw. Umieszczenie go na skraju znacznie zmniejsza skuteczność strefy. W celu zapewnienia odpowiedniego wchłaniania wody i ochrony przed wiatrem krzewy powinny być sadzone co 0,5–1,0 m w dwóch lub trzech rzędach, w odstępach między rzędami 0,5–1,0 m. Rośliny niskie powinny być sadzone możliwie jak najgęściej w zależności od ich charakterystyki gatunkowej i zdolności do wypełniania wolnych przestrzeni. Szacuje się, że docelowa gęstość po 10 latach od chwili posadzenia powinna wynosić 40 pędów/m<sup>2</sup>. W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu różnorodności biologicznej zaleca się formę piramidalną żywopłotu (litera A).

Na etapie zakładania żywopłotu należy zwrócić uwagę na chwasty – zapobiegać konkurencji o zasoby środowiska (miejsce wzrostu, składniki pokarmowe). Młode sadzonki należy także chronić przed zgryzaniem i zjadaniem przez ssaki (na przykład chroniąc je siatką).

W pierwszych latach po zasadzeniu drzewa i krzewy powinny być przycinane regularnie i mocno. Po upływie kilku lat od zasadzenia

pielęgnację można ograniczyć do kontroli ilości zdrewniałych łodyg oraz szerokości i kształtu żywopłotu.

## Ograniczenia

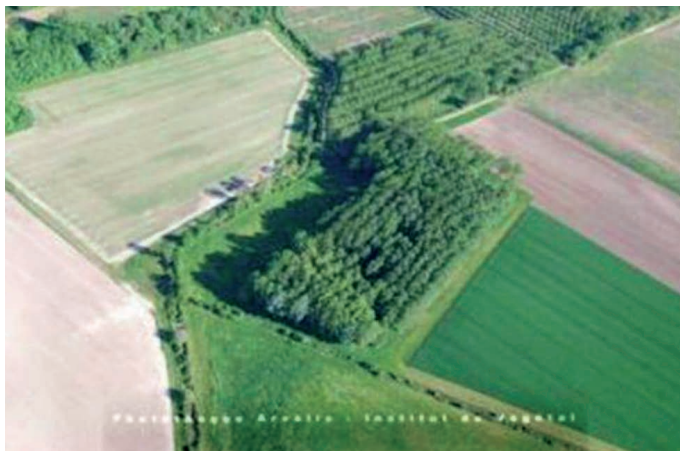
Sadzenie żywopłotów jest związane z ograniczeniem wielkości pól i zwiększeniem czasu potrzebnego do wykonania prac polowych. W przypadku gospodarstw wielkoobszarowych można się spodziewać niezadowolonych gospodarujących na nich rolników. Zakładanie i pielęgnacja żywopłotów jest działaniem wieloletnim. Wiąże się z koniecznością wprowadzenia zmian w systemie prac polowych i nakładów pracy. Niestety, właściwe utrzymanie żywopłotu wymaga znacznego wysiłku.

## 19. ZAKŁADANIE I PIELEGNACJA TERENÓW ZADRZEWIONYCH

Tereny zadrzewione (zagajniki, niewielkie lasy) znacznie poprawiają wchłanianie przez glebę wody pochodzącej ze spływu powierzchniowego z pól, zatrzymują niesione wraz z nią cząstki gleby. Przyczyniają się do ograniczania transportu biogenów i pozostałości środków ochrony roślin oraz skutecznie zatrzymują zanieczyszczenia przenoszone z wiatrem (znośzone z chmurą oprysku środki ochrony roślin, cząstki gleby pochodzące z erozji wiatrowej). Podobnie jak żywopłoty, tereny zadrzewione stanowią bardzo ważny element krajobrazu, są korzystne z powodu roli jaką odgrywają w środowisku, szczególnie w sąsiedztwie terenów użytkowanych rolniczo. Dodatkowo zadrzewienia:

- pełnią funkcję biocenotyczną (ekologiczną), podstawową dla wszelkich trwałych elementów struktury krajobrazu rolniczego;
- gwarantują niszę ekologiczną dla dzikiej fauny i flory;
- chronią drogi przed zaspami, a tereny przyległe do dróg przed zanieczyszczeniami komunikacyjnymi i hałasem;
- chronią sady, pasieki i wybiegi dla zwierząt;
- kształtują warunki mikroklimatyczne i reżim wodny (hydrologiczny);
- stabilizują brzegi rzek;
- pełnią funkcję produkcyjną (produkcja drewna, owoców, nektaru, pyłku i spadzi, roślin leczniczych itp.).

Z uwagi na wymiary (szerokość powyżej 10 metrów), pasy zadrzewień charakteryzują się dużą zdolnością zatrzymywania wody na swoim obszarze, dużo większą niż gleby uprawne, i skutecznie ograniczają spływ powierzchniowy. Z drugiej strony założenie strefy zadrzewionej wymaga wysokich nakładów inwestycyjnych i pielęgnacyjnych.



Tereny zadrzewione między polami uprawnymi

### Co należy zrobić

Tereny zadrzewione to pozostałości naturalnych lasów, pełniących funkcję stref ochronnych, albo nowe nasadzenia w zlewni, zakładane z przyczyn ekologicznych lub ekonomicznych. W zależności od roli jaką ma odgrywać zadrzewiony pas, dokonuje się wyboru gatunków drzew. Istotnym czynnikiem jest także refundacja kosztów ich założenia i pielęgnacji w ramach dostępnych programów rolnośrodowiskowych.

Zadrzewienia najlepiej wprowadzać na stromych stokach, w niewielkiej odległości od strumieni. Należy dążyć do ograniczenia dróg spływu wody przez zadrzewienia. Drogi czy ścieżki, prowadzące w dół zbocza powinny zostać, na ile to możliwe, wyeliminowane.

Przed podjęciem decyzji o zakładaniu zadrzewień w zlewni, należy się porozumieć z lokalnymi lub regionalnymi doradcami (np. doradcy rolni, służby leśne, wydziały ochrony środowiska). Zadanie ograniczenia spływu powierzchniowego będzie dodatkową korzyścią poza oczekiwanymi.

## 20. ZAGOSPODAROWANIE TERENU DOJAZDU DO POLA

Teren dojazdu do pola stanowi potencjalną drogę spływu wody i może przyczyniać się do powstania spływu powierzchniowego skoncentrowanego. Szczególną uwagę należy zwrócić na drogi położone wzdłuż nachylenia pola, w jego dolnej części; wymagają one specjalnego zagospodarowania, w celu uniknięcia spływu wody zwartym strumieniem.

### Co należy zrobić

W celu ograniczenia zbijania się gleby tam, gdzie ruch kołowy jest intensywny, zaleca się utwardzenie dróg dojazdowych warstwą grubego żwiru lub średniej wielkości kamieni. Następnie, na tak przygotowanym terenie, należy posiać wytrzymałe gatunki traw, charakteryzujące się rozbudowanym systemem korzeniowym, odporne na gromadzenie się osadów i intensywne użytkowanie przez pojazdy. Należy unikać powstawania gładkich i głębokich kolein na drogach dojazdu, ponieważ mogą one stanowić kanały odpływu wody z pól (tworzenie spływu powierzchniowego skoncentrowanego).

## Struktury retencyjne i rozpraszające

W celu ograniczenia występowania skoncentrowanego spływu powierzchniowego, zaleca się zakładanie w zlewniach struktur retencyjnych i rozpraszających, jeżeli ograniczenie spływu u źródeł jego powstawania jest mało prawdopodobne. Jest to rozwiązanie zapewniające zatrzymanie wody w polu i zlewni.

Budowa struktur retencyjnych często stanowi ostateczne rozwiązanie, a jej koszt jest porównywalny z kosztami zmiany dotychczasowych praktyk zagospodarowania terenu.

## 21. ZAKŁADANIE LUB UTRZYMANIE ZADARNIONYCH ROWÓW

W celu ochrony dolnej części zlewni są tworzone zadarnione rowy. Należą one do struktur retencyjnych, których zadaniem jest zatrzymanie wody ze spływu powierzchniowego i niesionych wraz z nią osadów. Odbierają także odcieki z systemu drenażowego. Zadarnione rowy wspomagają degradację środków ochrony roślin w glebie, zwiększają sedymentację zerodowanych cząstek gleby i zatrzymują związki biogenne i nawozy.

