Inagro vzw
Ieperseweg 87
8800 Rumbeke-Beitem, Belgium
Tel: +32 51 27 32 00
Fax: +32 51 24 00 20
www.inagro.be
info@inagro.be

AFSPOELING

Goede Landbouwpraktijken

om afspoeling en erosie van gewasbeschermingsmiddelen te beperken

De TOPPS – projecten startten in 2005 met een eerste 3-jarig project, het TOPPS-project, om vervuiling van het oppervlaktewater door puntbronnen van gewasbeschermingsmiddelen tegen te gaan. Dit project werd gefinancierd door LIFE+ en ECPA. Daarna volgde TOPPS-eos in 2010. In dit project werd spuittechnologie geëvalueerd met als doel spuittoestellen milieuvriendelijker te maken. Het vervolgproject TOPPS-prowadis (2011 tot 2014) heeft als doel vervuiling door diffuse bronnen van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater te verminderen. TOPPS – prowadis is volledig gefinancierd door ECPA en wordt uitgevoerd door 14 partners in 7 EU – landen.

De TOPPS-projecten ontwikkelen Goede Landbouwpraktijken (GLP's) met Europese experten en stakeholders. Deze GLP's worden in de deelnemende Europese landen verspreid aan de hand van informatiebrochures, training en demonstratie. Op die manier wil men de problematiek onder de aandacht brengen en het oppervlaktewater beschermen.
TOPPS staat voor: Train Operators to Promote Practices & Sustainability (www.TOPPS-life.org)

Auteurs:

Technische experten:
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)

Lokale partners:
Magdalena Bielasik-Rosinska(Inst. Env. Protection), Aldo Ferrero (Univ. Turin), Klaus Gehring (Bavarian State Res. Centre LfL), Emilio Gonzalez Sanchez (Univ. Cordoba), Ellen Pauwelyn (InAgro), Rolf Thorstrup Poulsen, Marian Damsgaard Thorsted (Danish Ag. Advisory Service)

Projectpartners:
- InAgro, Rumbeke, (BE)
- Bavarian State Res. Centre LfL, Freising, (DE)
- Danish Ag. Advisory Service, Aarhus, (DK)
- University of Cordoba, Cordoba, (ES)
- IRSTEA (Cemagref), Lyon, (FR)
- ARVALIS Institut du végétal, Boigneville, (FR)
- Agroselvitier, University of Turino, Turin, (IT)
- Institute of Environmental Protection (IEP), Warsaw, (PL)

TOPPS Prowadis stuurgroep:
Philippe Costrop, Syngenta (Chair); Evelyne Guesken, Basics; Julie Maillet-Mezeray, Arvalis; Inge Mestdagh, Dow;
Ellen Pauwelyn, InAgro; Alison Sapiets, Syngenta;
Paolo Balsari, Univ. Turin; Folkert Bauer, BASF;
Greg Doruchowski, InHort; Jeremy Dyson, Syngenta;
Guy le Henaff, Irstea; Lawrence King, Bayer Cropscience; Volker Laabs, BASF; Holger Ophoff, Monsanto; Poul Henning Petersen, DAAS; Bjoern Roepke, Bayer CropScience;
Manfred Roettele, BetterDecisions; Stuart Rutherford, ECPA

Foto's:
werden beschikbaar gesteld door de verschillende TOPPS prowadis partners, USDA, technische experten

DiSAFA
Università degli Studi di Torino
Via Leonardo da Vinci, 44
10095 Grugliasco (Torino), Italy

ARVALIS – Institut du végétal,
3 rue Joseph et Marie Hackin,
75116 Paris, France

Institute of Environmental Protection –
National Research Institute,
Krucza str. 5/11d, 00-548 Warsaw,
Poland

Inagro vzw
Ieperseweg 87
8800 Rumbeke-Beitem, Belgium

Milieux Aquatiques, Ecologie et Pollutions Equipe
Pollutions Diffuses
IRSTEA Lyon,
5 rue de la Doua, CS70077
69626 VILLEURBANNE Cedex, France

University of Córdoba (UCO),
Campus Rabanales, Dpto. Ingeniería Rural –
UCO Ed. Leonardo Da Vinci – Area de
Mecanización, E- 14014 Córdoba, Spain

Knowledge Centre for Agriculture
Agro Food Park 15
8200 Aarhus N, Denmark

Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL)
Vöttinger Str. 38
85354 Freising-Weihenstephan, Germany