Zadarnione rowy zazwyczaj nie są wypełnione wodą przez cały rok, a jedynie w okresach dopływu do nich wody ze spływu powierzchniowego i/lub systemu drenażowego. Ich podstawową funkcją jest zatrzymanie, odparowanie i umożliwienie wchłonięcia w glebę wody pochodzącej ze spływu powierzchniowego lub drenażu oraz zatrzymanie zerodowanych osadów. Rowy te są często najlepszym rozwiązaniem z dostępnych struktur retencyjnych. Są budowane wzdłuż dróg lub na granicy między polami. Ich podstawową funkcją jest zatrzymywanie wody w zlewni, dlatego nie powinny być połączone ze zbiornikami wód powierzchniowych (rowy ślepo zakończone).

### Co należy zrobić

Po wykonaniu analizy warunków na polu i oszacowaniu ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego oraz po ustaleniu ich optymalnego usytuowania w zlewni zakłada się zadarnione rowy.

Należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- ➔ zadarnione rowy powinny być usytuowane w miejscach, gdzie trudno zapobiegać tworzeniu się strumienia spływu powierzchniowego (np. u jego źródła) i należy go zatrzymać zanim przedostanie się na sąsiadujące pola, dotrze do drogi lub do sąsiadującego zbiornika wodnego;
- ➔ przenikanie wody z rowu do wód gruntowych należy ograniczyć do minimum lub znacznie spowolnić, na przykład wykładając brzegi rowu i jego dno glebą z warstwy powierzchniowej (o dużej zawartości węgla organicznego), o ile to możliwe ilastą lub gliniastą;
- ➔ wymiary rowów powinny być dostosowane do spodziewanego strumienia spływu powierzchniowego (powstającego w przypadku opadu typowego dla danego miejsca):
  - pojemność rowu powinna zatrzymać przynajmniej 2–3 mm strumienia spływu powierzchniowego ze zlewni;
  - głębokość rowu powinna wynosić 0,5–1 m, a nachylenie jego brzegów powinno być łagodne, aby zapewnić możliwość ucieczki małym zwierzętom;
  - długość i szerokość powinna być dostosowana do wymagań pojemności i dostępnego miejsca;
- ➔ należy wysiewać lokalne, nieinwazyjne gatunki roślin, przystosowane do okresowego, nieregularnego zalewania wodą;
- ➔ w przypadku sedymentacji osadów, ograniczających zdolność zatrzymywania wody o więcej niż 20% – należy je usuwać.

## Skuteczność

Zadarnione rowy są specyficznym rodzajem sztucznych terenów podmokłych o przejściowym charakterze. Badania wykazały, że pokryte roślinnością podmokłe strefy buforowe w istotny sposób przyczyniają się do szybszej degradacji środków ochrony roślin niesionych z wodą spływu powierzchniowego. Zdolność retencji wody jest zmienna, zależy m.in. od wielkości opadu, nasycenia wodą gleby.

Środki ochrony roślin słabo rozpuszczalne w wodzie (hydrofobowe) zaadsorbowane na zerodowanych cząstkach gleby, są zatrzymywane przez zadarnione rowy w obrębie struktur buforowych w dużo większym stopniu niż związki dobrze rozpuszczalne w wodzie (hydrofilowe).

## Ograniczenia

Zadarnione rowy są stworzonymi przez człowieka elementami infrastruktury. Ich zadaniem jest zatrzymywanie wody pochodzącej ze spływu powierzchniowego i oczyszczanie jej z niesionych osadów, nawozów i środków ochrony roślin. Dlatego przed ich założeniem należy sprawdzić, czy obowiązujące na danym terenie przepisy, określające ochronę siedlisk, nie ograniczą funkcjonalności struktur retencyjnych. Zaleca się konsultację z lokalnymi organami odpowiedzialnymi za ochronę środowiska.

Przed zaprojektowaniem zadarnionych rowów należy ustalić, czy możliwe będzie utrzymanie ich funkcjonalności w przypadku, gdy zostaną one zasiedlone przez gatunki zagrożone wyginięciem. Celem rowów jest zapewnienie lepszej ochrony zbiorników wodnych, a nie tworzenie obszarów chronionych.

## 22. ZAKŁADANIE I PIELEGNACJA STAWÓW RETENCYJNYCH ORAZ SZTUCZNYCH TERENÓW PODMOKŁYCH

W celu ochrony dolnej części zlewni mogą być także zakładane stawy retencyjne i sztuczne tereny podmokłe. Należą one do struktur, których zadaniem jest zatrzymanie wody ze spływu powierzchniowego i niesionych wraz z nią osadów oraz odbieranie odcieków z systemu drenażowego. Woda, przepływając przez struktury retencyjne, paruje i jest wchłaniana przez glebę, jej nadmiar zaś jest odprowadzany do najbliższego odbiornika wodnego. Roślinność porastająca te struktury może w znacznym stopniu wspomagać degradację środków ochrony roślin, zwiększać sedymentację zerodowanych cząstek gleby i wychwytywać substancje biogenne.

Stawy retencyjne lub sztuczne tereny podmokłe, pełniące rolę strefy buforowej, nie są wypełnione wodą przez cały rok, ale tylko wtedy, gdy dopływa ona ze strumieniem splotu powierzchniowego lub z systemu drenażowego. Ich podstawowym zadaniem jest zatrzymywanie w zlewni wody i zerodowanych osadów.

Pojemność retencyjna stawów/terenów podmokłych powinna być wystarczająca do zatrzymania wody i niesionych z nią osadów przeciętnego splotu powierzchniowego. Stawy retencyjne zakłada się zazwyczaj, tworząc na ich dnie warstwę nieprzepuszczalną (np. betonową), natomiast sztuczne tereny podmokłe są na ogół zakładane na warstwie gleby lub podglebia, które nie łączą się z położonymi niżej warstwami wodonośnymi. Na sztucznych terenach podmokłych często tworzy się naturalna szata roślinna. Stawy retencyjne mogą być jej pozbawione lub, gdy na ich dno zostanie położona warstwa gleby, porośnięte szatą roślinną.

Zakładanie stawów retencyjnych lub sztucznych terenów podmokłych jest zazwyczaj proponowane przez władze lokalne lub regionalne zarządy gospodarki wodnej. Takie działanie ma na celu polepszenie lub utrzymanie jakości wody na danym terenie (np. ograniczenie dopływu biogenów lub osadów z pól do strumieni).

Do zatrzymywania wody ze splotu powierzchniowego i z systemu drenażowego mogą być także przydatne naturalne tereny podmokłe. Takimi naturalnymi terenami podmokłymi mogą być regularnie podtapiane łąki lub zagajniki/laski wzdłuż cieków. Należy o nie dbać, ponieważ pojęcie "mokradła" często oznacza tereny chronione.



Stawa retencyjna



## Co należy zrobić

W celu ustalenia optymalnej lokalizacji i odpowiednich wymiarów stawów retencyjnych/sztucznych terenów podmokłych należy ocenić sytuację w polu i zlewni. Struktury retencyjne zbierają wodę pochodzącą zazwyczaj z wielu pól, mających różnych właścicieli. Aby odpowiednio zorganizować tworzenie stawów retencyjnych/sztucznych terenów podmokłych i zapewnić ich pielęgnację, należy umożliwić wspólne zarządzanie nimi. Na ogół konieczne jest regularne usuwanie nagromadzonych osadów glebowych i materii organicznej. W przeciwnym razie, kumulujące się osady ograniczą przepuszczalność gleby oraz zdolność strefy buforowej do zatrzymywania wody.

Zakładając stawy retencyjne/sztuczne tereny podmokłe należy:

- jasno określić cele – struktura jednofunkcyjna, ograniczająca migrację zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego, lub wielofunkcyjna, dodatkowo stanowiąca barierę przeciwpowodziową na granicy między zlewniami użytkowanymi rolniczo a obszarami miejskimi;
- ograniczyć wymianę wody między sztucznymi terenami podmokłymi a wodami gruntowymi, wykładając dno struktury retencyjnej powierzchnią warstwą gleby z dużą zawartością węgla organicznego (gleby ilaste do gliniastych);
- dostosować obszar terenu podmokłego do spodziewanego strumienia spływu powierzchniowego:
  - objętość – wystarczająca do przyjęcia wody spływu powierzchniowego ze zlewni w ilości odpowiadającej 2–5 mm opadu, odpowiada to stosunkowi powierzchni struktury do powierzchni zlewni 0,4–1% (jeżeli ochrona przeciwpowodziowa jest zadaniem priorytetowym należy to uwzględnić); w przypadku występowania spływu powierzchniowego o powtarzającym się większym natężeniu (wysokość opadu atmosferycznego powyżej 5 mm), należy zaprojektować strukturę retencyjną o większej pojemności;
  - głębokość wody na terenach zalanych – w granicach 0,2–1 m, ze średnią głębokością 0,5 m (głębokość regulowana za pomocą jazu u ujścia stawu/terenu podmokłego);
  - długość – o ile to możliwe wydłużyć maksymalnie drogę przepływu wody przez strukturę, tworząc zakola za pomocą podwodnych lub wystających ponad lustro wody przegród i zapór;



- czas pozostawiania wody w granicach struktury retencyjnej należy zoptymalizować, stosując np. jazy lub przegrody w jej granicach;
- jeżeli struktury mają być pokryte roślinnością należy wysiać lokalne, nieinwazyjne gatunki, przystosowane do okresowego, nieregularnego zalewania wodą;
- w przypadku ograniczenia zdolności zatrzymywania wody (więcej niż 20%) przez nagromadzone osady – należy je usuwać.

Projektowanie stawów retencyjnych/terenów podmokłych wymaga wiedzy i doświadczenia. W celu uzyskania szczegółowych informacji należy się skonsultować z lokalnymi organami, odpowiedzialnymi za ochronę środowiska i gospodarkę wodną.

Zalecamy korzystanie z poradnika technicznego pt.: *„Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticides pollution and bioremediation in artificial wetland ecosystems”* opracowanego w trakcie realizacji projektu UE Life Artwet (Nr projektu LIFE 06 ENV/F/000133).

## Skuteczność

Badania wykazały, że pokryte roślinnością podmokłe strefy buforowe mogą wspomagać procesy degradacji środków ochrony roślin niesionych z wodą spływu powierzchniowego. Pojemność retencyjna tych struktur jest zmienna – zależy od czasu, przez jaki zatrzymują wodę. Skuteczność retencji środków ochrony roślin zależy od ich rozpuszczalności w wodzie. Im bardziej hydrofobowe są środki ochrony roślin, tym lepiej są zatrzymywane przez stawy/tereny podmokłe, ponieważ do środowiska wodnego są przenoszone w formie zaadsorbowanej na cząstkach zerodowanej gleby. Cząstki te, w trakcie przepływu przez struktury retencyjne, ulegają sedymentacji i są w znacznym stopniu sorbowane przez rośliny lub osady. Adsorpcja środków rozpuszczalnych w wodzie jest znacznie mniejsza. Ocenia się, że skuteczność retencji słabo i średnio zaadsorbowanych związków jest mniejsza około 50% niż związków silnie zaadsorbowanych, których retencja może osiągnąć ponad 90%.

## Ograniczenia

Sztuczne tereny podmokłe są, podobnie jak zapory, sztucznymi elementami infrastruktury, tworzonymi w celu retencji wody pochodzącej ze spływu powierzchniowego oraz oczyszczania jej z niesionych osadów, biogenów i środków ochrony roślin. W związku z tym należy sprawdzić czy obowiązujące na danym terenie przepisy nie ograniczą

ich funkcjonalności. Zaleca się konsultacje z lokalnymi organami odpowiedzialnymi za ochronę środowiska. Przed zaprojektowaniem struktur retencyjnych należy ustalić, czy możliwe będzie utrzymanie ich funkcjonalności w przypadku, gdy zostaną one zasiedlone przez gatunki zagrożone wyginięciem. Celem tworzenia struktur retencyjnych jest zapewnienie lepszej ochrony zbiorników wodnych przed negatywnym oddziaływaniem wody ze spływu powierzchniowego lub systemu drenażowego, nie zaś tworzenie obszarów chronionych.

### **23. ZAKŁADANIE I UTRZYMYWANIE OBWAŁOWAŃ NA KRAWĘDZI POLA**

Obwałowania na krawędzi pola to niewielkie wały lub zapory ziemne w dolnej części pól, mające za zadanie zatrzymywanie w polu wody ze spływu powierzchniowego i zerodowanej gleby. Umożliwia to wsiąkanie wody w głąb profilu glebowego oraz osadzanie zerodowanych cząstek gleby. Wykorzystanie wałów ziemnych jest podstawowym elementem gospodarki wodnej i utrzymania gleby na polach ryżowych.

Obwałowania są skuteczniejsze w przypadku gleb cięższych, na przykład gliniastych, na których wystąpienie spływu powierzchniowego jest bardziej prawdopodobne. Spływ jest mniej intensywny, jeżeli w tych glebach są makropory, łączące powierzchnię gleby z wodami gruntowymi. Trwałość i skuteczność wałów zależy od ich stanu (np. rozmycia lub przerwania przez wody opadowe bądź przez spływ) i odporności gleby na działanie wody. Konieczna jest regularna kontrola wałów.

#### **Co należy zrobić**

Budowanie obwałowań na krawędzi pola polega na gromadzeniu i usypywaniu gleby w formie niewielkich wałów lub zapór. Na zewnątrz pola, wzdłuż jego krawędzi, należy usypać z gleby wał o szerokości 30–50 cm i odpowiedniej wysokości oraz odległości od granicy pola. W celu właściwego określenia wysokości i odległości wału od pola zaleca się korzystanie z poradników podanych w bibliografii.

W przypadku pól położonych na wzniesieniach, wysokość obwałowania powinna być większa od spodziewanej wysokości wody ze strumienia powierzchniowego i powinna być najwyższa w najniższej położonych narożnikach pola.

## 24. BUDOWA STRUKTUR ROZPRASZAJĄCYCH

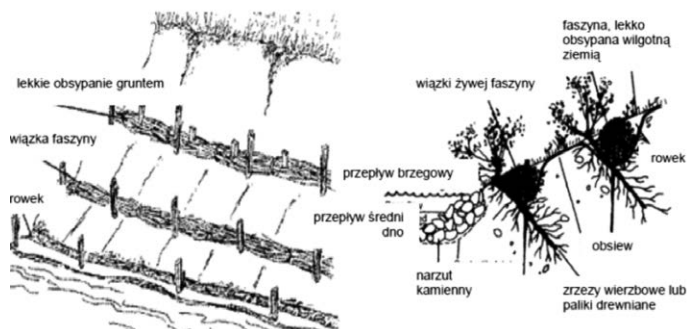
Struktury rozpraszające, to zazwyczaj płotki faszynowe i minizapory, budowane z pni drzew, gałęzi lub kamieni, wznoszone w celu rozproszenia skoncentrowanego strumienia sploty powierzchniowego w zlewni. Płotki faszynowe ograniczają erozję i zatrzymują niesione z wodą sploty frakcje piasku i iłu. Minizapory mają przede wszystkim za zadanie rozpraszanie i spowalnianie sploty powierzchniowego. Płotki faszynowe można stawiać na środku zadarnionych stref buforowych. Minizapory razem z zadarnionymi rowami zapewniają skuteczniejszą ochronę pól.

Płotki faszynowe są tworzone z gałęzi umieszczonych między pionowymi pniami, przez co przypominają niskie płoty (murki). Są one wznoszone w poprzek stoku, w celu przecięcia drogi sploty skoncentrowanego strumienia powierzchniowego. Struktury te są przepuszczalne dla wody, ale spowalniają znacząco jej splot, rozpraszają ją i w efekcie przyczyniają się do osadzania zerodowanych cząstek gleby.