Inhoud

Voorwoord	7
Inleiding	**8**
Bronnen van waterverontreiniging	8
Types van afspoeling	9
Invloedsfactoren op de verplaatsing van GBM via afspoeling	11
De beweging van actieve stoffen in de bodem	11
Sleutelfactoren die het risico op afspoeling/erosie van GBM bepalen	**12**
Afstand tot oppervlaktewater	12
Bodemkenmerken	12
Het weerspatroon, klimaatsfactoren	12
Vorm en lengte van de helling	12
Bodembedekking	12
Diagnose	**13**
Diagnose van het afstroomgebied	13
Diagnose van het veld	14
Beslissingsbomen	15
D1: Beslissingsboom om het risico op afspoeling door het overschrijden van de infiltratiecapaciteit van de bodem in de schatten	17
D2: Beslissingsboom om het risico op afspoeling door waterverzadiging van de bodem in te schatten.	20
D3: Diagnose van geconcentreerde afspoeling en erosie	21
Goede landbouwpraktijken om geconcentreerde afspoeling te reduceren	22
Goede landbouwpraktijken (GLP´s)	**24**
Goede landbouwpraktijken	24
Implementatieplan	25
OVERZICHT VAN MAATREGELEN EN VOORBEELD VAN DE ONTWIKKELING VAN GOEDE LANDBOUWPRAKTIJKEN	**26**
Overzicht van mogelijke maatregelen	26
Voorbeeld: hoe goede landbouwpraktijken ontwikkelen?	27
Lijst met maatregelen	**30**
Bodembeheer	31
Teelttechnieken	39
Vegetatieve bufferstroken	44
Algemeen	44
Onderhoud	46
Opvangstructuren	56
Duurzaam gebruik van GBM	61
Irrigatie	64
Samenvatting van de efficiëntie van de maatregelen om afspoeling en erosie te reduceren	66
Glossarium	**70**
Referenties	**75**

Voorwoord

Het beschermen van water staat hoog op het lijstje van publieke bezorgdheden over ons leefmilieu, en het wordt terecht aangeduid als één van de basiselementen die leven op onze planeet mogelijk maken. De laatste jaren wordt er dan ook steeds meer aandacht aan besteed. Zo vieren we jaarlijks de Wereldwaterdag, een dag waarop de zorg en de kostbaarheid van ons water in de schijnwerpers staat.

Water wordt steeds schaarser. Als we niet op een efficiëntere manier omspringen met ons water, zullen we in 2030 40% meer water nodig hebben dan wat er beschikbaar zal zijn. Ook in Europa. Water is een onmisbare grondstof voor de landbouw, en het is dus duidelijk dat water één van de belangrijkste beperkende factoren zal zijn voor een productieve landbouw in de toekomst.

Het principe “more crop per drop” of “meer opbrengst per druppel water die gebruikt wordt” illustreert de moeilijke evenwichtsoefening tussen het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en het milieu. Enerzijds zorgen gewasbeschermingsmiddelen ervoor dat we gewassen kunnen telen op een efficiëntere manier, vaak met minder watergebruik, maar anderzijds moeten we wel opletten dat we ze correct gebruiken, want anders kunnen ze mogelijk het water vervuilen.

De gewasbeschermingsindustrie verbindt zich ertoe om de watervoorraden te behouden en te beschermen. Dit doen we door vernieuwende oplossingen voor gewasbescherming te ontwikkelen en door de goede landbouwpraktijken te promoten. Want laten we duidelijk zijn: gewasbeschermingsmiddelen horen niet thuis in het water. Wij steunen een productieve landbouw met een geïntegreerd pakket aan oplossingen om de gewassen te beschermen. Gewasbeschermingsmiddelen horen daar zeker bij, op voorwaarde dat ze op een correcte en duurzame manier gebruikt worden.

België heeft reeds heel wat positieve zaken verwezenlijkt, niet in het minst dankzij het TOPPS-project (Train the Operator to Prevent Point Source pollution). Dit initiatief, gestart in 2005 in verschillende landen en gesteund door Europa en door de gewasbeschermingsindustrie, betekende een grote stap vooruit in de bewustwording van professionele gebruikers rond het vermijden van puntvervuiling en het beschermen van water.

Het PROWADIS-project (Protect Water from Diffuse Sources) vormt de perfecte opvolging voor het TOPPS-project en past naadloos in de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water en de Europese Richtlijn Duurzaam Gebruik. Wij zijn er dan ook van overtuigd dat de voorgestelde maatregelen om afspoeling en erosie te beperken verder zullen bijdragen aan het verzoenen van een duurzame landbouw met een gezond leefmilieu.

Tot slot wil ik alle partners, experten en instituten bedanken voor hun inspanningen, expertise en bijdrage aan de TOPPS-projecten en hen veel succes wensen met het PROWADIS-project. Ik hoop dat het PROWADIS-materiaal veelvuldig zal aangewend worden om professionele gebruikers, adviseurs en studenten op een praktische, bruikbare manier op te leiden aan de hand van informatie en demonstratie. Deze goede landbouwpraktijken zijn een mooie aanzet om ideeën in de praktijk uit te werken, de landbouwers verder te sensibiliseren en de kennis te verspreiden die nodig is voor een duurzaam gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en een hoge bescherming van het water.

Peter Jaeken

Secretaris-generaal
Phytofar vzw
Brussels, Belgium

Phytofar

[1]www.TOPPS-life.org [2]TOPPS Prowadis – Protecting Water from Diffuse Sources

INLEIDING

Bronnen van waterverontreiniging

Gewasbeschermingsmiddelen (GBM) kunnen in het oppervlaktewater terechtkomen aan de hand van twee belangrijke routes:

Puntbronnen

Puntbronnen zijn hoofdzakelijk gerelateerd aan de handelingen met GBM op het bedrijf. De belangrijkste knelpunten zijn het vullen en het spoelen/reinigen van het spuittoestel en het verwijderen van de restfractie.