Płotki faszynowe

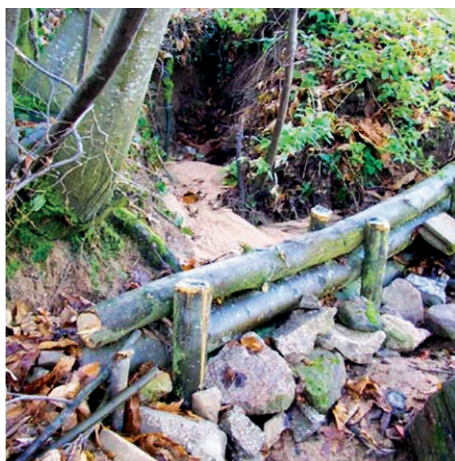
Paliki płotków faszynowych mogą być zrobione z materiału martwego (drewno) lub żywego (np. krzewy). W przypadku drewna, konstrukcja pozostaje funkcjonalna przez 2–4 lata, w przypadku materiału żywego – może być trwała, ale wiązki gałęzi należy zmieniać na nowe co 2–4 lata.



Płotki faszynowe (źródło: [www.restoringrivers.com](http://www.restoringrivers.com))

Minizapory są zbudowane z drewnianych pni i kamieni i znajdują się w strefie ujść strumieni. Podobnie jak płotki faszynowe, muszą być przepuszczalne dla wody, spowalniać jej przepływ i zatrzymywać niesione przez nią osady. Minizapory są budowane w poprzek strumienia spływu skoncentrowanego, na całej jego szerokości, a ich wysokość powinna być większa od jego głębokości.

Minizapory mogą być strukturami trwałymi, ale wymagają konserwacji co 2–3 lata.



Minizapora

## Co należy zrobić

Wykonanie płotki polega na wbiciu na odpowiednią głębokość palików drewnianych, w ustalonych odstępach, a następnie opleceniu ich świeżymi pędami wierzby lub innych gatunków drzew (przy płotkach nieożywionych); wykonuje się także płotki ożywione, z zagłębieniem końców pędów w grunt, lub płotki plecione bez użycia palików. Po wykonaniu płotki, przestrzeń pomiędzy płotkiem a skarżą zasypuje się odpowiednim gruntem. Wykonywane są również zabezpieczenia z kilku płotków. W tym przypadku również przestrzeń między płotkami wymaga zasypania odpowiednio dobranym gruntem.

Wysokość płotków może wynosić maksymalnie 0,3 – 0,6 m, w zależności od typu.

W celu wykonania minizapory należy wykopać rów o głębokości do 30 cm i szerokości do 50 cm. Wzdłuż jego brzegów wbić pionowo, w dwóch rzędach, na głębokość do 50 cm, pnie o długości 1,0–1,5 m w odległości ok. 1,0–1,5 m od siebie. Następnie należy wypełnić rów gałęziami i kamieniami, aż do górnej krawędzi pionowych pni. Wykopaną glebę należy wykorzystać do zasypiania pustych przestrzeni w rowie i stworzenia gładkiej powierzchni, łączącej minizaporę z powierzchnią gruntu.

## Ograniczenia

Zbudowanie i utrzymanie (pielęgnacja) struktur rozpraszających wymaga dużych nakładów pracy i znaczących nakładów finansowych.

## Poprawne stosowanie środków ochrony roślin

W procesie oceny dokumentacji rejestracyjnej środków ochrony roślin jest wykonywana ocena ryzyka w odniesieniu do oddziaływania na ludzi i środowisko. W zakresie ochrony wody ocena ta może spowodować wprowadzenie ograniczeń i zaleceń, dotyczących stosowania danego środka. Informacje te są zawarte w etykiecie-instrukcji stosowania. Ich celem jest ograniczenie ryzyka dla środowiska wodnego, wynikającego z migracji środków ochrony roślin do zbiorników wodnych (znoszenie z chmurą oprysku, spływ powierzchniowy i/lub drenaż). Te obowiązkowe zalecenia i ograniczenia należy traktować jako metody ograniczania zanieczyszczenia wód powierzchniowych (płynących i stojących). Wdrożenie innych narzędzi ograniczania ryzyka, takich jak Dobra Praktyka (BMP), powinno stanowić element zintegrowanej ochrony wód powierzchniowych.

Opisane poniżej metody odnoszą się bezpośrednio do ograniczania zanieczyszczenia wód powierzchniowych środkami ochrony roślin w wyniku spływu powierzchniowego i erozji.

Ograniczanie spływu powierzchniowego i erozji jest zadaniem zarówno indywidualnym, jak i zbiorowym. Wszyscy zaangażowani (rolnicy, doradcy, przedstawiciele lokalnej administracji oraz eksperci) powinni wspólnie opracować plan działania, uwzględniający założone cele.

Należy sprawdzić możliwości pozyskania funduszy na realizację proponowanych inwestycji.

Na terenach, gdzie zanieczyszczenie wody stanowi problem, jednostki odpowiedzialne za kontrolę jakości wody powinny współdziałać z rolnikami w celu znalezienia odpowiednich, kompromisowych rozwiązań. Podejmowanie wspólnego wysiłku będzie skutkowało poprawą jakości wody.

Poprawne stosowanie środków ochrony roślin rozpoczyna się od okresowych przeglądów i dokładnej kalibracji sprzętu do oprysku. W niektórych krajach członkowskich Unii regularne przeglądy opryskiwaczy są obowiązkowe. W innych wciąż jest opracowywany odpowiedni, zgodny z dyrektywą, system kontroli używanego sprzętu.

## 25. OPTIMALIZACJA TERMINÓW STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

### Co należy zrobić

Aby ograniczyć ryzyko zanieczyszczenia wód należy uwzględnić następujące warunki stosowania środków ochrony roślin:

- ➔ nie stosować środków ochrony roślin, gdy 48-godzinna prognoza przewiduje wystąpienie znacznych opadów atmosferycznych;
- ➔ nie stosować środków ochrony roślin, gdy gleba jest nasycona wodą lub na polu jest obserwowana woda z systemu drenażowego;
- ➔ ograniczyć liczbę zastosowań środka i jego dawki do niezbędnego minimum oraz sprawdzić inne sposoby ograniczenia spływu powierzchniowego;
- ➔ zapoznać się z etykietą-instrukcją stosowania środka i zwrócić uwagę na ograniczenia jego stosowania związane z wystąpieniem opadów deszczu;



## 26. SEZONOWA OPTIMALIZACJA TERMINÓW STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

Istotne jest unikanie stosowania środków ochrony roślin w okresach infiltracji wody do wód podziemnych oraz w czasie, gdy woda spływa systemem drenażowym.

### Co należy zrobić

- wybrać odpowiednie środki ochrony roślin, dobrane do terminów stosowania;
- oznaczyć pola lub ich części, na których jest konieczne przestrzeganie ograniczeń, wynikających z wyboru środka ochrony roślin;
- dostosować terminy aplikacji środków ochrony roślin, biorąc pod uwagę ograniczenie ryzyka ich transportu z wodą;
  - stosować środki ochrony roślin poza okresami infiltracji wody do wód podziemnych oraz spływania wody systemem drenażowym;
  - unikać stosowania środków ochrony roślin późną jesienią lub wczesną wiosną, gdy gleba jest nasycona wodą lub woda spływa drenami;
- zapoznać się z etykietą-instrukcją stosowania i uwzględnić sezonowe wymagania aplikacji środka;
- sprawdzić szczegółowe wymagania i zalecenia dotyczące stosowania środka ochrony roślin.