Diffuse bronnen

De belangrijkste diffuse bronnen zijn afspoeling en erosie door regenweer (tijdens of kort na de bespuiting), drainage (specifieke vorm van afspoeling die plaatselijk belangrijk kan zijn) en drift (de ongewenste verplaatsing van gewasbeschermingsmiddelen door de wind).
Puntbronnen zijn de belangrijkste bronnen van verontreiniging van het oppervlaktewater door GBM, gevolgd door afspoeling en erosie.

Er zijn enkele belangrijke verschillen tussen puntbronnen en diffuse bronnen. Puntbronnen zijn bedrijfsspecifiek en kunnen vermeden worden door de handelingen van de toepasser van gewasbeschermingsmiddelen aan te passen en geoptimaliseerde spuittechnieken en infrastructuur te gebruiken. Alle belangrijke factoren kunnen gecontroleerd worden.
Waterverontreiniging door puntbronnen van GBM kunnen grotendeels vermeden worden.

Diffuse bronnen hangen af van factoren zoals de weersomstandigheden, hun interactie met de bodem en het landschap. Daarom zijn diffuse bronnen specifiek voor het veld en het afstroomgebied en niet volledig te controleren. Maatregelen om diffuse bronnen te reduceren moeten vaak zowel individueel (landbouwer) als collectief (groep landbouwers, afstroomgebied) geïmplementeerd worden.
Diffuse bronnen kunnen sterk gereduceerd worden maar extreme weersomstandigheden kunnen soms risico's veroorzaken die niet kunnen vermeden worden.

Bij het voorstellen van maatregelen om diffuse bronnen van gewasbeschermingsmiddelen te verminderen moet rekening gehouden worden met een representatief weerspatroon. Extreme regenbuien (die bijvoorbeeld 1 keer in 50 jaar voorkomen) vormen niet de maatstaaf voor onze aanbevelingen en GLP's.

Types van afspoeling

1) Afspoeling door het overschrijden van de infiltratiecapaciteit van de bodem

Als de regenintensiteit de infiltratiecapaciteit van de bodem overschrijdt, treedt afspoeling op. Een speciale vorm is het ontdooien van een bevroren ondergrond. Hier is er gelijktijdig een ondoorlaatbare laag (bevroren ondergrond) en dooiwater aanwezig. Dit kan leiden tot afspoeling en erosie.

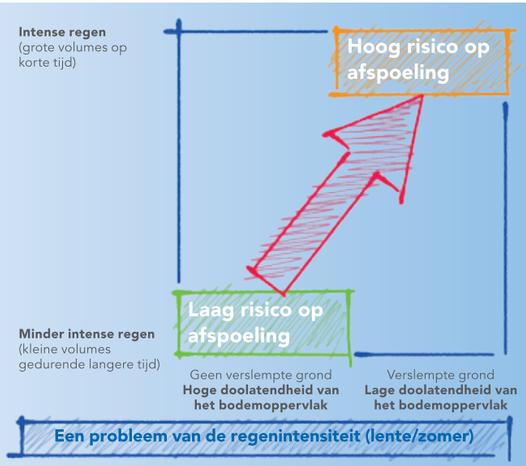


Fig. 1: link tussen infiltratie en risico op afspoeling

2) Afspoeling door waterverzadiging van de bodem

Afspoeling treedt op wanneer de bodem waterverzadigd is en er geen bijkomend water meer kan infiltreren in de bodem (de kan is vol). Het water kan bovengronds of op een ondoorlaatbare laag in de bodem afspoelen. Afspoeling door verzadiging komt voor wanneer de totale hoeveelheid regenwater het waterbergend vermogen van de bodem overschrijdt.

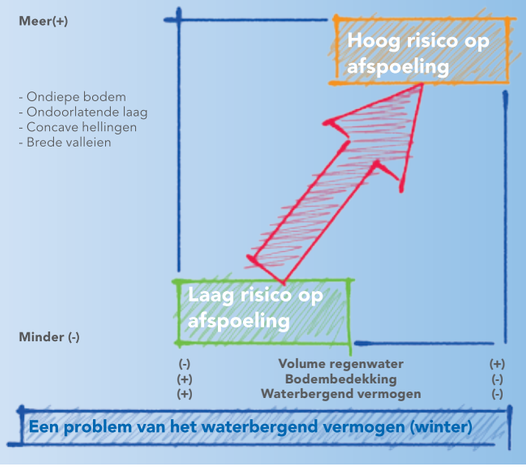


Fig. 2: link tussen de wateropslagcapaciteit en het risico op afspoeling

a) Ondergrondse afspoeling

Als het water infiltreert in de bovenste bodemlaag, maar op een ondoorlaatbare bodemlaag terechtkomt (bijvoorbeeld rots of klei), zal het water zich zijwaarts verplaatsen naar het oppervlaktewater. Bij ondergrondse afspoeling is het risico op verontreiniging van het oppervlaktewater door GBM kleiner dan bij bovengrondse afspoeling. Bij ondergrondse afspoeling beweegt het water immers traag doorheen de bodem en is de kans groot dat GBM afgebroken of geadsorbeerd worden (zeker in de bovenste bodemlaag door de hogere biologische activiteit). Ondergrondse afspoeling kunt u vaak zien op de oevers van de waterloop op de plaats waar het water vanuit de bodem in de rivier sijpelt.