## 27. WYBÓR ODPOWIEDNIH ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

### Co należy zrobić

- sporządzić wykaz pól, na których obowiązują ograniczenia stosowania środków ochrony roślin i dokumentować ich stosowanie;
- wybrać właściwe środki ochrony roślin;
- zapoznać się z etykietą-instrukcją stosowania środka i zwrócić szczególną uwagę na zalecenia ograniczania ryzyka;
- postępować zgodnie ze wskazówkami dotyczącymi stosowania środków ochrony roślin w swoim terenie;
- poszukać rozwiązań alternatywnych lub skonsultować się doradcą rolniczym w zakresie możliwości zmiany sposobu stosowania

danego środka ochrony roślin (np. mniejsza dawka w mieszaniu z innymi środkami, zmniejszenie dawki w uprawach rzędowych, zmiana środka, stosowanie technik aplikacji, ograniczających opryskiwany obszar, na przykład oprysk pasowy, oprysk bezpośredni, oprysk z użyciem sensorów), jeżeli zastosowanie go wymaga spełnienia zaleceń trudnych do wprowadzenia;

- ➔ jeżeli pomimo podejmowanych działań problem zanieczyszczenia środowiska pozostaje, skonsultować z doradcą rolniczym alternatywne programy ochrony upraw, np.:
  - metody niechemicznej ochrony roślin;
  - wybór środka ochrony roślin o innych właściwościach (szybkość degradacji i mobilność w glebie, toksyczność dla organizmów wodnych itp.).



Środki ochrony roślin

W przypadku braku możliwości znalezienia rozwiązań alternatywnych, należy rozważyć zmianę rośliny uprawnej.



## 28. ELIMINACJA PUNKTOWYCH ŹRÓDEŁ ZANIECZYSZCZENIA

Należy wyeliminować punktowe źródła zanieczyszczeń. W tym celu trzeba sprawdzić czy postępowanie ze środkami ochrony roślin w gospodarstwie jest właściwe (skorzystać z listy poprawnego postępowania).

### Co należy zrobić

- sprawdzić czy są podejmowane odpowiednie środki zapobiegawcze podczas napełniania i czyszczenia opryskiwaczy w gospodarstwie;
- sprawdzić czy opryskiwacz jest wyposażony w płuczkę lub wewnętrzny system czyszczący/płukania (informacje są zawarte w: TOPPS – Przewodnik dobrej praktyki organizacji ochrony roślin, Skierniewice 2009, który obejmuje zagadnienia ograniczania zanieczyszczenia ze źródeł punktowych);
- poinformować i/lub przeszkolić w zakresie Dobrych Praktyk ograniczania zanieczyszczenia ze źródeł punktowych wszystkich rolników uprawiających pola w granicach zlewni.

Po zidentyfikowaniu istniejących punktowych źródeł zanieczyszczeń należy, wspólnie z doradcą, opracować plan ich ograniczenia. Działania objęte planem powinny się koncentrować na odpowiednim postępowaniu ze środkami ochrony roślin i poprawie infrastruktury i sprzętu (składowanie, miejsce czyszczenia sprzętu). Najkorzystniejszym rozwiązaniem byłoby opracowanie spójnego planu dla całej zlewni i zachęcenie wszystkich gospodarujących w niej rolników do wspólnego działania, którego celem jest ochrona wód powierzchniowych i poprawa ich jakości.

## Nawadnianie

Nawadnianie jest działaniem polegającym na dostarczaniu wody do gleby w celu zapewnienia odpowiednich warunków wegetacji roślin uprawnych w okresach, gdy jej naturalna dostępność jest niewystarczająca. Głównym wyzwaniem jest tu ochrona wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniami docierającymi wraz z nadmiarem wody z systemów nawadniających oraz zagospodarowanie wody odpływającej systemem drenażowym (ochrona przed zasoleniem).

Ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego jest ściśle związane z zastosowanymi systemami nawadniania oraz zarządzaniem nimi.



Nawadnianie pola

## 29. WYBÓR METODY NAWADNIANIA

Systemy nawadniania różnią się ilością zużywaną wody i sposobem jej rozprowadzania.

- ➔ Deszczowanie – nawadnianie pól za pomocą sztucznego deszczu wytwarzanego przez deszczownię. Może ono powodować zbrzydlanie/zaskorupianie powierzchni gleby, w wyniku rozpryskiwania się kropeł wody. Zużycie wody wynosi ok. 30–500 m/ha.
- ➔ Nawadnianie zalewowe – zalewanie warstwą wody pola podzielonego grobelkami na kwatery. Woda stagnująca w kwaterze wsiąka w glebę, a jej nadmiar zostaje odprowadzony do rowów odwadniających. Ten sposób nawadniania stosuje się prawie wyłącznie na użytkach zielonych. Wymaga on największych ilości wody – ok. 800–1200 m/ha.
- ➔ Nawadnianie kroplowe – miejscowe podlewanie roślin za pomocą dozatorów kroplowych, przez które grawitacyjnie lub niskociśnieniowo spływa woda lub woda z rozpuszczonym nawozem mineralnym. Wymaga najmniejszych ilości wody i jest stosowane w przypadku roślin uprawnych o najwyższej wartości. Wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych.

### Co należy robić

Należy zwrócić uwagę na odpowiednie zarządzanie nawadnianiem – powinno się uwzględnić pojemność wodną gleby, jej aktualne nasycenie

wodą oraz zapotrzebowanie roślin uprawnych na wodę. Właściwy dobór parametrów nawadniania ogranicza ryzyko wystąpienia spływu powierzchniowego.

W Europie Południowej wciąż najbardziej popularne jest nawadnianie zalewowe. Dostarcza ogromnych ilości wody i nie zapobiega nadmiernemu nawadnianiu.

Najskuteczniejszą metodą ograniczania ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego jest zainwestowanie w systemy zużywające mniejsze ilości wody i łatwiejsze w zarządzaniu (deszczownie, mikrodeszczownie, systemy kropłowe).

### 30. OPTIMALIZACJA NAWADNIANIA

Bardzo istotnym zagadnieniem ograniczania ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego jest odpowiednie zarządzanie nawadnianiem, z uwzględnieniem:

- ➔ pojemności wodnej gleby,
- ➔ aktualnego nasycenia wodą,
- ➔ zapotrzebowania roślin uprawnych na wodę.

#### Co należy zrobić

Najważniejsze jest odpowiednie oszacowanie zapotrzebowania na wodę i zarządzanie jej ilością. Ustalając czas i intensywność nawadniania należy wziąć pod uwagę charakterystykę gleby (uwilgotnienie i ciśnienie osmotyczne w glebie), prognozę opadów oraz fazę rozwoju nawadnianych roślin. W celu optymalnego nawadniania można wykorzystywać programy obliczeniowe.

W odróżnieniu od systemów nawadniania zalewowego, o ograniczonej możliwości kontrolowania, doprowadzanie wody systemem rowów zmniejszy jej zużycie i ograniczy spływ powierzchniowy. Wprowadzenie systemu bruzdowego może także poprawić wchłanianie przez glebę większej ilości wody opadowej.

#### Ograniczenia

Na większości terenów nawadnianych ilość wody i jej dostępność jest ograniczona, należy zatem mieć pełną informację o warunkach panujących na danym terenie.



# SŁOWNIK

**Deszcz** – opad atmosferyczny, dosięgający powierzchni gleby; wystąpienie deszczu może powodować spływ powierzchniowy i erozję gleby.

**Dobra Praktyka** – zalecenia i działania, których celem jest ograniczenie spływu powierzchniowego i erozji oraz ochrona odbiorników wodnych przed spływem środków ochrony roślin, nawozów i warstwy próchnicznej z pól uprawnych.

**Dolinka spływu** – najniżej położony obszar w polu, do którego spływa woda opadowa i w którym może tworzyć się spływ skoncentrowany.

**Drenaż** – system kanałów i rowów odwadniających lub rur kolektorowych, zbierający wodę z pól uprawnych i odprowadzający ją na podmokłe łąki, do cieków (np. strumieni, rzek) lub zbiorników wodnych (stawów, jezior).

**Droga dojazdowa** – obszar w sąsiedztwie pola, wolny od upraw, wykorzystywany jako droga dla maszyn rolniczych. Zbrylenie gleby na jej powierzchni zwiększa ryzyko spływu powierzchniowego i erozji. Koleiny na drodze dojazdowej sprzyjają wystąpieniu skoncentrowanego spływu powierzchniowego.