b) Drainage

Een speciaal geval van ondergrondse afspoeling is drainage. De drainage transporteert het overtollige water via de drainagebuizen uit de bodem naar het nabijgelegen oppervlaktewater (daarom is bovengrondse afspoeling over het algemeen klein op gedraineerde velden). In het drainagewater kunnen ook aanzienlijke hoeveelheden GBM teruggevonden worden, vooral wanneer GBM worden toegepast op gedraineerde bodems die droog en gebarsten of waterverzadigd zijn.

3) Geconcentreerde afspoeling

Geconcentreerde afspoeling ontstaat wanneer water zich verzamelt in kanaaltjes. Het water uit deze kanaaltjes kan zich dan opnieuw in de thalweg verzamelen en meer geconcentreerde afspoeling vormen (afspoeling in de thalweg, afspoeling in geulen). Dit kan een gevolg zijn van de landbouwpraktijken (bv. grote velden, rijsporen langs de helling enz.) of het landschap (helling, thalweg, bodemkarakteristieken). Geconcentreerde afspoeling gaat vaak gepaard met erosie. Bij erosie worden bodemdeeltjes en bodemgebonden substanties zoals fosfaten en bepaalde GBM mee met het afstromende water verplaatst. Sedimentafzetting in de laagst gelegen hoeken van het veld duiden op geconcentreerde afspoeling en erosie.

In de lijst van maatregelen zullen maatregelen kunnen worden geselecteerd op basis van de graad van afspoeling en erosie.

INVLOEDSFACTOREN OP DE VERPLAATSING VAN GBM VIA AFSPOELING

Bij de erkenning van GBM in Europa wordt rekening gehouden met de impact van het GBM op aquatische leven en de waterkwaliteit. Hiervoor wordt het risico verbonden aan het gebruik van dit GBM geëvalueerd. De evaluatie kan leiden tot het intrekken van de erkenning of tot bijkomende maatregelen bij het gebruik van het GBM. Deze maatregelen worden vermeld op het etiket en maken een belangrijk deel uit van een complexe strategie om verontreiniging van het oppervlaktewater door gewasbeschermingsmiddelen tegen te gaan. Vandaar moeten de instructies op het etiket nauwlettend gevolgd worden! Ook het toepassen van goede landbouwpraktijken behoort tot deze complexe strategie. Passende GLP om diffuse bronnen te reduceren moeten geselecteerd worden op basis van een diagnose van het veld en afstroomgebied. In gebieden met een hoog risico op afspoeling en erosie kan het aangewezen zijn het product aan te passen.

De beweging van actieve stoffen in de bodem

Niet alle producten worden op dezelfde manier naar het oppervlaktewater getransporteerd. Meer hydrofiele stoffen worden hoofdzakelijk opgelost in het afstromende water, terwijl meer hydrofobe stoffen worden geadsorbeerd aan de bodem en zo worden verplaatst. De karakteristieken van GBM bepalen op welke manier en hoe ver een GBM zal getransporteerd worden.
Twee karakteristieken bepalen het gedrag van een actieve stof in de bodem:

a) Persistentie in de bodem

De persistentie van een actieve stof hangt af van de degradatiesnelheid in de bodem en wordt meestal uitgedrukt als de halfwaardetijd (DT50). De halfwaardetijd is de tijd nodig om 50% van de actieve stof af te breken in de bodem. Stoffen met een hogere persistentie in de bodem zullen gedurende een langere periode in relatief hoge concentraties in de bovenste bodemlaag aanwezig zijn en kunnen bijgevolg in hogere concentraties afspoelen naar het oppervlaktewater. De degradatiesnelheid wordt mede beïnvloed door de organische stof in de bodem, de hoeveelheid klei, de pH en de weersomstandigheden (temperatuur, vocht).

b) Beweeglijkheid in de bodem

De beweeglijkheid van een actieve stof hangt af van zijn adsorptie (de mate waarin de actieve stof zich zal vasthechten aan de bodem) en zijn persistentie. GBM die sterk adsorberen aan de bodem zullen in grote hoeveelheden in het oppervlaktewater terechtkomen via bodemerosie. GBM, die zwak binden aan de bodem en dus makkelijk oplossen in het water, zullen via het afstromende water in het oppervlaktewater terechtkomen. Dus de hoeveelheid GBM dat in het oppervlaktewater zal terechtkomen, wordt bepaald door de hoeveelheid afspoeling erosie na een regenbui. Hierbij is ook de tijdspanne tussen de bespuiting en de neerslag belangrijk. Hoe langer het niet regent na een bespuiting, hoe kleiner het risico dat GBM mee afspoelen naar het oppervlaktewater.