**Erozja** – niszczenie powierzchniowej warstwy gleby przez wiatr i wodę; erozję ze względu na zróżnicowaną intensywność i miejsce występowania dzielimy na:

- silną, powodującą wyraźne zmiany w krajobrazie – strome i głębokie żłobienia, którymi po wystąpieniu opadów deszczu często spływa woda;
- umiarkowaną, występującą na terenach charakteryzujących się powstawaniem strumieni skoncentrowanego spływu powierzchniowego; może tworzyć bruzdy do głębokości 30 cm;
- obszarową (powierzchniową), pojawiającą się na terenach o łagodnym nachyleniu, po których woda spływa szerokimi strugami i zmywa powierzchniową warstwę gleby ze znacznej powierzchni pola; nie zawsze jest zauważalna, ale może przyczyniać się do znacznego ubytku wierzchniej warstwy ziemi na terenach zagospodarowanych i nieużytkowanych rolniczo.

**Gleba zbita/zbrylająca się** – zbita warstwa powierzchniowa, ciągła lub tworząca miejscowe zbrylenia, na glebach o dużej zawartości pyłów (powyżej 25%), szczególnie podatna na występowanie spływu powierzchniowego i erozji.

**Koleiny** – ślady spowodowane przejazdami maszyn rolniczych w polu lub na drodze dojazdowej. Sprzyjają wystąpieniu skoncentrowanego spływu powierzchniowego.

**Międzyplon (poplon)** – rośliny wysiewane między dwoma uprawami, tj. po zbiorze plonów pierwszej z upraw, a przed wysiewem kolejnej. Celem wysiewu międzyplonu jest ochrona powierzchni gleby (ograniczenie rozbrzygiwania wody deszczowej, zacinienie) i zatrzymanie wody w polu. Siew międzyplonu skutecznie ogranicza spływ z wodą nawozów i zanieczyszczeń do wód powierzchniowych i podziemnych.

**Mulczowanie** – pokrywanie powierzchni gleby resztkami roślin uprawnych lub poplonu, pozostawionymi na polach, w celu spowolnienia spływu powierzchniowego i poprawy wsiąkania wody.

**Odbiornik wodny** – śródlądowe wody powierzchniowe, wśród których wyróżnia się: wody płynące (np. rzeki, strugi, strumienie, kanały) i stojące (stawy, jeziora).

**Orka** – zabieg agrotechniczny, mający na celu odwrócenie i pokruszenie uprawianej warstwy gleby, w niektórych przypadkach poprawiający warunki wsiąkania wody.

**Pestycydy** – substancje i preparaty chemiczne, syntetyczne lub naturalne, stosowane do zwalczania organizmów szkodliwych lub niepożądanych; określenie pestycydy jest pojęciem szerszym – obejmuje środki ochrony roślin (ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin, Dz.U. 2013 nr 0 poz. 455, rozporządzenie (WE) 1107/2009) oraz produkty biobójcze (ustawa o produktach biobójczych, Dz.U. 2002 nr 175 poz. 1433 ze zmianami).

**Płodozmian** – wieloletnie planowe następstwo roślin uprawianych na danym polu. Wprowadzenie płodozmianu ma wiele korzyści, takich jak zwiększanie żyzności gleby, zatrzymanie wody, ograniczanie presji szkodników i roślin innych niż uprawne.

**Praktyka uprawy roślin** – ogólne zasady uprawy ziemi, w tym wybór określonych roślin uprawnych, dostosowanych do lokalnych warunków glebowych, klimatycznych oraz wszelkie zabiegi stosowane w produkcji roślinnej.

**Przepuszczalność gleby** – własności filtracyjne gruntu, charakteryzujące jego zdolność do wchłaniania wody opadowej przez glebę.

**Prześlakliwość** – tu: właściwość fizyczna gleby, określająca jej zdolność do przepuszczania wody. Dotyczy grawitacyjnego przemieszczania wód

opadowych w głąb profilu glebowego. Zależy od pojemności wodnej gleby; związane są z nią: infiltracja i przesiąkanie.

**Spływ podpowierzchniowy** – ruch wody pod powierzchnią gleby, równoległy do niej, nad warstwą nieprzepuszczalną lub słabo przepuszczalną. Występuje gdy warstwa o ograniczonej przepuszczalności lub nieprzepuszczalna ogranicza przesiąkanie wody w głąb profilu glebowego.

**Spływ powierzchniowy** – woda pochodząca z opadów atmosferycznych, nawadniania lub topnienia śniegu na wiosnę, która nie została wchłonięta przez glebę, z powodu jej ograniczonej przesiąkliwości lub nasycenia. Prędkość spływu powierzchniowego zależy od nachylenia i pokrycia terenu. Pod wpływem grawitacji woda spływa brzdami, koleinami lub zagłębieniami terenowymi do niżej położonych pól.

**Spływ powierzchniowy obszarowy** – woda spływająca z pól, która nie tworzy wyraźnych strug, jest mniej zauważalna.

**Spływ powierzchniowy skoncentrowany** – powstaje wtedy, gdy woda spływająca z pól łączy się w strugi i strumienie, które są wyraźnie widoczne; spływ skoncentrowany sprzyja intensywnej erozji gleby.

**Strefa buforowa (ochronna)** – porośnięty roślinnością, nieuprawiany pas ziemi, między polem uprawnym i odbiornikiem wodnym, wprowadzany w celu ograniczenia spływu powierzchniowego i erozji.

**Strefa zawracania maszyn rolniczych** – obszar na obrzeżu pola, na którym kierunek orki i siewu jest prostopadły do kierunku siewu wewnątrz pola.

**Struktura gleby** – odnosi się do składu granulometrycznego, określającego udział frakcji różnej wielkości; piasku, łu i gliny.

**Struktury retencyjne** – tereny naturalne lub sztucznie utworzone, których celem jest zatrzymanie wody i zerodowanych cząstek gleby w polu oraz odbieranie odcieków z systemu drenażowego.

**Struktury rozpraszające** – konstrukcje wznoszone w celu rozproszenia skoncentrowanego strumienia spływu powierzchniowego w zlewni. Ich celem jest ograniczanie erozji i zatrzymywanie niesionych z wodą piasku i łu, materii organicznej oraz rozpraszanie i spowalnianie spływu powierzchniowego.

**Środki ochrony roślin** – substancje lub ich mieszaniny oraz żywe organizmy, przeznaczone do ochrony roślin uprawnych przed organizmami szkodliwymi, niszczenia niepożądanych roślin, regulowania wzrostu, roz-

woju i innych procesów biologicznych w roślinach uprawnych. Zgodnie z definicją są przeznaczone do:

- ochrony roślin lub produktów roślinnych przed wszelkimi organizmami szkodliwymi lub zapobiegania działaniu takich organizmów,
- regulowania procesów życiowych roślin (np. regulatory wzrostu, ale inne niż substancje odżywcze),
- ochrony produktów pochodzenia roślinnego (ale nie do ich konserwacji),
- niszczenia niepożądanych roślin lub ich części,
- ograniczania niepożądanego wzrostu roślin lub zapobiegania mu.

**Tabela decyzyjna** – tabela zawierająca kluczowe informacje niezbędne do oceny ryzyka wystąpienia spływu powierzchniowego oraz wyboru odpowiednich działań, ograniczających spływ i erozję.

**Wały ziemne** – niewielkie zapory ziemne w polu, zatrzymujące wodę w jego obrębie i spowalniające jej spływ. Ich zadaniem jest zwiększenie przesiąkania wody w głąb profilu glebowego.

**Zanieczyszczenia obszarowe** – zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rozproszonych; w rolnictwie są to zanieczyszczenia pochodzące z pól – nawozy organiczne i mineralne oraz środki ochrony roślin.

**Zlewnia** – obszar, z którego wody powierzchniowe spływają do strumieni, rzek, stawów, jezior itp., zamknięty jednym punktem, np. ujściem do kolejnego cieku, jeziora.