Maatregelen om de verontreiniging van het oppervlaktewater door GBM te reduceren helpen ook om waterverontreiniging door nutriënten zoals stikstof (die oplost in water) en fosfaat (dat bindt aan de bodem) te reduceren

SLEUTELFACTOREN DIE HET RISICO OP AFSPOELING/ EROSIE VAN GBM BEPALEN

Een zorgvuldige diagnose van het veld en het afstroomgebied is noodzakelijk om het risico op afspoeling en erosie te bepalen. Op basis van deze diagnose kunnen de meest passende goede landbouwpraktijken (GLPs) voor die situatie geselecteerd worden. De hierna beschreven factoren moeten beoordeeld worden tijdens de diagnose.

Afstand tot oppervlaktewater

Hoe verder het behandelde veld van de waterloop gelegen is, hoe kleiner het risico dat GBM via afspoeling en erosie naar het oppervlaktewater zullen getransporteerd worden. Naast de afstand van het oppervlaktewater (uitgedrukt in meter) moet ook de snelheid van het afstromende water en het eventuele voorkomen van geconcentreerde waterstromen (bv. via wegen, valleien of via aangelegde buizen rechtsreeks naar de waterloop) in rekening gebracht worden.

Bodemkenmerken

De bodemkenmerken bepalen de infiltratie, adsorptie en afbraak van GBM. Infiltratie in de bodem vermindert afspoeling en erosie aan de bron en hoe langer het GBM in direct contact is met de bodem en micro-organismen, hoe verder het GBM zal afbreken. Een betere infiltratie en adsorptie verminderen dus het risico dat het GBM in het oppervlaktewater terechtkomt. Daarnaast zijn waterbewegingen in de bodem trager dan bovengrondse afspoeling.

Het weerspatroon, klimaatsfactoren

Bij het voorstellen en aanleggen van geschikte maatregelen moet rekening gehouden worden met representatieve weersomstandigheden (regenbuien).

Vorm en lengte van de helling

Velden met steile en lange hellingen zijn gevoeliger voor afspoeling en erosie. Om het risico te verminderen, moeten grote velden verdeeld worden door drempels of grasbufferstroken in het veld. Zo wordt de kracht van het afstromende water verminderd en de infiltratie van het water in de bodem vergroot. Het water moet zoveel mogelijk in het veld gehouden worden (brongerichte maatregelen).

Bodembedekking

Het risico op afspoeling en erosie is klein op een bedekte bodem (bv. grasland, weide). Bij akkerbouwgewassen in een vroeg ontwikkelingsstadium daarentegen wordt de bodem in grote mate blootgesteld aan de regen, wat het risico op afspoeling en erosie aanzienlijk vergroot. Twee belangrijke aspecten moeten hierbij in rekening gebracht worden:

a. De bodem: Bodems met een hoog leemgehalte verslempen sneller en vormen bijgevolg een hoger risico op afspoeling en erosie.

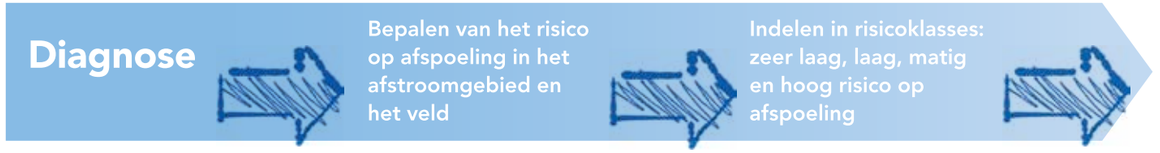
b. De erosieve kracht van de regendruppels: regendruppels breken de bodemdeeltjes in kleinere deeltjes die meer onderhevig zijn aan afspoeling en erosie.

Bodembedekking biedt een oplossing wanneer een bodem niet volledig bedekt is door het gewas. Studies hebben aangetoond dat mulchtechnieken, waardoor bijvoorbeeld organisch materiaal van een tussengewas op de bodem blijft liggen, afspoeling en erosie aanzienlijk verminderen. Op een bedekte bodem slaan de regendruppels niet direct in waardoor het water minder snel afstroomt en beter kan infiltreren. In steile wijngaarden, waar een bodembedekker niet kan worden gebruikt omwille van competitie met het gewas, wordt de bodem tussen de rijen wijnranken vaak met stro of andere organisch materiaal bedekt.

DIAGNOSE

Aan de hand van een diagnose willen we de weg die het water zal volgen in het veld en in het afstroomgebied begrijpen met als doel het risico op afspoeling en erosie te bepalen. Enkel op basis van de resultaten van deze diagnose kunnen passende en effectieve maatregelen voorgesteld worden voor elke specifieke situatie.

(Opmerking: De methodiek is gebaseerd op werk uitgevoerd door Arvalis Institut du végétal en IRSTEA in Frankrijk en werd aangepast worden aan de lokale situaties door de TOPPS prowadis partners. Specifieke aspecten worden opgenomen in de veldhandboeken die lokaal ontwikkeld worden voor voorlichters).