**Źródła punktowe zanieczyszczeń** – w odniesieniu do środków ochrony roślin, przez źródła punktowe zanieczyszczenia wód powierzchniowych rozumie się działania w obrębie gospodarstwa, związane z przygotowaniem cieczy roboczej lub myciem sprzętu wykorzystywanego do aplikacji środków ochrony roślin i zagospodarowaniem ich pozostałości. Wszystkie czynności podlegają kontroli operatora, a ilość środków przedostająca się do wód powierzchniowych może być znacząco ograniczana dzięki postępowaniu zgodnemu z Dobrą Praktyką oraz stosowaniu właściwego sprzętu i infrastruktury.

**Źródła rozproszone zanieczyszczeń** – w odniesieniu do środków ochrony roślin przez źródła rozproszone rozumie się zanieczyszczenia powstające w wyniku znoszenia cieczy użytkowej podczas oprysku oraz spływu powierzchniowego z terenu pola i powierzchni zlewni.



## BIBLIOGRAFIA

*Poradnik Dobrej Praktyki opracowano na podstawie osobistego doświadczenia naszych partnerów i ekspertów, uczestniczących w realizacji projektu TOPPS-Prowadis, a także wyników wielu badań, wykonywanych przez lata, w różnych ośrodkach naukowych. W dołączonej do poradnika bibliografii przedstawiono wybrane publikacje na temat wpływu powierzchniowego i erozji, które mogą być pomocne w pogłębianiu wiedzy z tego zakresu.*

AGNEW, L.J.; LYON, S.; MARCHANT, P.G. ET AL.: Identifying hydrologically sensitive areas: bridging the gap between science and application. *Journal of Environmental Management*, 2006 (78), 63–76.

ANBUMOZHI, V.; RADHAKRISHNAN, J.; YAMAGI, E.: Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. *Ecological Engineering*, 2005 (24), 517–523.

ANGIER, J.T.; MCCARTY, G.W.; RICE, C.P.; BIALEK, K.: Influence of riparian wetland on nitrate and herbicides exported from an agricultural field. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002 (50), 4424–4429.

BAKER, J.L.; MICKELSON, S.K.: Application technology and best management practices for minimizing herbicide run-off. *Weed Technology*, 1994 (8), 862–869.

BAKER, M.E.; WELLER, D.E.; JORDAN, T.E.: Improved methods for quantifying potential nutrient interception by riparian buffers. *Landscape Ecology*, 2006 (21), 1327–1345.

BANASIK, K.; HEJDUK, L.: Long-term changes in run-off from a small agricultural catchment. *Soil & Water Research*, 2012 (7), 64–72.

BARLING, R.D.; MOORE, I.D.: Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. *Environmental Management*, 1994 (18), 543–558.

BENTRUP, G. (2008): Conservation Buffers - Design Guidelines for Buffers, Corridors, and Greenways. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, pp. 110. Online: [http://www.unl.edu/nac/bufferguidelines/docs/conservation\\_buffers.pdf](http://www.unl.edu/nac/bufferguidelines/docs/conservation_buffers.pdf)

BERRY, J.K.; DETGADO, J.A.; KHOSLA, R.; PIERCE F.J.: Precision conservation for environmental sustainability. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 58(6), 332–339.

BLANCHARD, P.E.; LEARCH R. N.: Watershed vulnerability to losses of agricultural chemicals: interactions of chemistry, hydrology, and land use. *Environmental Science & Technology*. 2000 (34), 3315–3322.

BOORMAN, D.B., Hollis, J.M.; Lilly, A. (1995). *Hydrology of Soil Types: A Hydrologically-Based Classification of the Soils of the United Kingdom*. Report No.126, Institute of Hydrology, UK.

BOYD, P.M.; BAKER, J.L.; MICKELSON, S.K.; AHMED, S.I.: Pesticide transport with surface run-off and subsurface drainage through a vegetative filter strip. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 2003 (46), 675–684.

BROWN, C.D.; van BEINUM W.: Pesticide transport via sub-surface drains in Europe. *Environmental Pollution*, 2009 (157), 3314–3324.

CHEN, W.P. HERTL, S. CHEN; TIERNEY D.: A pesticide surface water mobility index and its relationship with concentrations in agricultural drainage watersheds. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2002 (21), 298–308.

DABNEY, S.M.; MOORE, M.T.; LOCKE, M.A.: Integrated management of in-field, edge-of-field, and after-field buffers. *Journal of American Water Resources Association*, 2006 (42), 15–24.

DANIELS, R.B.; GILLIAM, J.W.: Sediment and chemical load reduction by grass and riparian filters. *Soil Science Society of America Journal*, 1996 (60), 246–251.

DELTA F.A.R.M. & PESTICIDE ENVIRONMENTAL STEWARDSHIP (PES): *The Value of Buffers For Pesticide Stewardship and Much More*. Online: <http://pesticidestewardship.org/Documents/Value of Buffers.pdf>

DILLAHA, T.A.; RENEAU, R.B.; MOSTAGHIMI, S.; LEE, D.: Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 1989 (32), 513–519.

DOSSKEY, M.G.G.; EISENHAUER, D.E.; HELMERS, M.J.: Establishing conservation buffers using precision information. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005 (60), 349–354.

DOSSKEY, M.G.G.; HOAGLAND, K.D.; BRANDLE, J.R.: Change in filter strip performance over ten years. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007 (62), 21–32.

DYSON, J.S.; JURY W.A. BUTTERS G.L. (1990): *The Prediction and Interpretation of Chemical Movement Through Porous Media: The Transfer Function Approach*. Report EN-6853 for the Electric Power Research Institute, California, USA

EAGLESON, P.S.: Climate, soil and vegetation. 5: A derived distribution of storm surface run-off. *Water Resources Research*, 1978 (14), 741–748.

FAWCETT, R.S.; CHRISTENSEN, B.R.; TIERNEY, D.P.: The impact of conservation tillage on pesticide run-off into surface water: A review and analysis. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1994, 49(2), 126–135.

FIENER, P., AUERSWALD, K.: Effectiveness of grassed waterways in reducing run-off and sediment delivery from agricultural watersheds. *Journal of Environmental Quality*, 2003 (32), 927–936.

FLANAGAN, D.C.; FOSTER, G.R.; NEIBLING, W.H.; BURT, J.P.: Simplified equations for filter strip design. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 1989 (32), 2001–2007.

GHIDEY, F.; BAFFAUT, C.; LERCH, R.N.; KITCHEN, N.R.; SADLER, E.J.; SUDDUTH, K.A.: Herbicide transport to surface run-off from a claypan soil: Scaling from plots to fields. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 65(3), 168–179.

GUSTAFSON, D.I.: Groundwater Ubiquity Score: A simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1989 (8), 339–357.

HAWKINS, J.H. (1982): Interpretations of source area variability in rainfall-run-off relations. In: *Rainfall-Run-off Relationship*. Proceedings of the International Symposium on Rainfall-Run-off Modelling. Mississippi State University, Starkville, MS., 303–342

HAYCOCK, N.E.; MUSCUTT, A.D.: Landscape management strategies for the control of diffuse pollution. *Landscape and Urban Planning*, 1995 (31), 313–321.

HAYES, J.C.; BAYFIELD, B.J.; BARNHISEL, R.I.: Performance of grass filters under laboratory and field conditions. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 1984 (27), 1321–1331.

KERLE, E.A.; JENKINS, J.J.; VOGUE, P.A. (2007): Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection. Extension publication EM8561, Oregon State University, p. 8.

KOVÁŘ, P.; VAŠŠOVÁ, D.; HRABALÍKOVÁ, M.: Mitigation of surface run-off and erosion impacts on catchment by stone hedgerows. *Soil and Water Research*, 2011 (6), 153–164.

KRUTZ, L.J.; SENSEMAN, S.A.; ZABLOTOWICZ, R.M.; MATOCHA, M.A.: Reducing herbicide run-off from agricultural fields with vegetative filter strips: a review. *Weed Science*, 2005 (53), 353–367.

LACAS, J.G.; VOLTZ, M.; GOUY, V. ET AL.: Using grassed strips to limit pesticide transfer to surface water: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2005 (25), 253–266.

LEONARD, R.A. (1990): Movement of pesticides into surface waters. Chapter 9 in *Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts, and Modeling*. Soil Science Society of America Book Series 2.