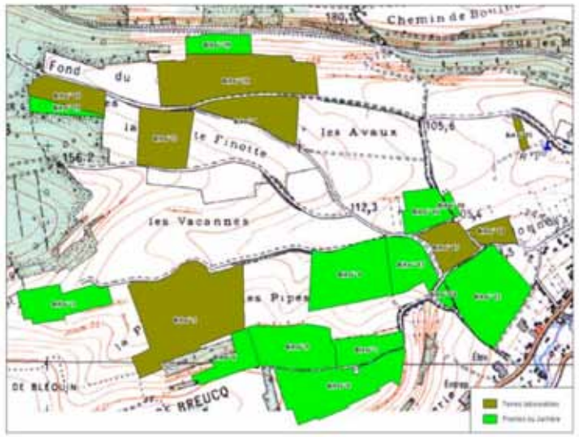


Diagnose van het afstroomgebied

De diagnose start op het niveau van het afstroomgebied door alle beschikbare informatie te verzamelen (kaarten van de velden, geologische kaarten, bodemkaarten, topografische kaarten, kaarten met het hydrologisch netwerk, klimaatscondities en informatie over het landgebruik). Hoe meer data beschikbaar zijn, hoe minder werk overblijft in het veld. Ontbrekende informatie moet verzameld worden in het veld.

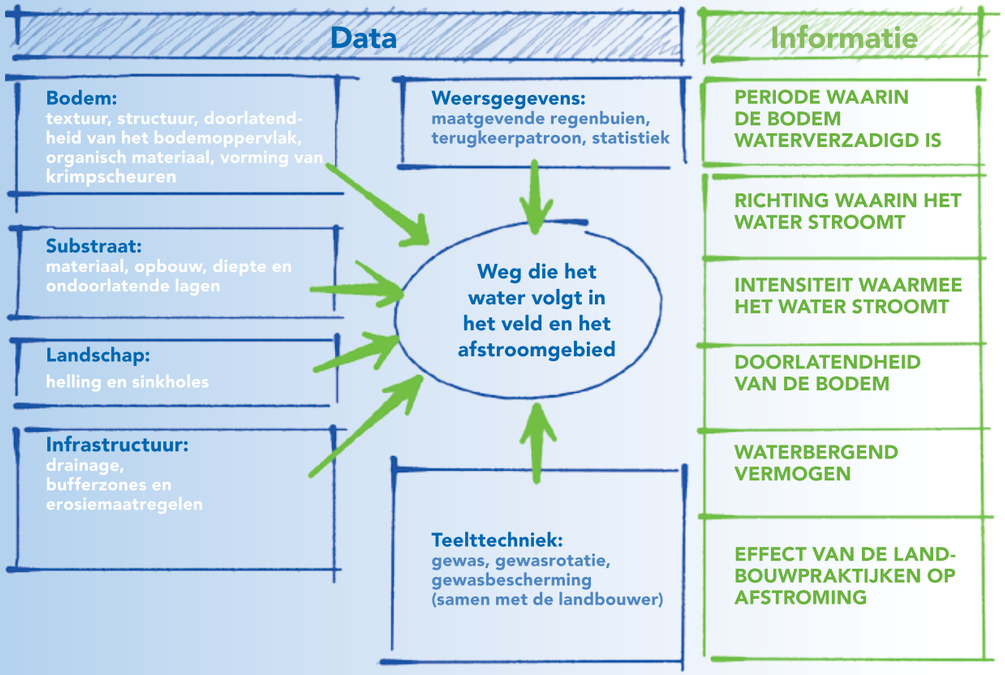
Kaart van het afstroomgebied (voorbeeld: Frankrijk)

- Velden en hun grootte
- Hydrologisch netwerk
- Teelten (permanent grasland)
- Topografie



Diagnose van het veld

Via een velddiagnose worden de beschikbare data geverifieerd, ontbrekende gegevens aangevuld en vooral de doorlaatbaarheid van de bodem bepaald. Het is noodzakelijk de velden te analyseren, aangezien het landschap en de bodem over een korte afstand kunnen veranderen. Op basis van de velddiagnose kunnen veldspecifieke goede landbouwpraktijken voorgesteld worden. Een overzicht van de sleutelfactoren in de velddiagnose is weergegeven in schema 3.



Schema 3 – De vereiste informatie om het het risico op afspoeling te bepalen (Bron: Arvalis Institut du Végétal)

Beslissingsbomen

In kader van het TOPPS-prowadis project werden methodes en beslissingsbomen ontwikkeld om ondanks de complexiteit van deze materie toch tot een correcte beslissing te komen. Aan de hand van deze beslissingsbomen kan het risico op afspoeling in een specifiek veld bepaald worden. Twee beslissingsbomen werden ontwikkeld nl. een beslissingsboom om het risico op afspoeling door het overschrijden van de infiltratiecapaciteit van de bodem te bepalen en een beslissingsboom om het risico op afspoeling door verzadiging van de bodem te bepalen (D1 en D2; schema 4 en 5).

Daarnaast werd ook een beslissingsboom voor geconcentreerde afspoeling opgesteld. Wanneer sporen van geconcentreerde afspoeling zichtbaar zijn in het veld, is het risico op afspoeling en erosie uiteraard groot en moeten maatregelen genomen worden.

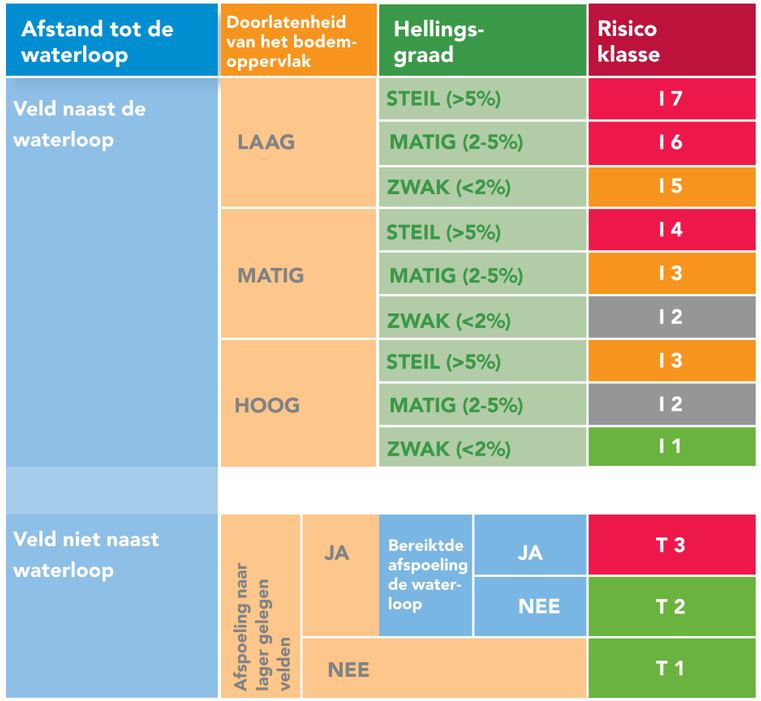
Door een drietal sleutelfactoren in het veld na te gaan, kunnen de velden aan de hand van deze beslissingsbomen ingedeeld worden in 4 risicoklasses: Zeer laag/Verwaarloosbaar (groen), laag risico (geel), matig risico (oranje) en hoog risico (rood).

Voor elke risicoklasse worden maatregelenpakketten beschreven. In dit document worden deze maatregelenpakketten algemeen beschreven, maar de maatregelen moeten uiteraard worden aangepast voor elke specifieke situatie (landbouwpraktijk, klimaatsomstandigheden en andere factoren). Voor elke situatie kan een voorlichter passende maatregelen selecteren uit de LIJST VAN MAATREGELEN (zie pagina 30)

Het is aangewezen om altijd beide beslissingsbomen te gebruiken in het veld, aangezien beide types van afspoeling kunnen voorkomen. Afspoeling door het overschrijden van de infiltratiecapaciteit van de bodem komt voor tijdens hevige regenbuien in de lente en de vroege zomer op bodems met een beperkte bodembedekking. Afspoeling veroorzaakt door verzadiging van de bodem komt meestal voor na een lange regenperiode en wanneer de evapotranspiratie laag is. In dergelijke situaties is de bodem waterverzadigd. Dit komt onder Europese omstandigheden vooral in de late herfst tot de vroege lente voor.

FIG. 4: BESLISSINGSBOOM OM HET RISICO OP AFSPOELING DOOR HET OVERSCHRIJDEN VAN DE INFILTRATIECAPACITEIT VAN DE BODEM IN DE SCHATTEN

Afspoeling op een bevroren (onder)grond wordt niet onmiddellijk behandeld in de beslissingsbomen, maar er wordt wel advies gegeven in de maatregelenpakketten. (Bron: Beslissingsbomen gebaseerd op Arvalis decision trees, Syngenta advisory framework en de expertise van de TOPPS-prowadis partners)



HOOG RISICO

MATIG RISICO

LAAG RISICO

ZEER LAAG RISICO

Voorbeeld: Voor beslissingsboom D1 – overschrijden van de infiltratiecapaciteit

De beslissingsboom wordt aan de hand van de eerste kolom onderverdeeld in twee delen:

a) Veld naast de waterloop
b) Veld niet naast de waterloop

Elke kolom geeft een sleutelfactor weer die beoordeeld moet worden met als doel de velden in te delen in risicoklasses (van links naar rechts). De rechterkolom geeft de risicoklasse weer (kleur). De nummer geeft het bijhorende maatregelenpakket weer, T staat voor transfer, I staat voor infiltratierestrictie.

MAATREGELENPAKKETTEN VOOR AFSPOELING DOOR HET OVERSCHRIJDEN VAN DE INFILTRATIECAPACITEIT

Veld naast de waterloop

I 7

Verminder het risico op afspoeling en erosie van GBM met alle mogelijke maatregelen in het veld, grasbufferstroken en opvangstructuren. Combineer alle mogelijke maatregelen om een maximaal effect te bekomen.
Bevroren (onder)grond: als de doorlatendheid van het bodemoppervlak matig of laag is, is het bijkomende risico door de bevroren ondergrond relatief klein. Bijkomende maatregelen om de infiltratiecapaciteit van het bodemoppervlak te vergroten zijn aanbevolen.