LEU, C., SCHNEIDER, M.K.; STAMM, C.: Estimating Catchment Vulnerability to Diffuse Herbicide Losses from Hydrograph Statistics. *Journal of Environmental Quality*, 2010 (39), 1441–1450.

LOWRANCE, R.; DABNEY, S.; SCHULTZ, R.: Improving water and soil quality with conservation buffers. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002 (57), 36–43.

LOWRANCE, R.; SHERIDAN, J.M.: Surface run-off water quality in a managed three zone riparian buffer. *Journal of Environmental Quality*, 2005 (34), 1851–1859.

MAAS, R.P.; SMOLEN, M.D.; DRESSING, S.A.: Selecting critical areas for nonpoint source pollution control. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1985 (40), 68–71.

- MANDER, Ü.; KUUSEMETS, V.; LÓHUMS, K.; MAURING, T.: Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecological Engineering*, 1997 (8), 299–324.
- MCMAHON, T.A.; FINLAYSON, B. (1992): Global Run-off – Continental Comparisons of Annual Flows and Peak Discharges. Catena Verlag, Reiskirchen, pp. 166.
- MEALS, D.W.; DRESSING, S.A.; DAVENPORT, T.E.: Lag Time in Water Quality Response to Best Management Practices – A Review. *Journal of Environmental Quality*, 2010 (39), 85–96.
- NORRIS, V. (1993): The use of buffer zones to protect water quality – a review. *Water Resources Management*, (7), 257–272.
- OTTO, S.; CARDINALI, A.; MAROTTA, E.; PARADISI, C.; ZANIN, G.: Effect of vegetative filter strips on herbicide run-off under various types of rainfall. *Chemosphere*, 2012 (88), 113–119
- PATTY, L.; RÉAL, B.; GRIL, J.: The use of grassed buffer strips to remove pesticides, nitrate and soluble phosphorus compounds from run-off water. *Pesticide Science*, 1997 (49), 243–251.
- PHILLIPS, J.D.: Evaluation of the factors determining the effectiveness of water quality buffer zones. *Journal of Hydrology*, 1989 (107), 133–145.
- POLYAKOV, V.; FARES, A.; RYDER, M.H.: Precision riparian buffers for the control of nonpoint source pollutant loading into surface water: a review. *Environmental Review*, 2005 (13), 129–144.
- POPOV, V.H.; CORNISH, P.S.; SUN, H.: Vegetated biofilters: the relative importance of infiltration and adsorption in reducing loads of water-soluble herbicides in agricultural run-off. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006 (114), 351–359.
- PROKOPY, L.S.; FLORESS, K.; KLOTTHOR-WEINKAUF, D.; BAUMGART-GETZ, A.: Determinants of agricultural best management practice adoption: Evidence from the literature. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2008, 63(5), 300–311.
- QUI, Z.; WALTER, M.T.; HALL, C.: Managing variable source pollution in agricultural watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007 (62), 115–122.

RABOTYAGOV, S.S., JHA, M.K.; CAMPBELL, T.: Impact of crop rotations on optimal selection of conservation practices for water quality protection. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 65(6), 369–380.

RANKINS, A. JR.; SHAW, D.R.; BOYETTE, M.: Perennial grass filter strips for reducing herbicide losses in run-off. *Weed Science*, 2001 (49), 647–651.

RANKINS, A. JR.; SHAW, D.R.; DOUGLAS, J.: Response of perennial grasses potentially used as filter strips to selected postemergence herbicides. *Weed Technology*, 2005 (19), 73–77.

REICHENBERGER, S.; BACH, M.; SKITSCHAK, A.; FREDE, H.: Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; a review. *Science of the Total Environment*, 2007 (384), 13–15.

ROBINSON, C.A.; GHAFARZADEH, M.; CRUSE, R.M.: Vegetative filter strip effects on sediment concentration in cropland run-off. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1996 (51), 227–230.

ROBINSON, M.; RYCROFT, D.W. (1999): The impact of drainage on streamflow. Chapter 23 in W. Skaggs and J. van Schilfgaarde (eds), *Agricultural Drainage*. Agronomy Monograph 38. Soil Soc. Sci. Am., Madison, Wisconsin, USA, 753–786.

ROSE, C.W. (2004): *An Introduction to the Environmental Physics of Soil, Water and Watersheds*, Cambridge University Press, pp. 441.

SCHMITT, T.J.; DOSSKEY, M.G.G.; HOAGLAND, K.D.: Filter strip performance and processes for different vegetation widths and contaminants. *Journal of Environmental Quality*, 1999 (28), 1479–1489.

SCHULTZ, R.C.; COLLETTI, J.P.; ISENHART, T.M. ET AL.: Design and placement of a multi-species riparian buffer strip system. *Agroforestry Systems*, 1995 (29), 201–226.

SHANLEY, J.B.; CHALMERS, A.: The effect of frozen soil on snowmelt run-off at Sleepers River, Vermont. *Hydrological Processes*, 1999 (13), 1843–1857.

SHIPITALO, M.J.; JAMES, V.; BONTA, V.; DAYTON, E.A.; OWENS, L.B.: Impact of Grassed Waterways and Compost Filter Socks on the

Quality of Surface Run-off from Corn Fields. *Journal of Environmental Quality*, 2010 (39), 1009–1018.

SHIPITALO, M.J.; OWENS, L.B.: Tillage system, application rate, and extreme event effects on herbicide losses in surface run-off. *Journal of Environmental Quality*, 2006 (35), 2186–2194.

SKAGGS, R.W.; FAUSEY, N.R.; EVANS, R.O.: Drainage water management. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2012, 67(6), 167–172.

STROCK, J.S.; KLEINMAN, P.J.A.; KING, K.W.; DELGADO, J.A.: Drainage water management for water quality protection. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 65(6), 131–136.

TOMER, M.D.; JAMES, D.E.; ISENHART, T.M.: Optimizing the placement of riparian practices in a watershed using terrain analysis. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 58(4), 198–206.

TOMER, M.D.; JAMES, D.E.; ISENHART, T.M.: Optimizing the placement of riparian practices in watershed using terrain analysis. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003 (58), 198–206.

UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN: Targeting Watershed Management Practices for Water Quality Protection: a Heartland Regional Water Coordination Publication, RP195.

Online: <http://www.ianrpubs.unl.edu/public/live/rp195/build/rp195.pdf>

USDA-NRCS: Conservation Buffers to Reduce Pesticide Losses. National Water and Climate Center & Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs.

Online: <http://www.in.nrcs.usda.gov/technical/agronomy/newconbuf.pdf>

USEPA (2005): Handbook for developing watershed plans to restore and protect our waters. EPA 841-B-05-005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.

WAGNER, T.M.,; SIVAPALAN, P.; TROCH, P, WOODS, R.: Catchment classification and hydrologic similarity. *Geography Compass*, 2007 (1), 901–931.

WARD, R.C.; ROBINSON M. (2000): Principles of Hydrology. McGraw-Hill, pp. 450.

WAUCHOPE R.D.; GRANEY, R.L.; CRYER, S.; EADSFORTH, C.; KLEINS, A.W.; RACKE, K.D.: Pesticide Run-off – Methods and Interpretation of Field Studies. *Pure & Appl. Chem.*, 1995 (67), No. 12, 2089–2108.

WISSMAR, R.C.; BEER, W.N.; TIMM, R.K.: Spatially explicit estimates of erosion-risk indices and variable riparian buffer widths in watersheds. *Aquatic Sciences*, 2004 (66), 446–455.

YANG, W.; WEERSINK, A.: Cost-effective targeting of riparian buffers. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 2004 (52), 173–4.

YU, B.: Theoretical justification of the SCS method for run-off estimation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1998 (124), 306–310.

YU, B.; CAKURS U.; ROSE C.W.: An assessment of methods for estimating run-off rates at the plot scale. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 1998 (41), 653–661.

ZHANG, X., XINGMEI, L.; ZHANG, M.; DAHLGREN, R.A.; EITZEL, M.: A Review of Vegetated Buffers and a Meta-analysis of Their Mitigation Efficacy in Reducing Nonpoint Source Pollution. *Journal of Environmental Quality*, 2010 (39), 76–84.