I 4 / I 6

Verminder het risico op afspoeling en erosie met alle mogelijke maatregelen in het veld, grasstroken en opvangstructuren. Combineer alle mogelijke maatregelen om een maximaal effect te bekomen.

I 3 / I 5

Verminder afspoeling bij de bron door alle passende maatregelen in het veld toe te passen. Wanneer maatregelen in het veld alleen niet volstaan, leg ook grasbufferstroken en opvangstructuren aan, vooral wanneer voorjaarsgewassen geteeld worden.
Bevroren (onder)grond: Velden met een matig risico op afspoeling en erosie van GBM moeten op een bevroren ondergrond behandeld worden als velden met een hoog risico op afspoeling en erosie van GBM. Door de bevroren ondergrond kan het smeltwater niet infiltreren. De lengte van de helling moet verkleind worden (bv. door strokenteelt, grasbufferstroken/hagen in het veld)

I 2

Verminder afspoeling bij de bron door maatregelen in het veld. Als maatregelen in het veld niet mogelijk zouden zijn, leg dan grasbufferstroken aan de rand van het veld.

T 3

Vermijd afspoeling door brongerichte maatregelen in het veld en/of grasbufferstroken aan de rand van het veld OF laat het water infiltreren in het lagergelegen veld door het nemen van passende maatregelen (grasbufferstroken, opvangstructuren), als de eigenaar van dit veld hiermee instemt. Neem bij grote hoeveelheden afstromende water zeker brongerichte maatregelen in het veld om transfer naar lager gelegen velden te beperken (bescherming van het grondwater).
Bevroren ondergrond: Leg bufferzones aan (hagen, bossen) en/of wetlands loodrecht op de helling of langs de waterloop.

T 2

Pas in het veld goede landbouwpraktijken toe om afspoeling en erosie te vermijden. Behandel het perceel in de diagnose als ‘een veld naast de waterloop’ als grote hoeveelheden water afstromen en pas brongerichte maatregelen toe in het veld om te vermijden dat het water afstroomt naar lager gelegen velden.

I 1 / T 1

Pas goede landbouwpraktijken toe in het veld om afspoeling en erosie te minimaliseren.

FIG. 5: BESLISSINGSBOOM OM HET RISICO OP AFSPOELING DOOR WATERVERZADIGING VAN DE BODEM IN TE SCHATTEN (D2).

* WBV= Waterbergend vermogen

Afstand tot de waterloop	Drainage	Topografische positie	Doorlatendheid van de bodem		WBV*	Risico klasse
Veld naast de waterloop	Niet gedraineerd	Onderaan de helling (concave)/in de vallei	Ploegzool + ondoorlatende laag		Alle WBVS	S 4
			Ploegzool of ondoorlatende laag		<120 mm	S 4
					>120 mm	S 3
			Geen ploegzool en ondoorlatende laag		<120 mm	S 3
					>120 mm	S 2
		Bovenaan de helling/op een continue helling	Ploegzool + ondoorlatende laag		Alle WBVS	S 4
			Ploegzool of ondoorlatende laag		<120 mm	S 3
					>120 mm	S 2
			Geen ploegzool en ondoorlatende laag		<120 mm	S 2
					>120 mm	S 1
	Gedraineerd	Alle posities	Ploegzool + ondoorlatende laag		Alle WBVS	SD 3
			Ploegzool of ondoorlatende laag		<120 mm	SD 3
					>120 mm	SD 2
			Geen ploegzool en ondoorlatende laag		<120 mm	SD 2
					>120 mm	SD 1
Veld niet naast de waterloop	Alle bodems: Indien gedraineerd, zie ook SD-maatregelen-pakketten	Afspoeling naar lager gelegen velden	JA	Bereikt de afspoeling de water-loop	JA	T 3
					NEE	T 2
			NEE			T 1

Voorbeeld: Voor beslissingsboom D2 – waterverzadiging van de bodem

De beslissingsboom wordt aan de hand van de eerste kolom onderverdeeld in twee delen:

a) Veld naast de waterloop
b) Veld niet naast de waterloop

Elke kolom geeft een sleutelfactor weer die beoordeeld moet worden met als doel de velden in te delen in risico-klasses (van links naar rechts). De rechterkolom geeft de risicoklasse weer (kleur). De nummer geeft het bijhorende maatregelenpakket weer, T staat voor transfer, S staat voor Saturatie of verzadiging.

(In de handleiding voor het uitvoeren van een veld-diagnose vindt u terug hoe u de bodemtextuur, het waterbergend vermogen en de aanwezigheid van een ondoorlatende bodemlaag kunt inschatten)

MAATREGELENPAKKETTEN VOOR AFSPOELING DOOR WATERVERZADING

S 4

Verminder het risico op afspoeling en erosie van GBM met alle mogelijke maatregelen in het veld, grasbufferstroken en opvangstructuren. Combineer alle mogelijke maatregelen om een maximaal effect te bekomen.

S 3 / SD 3*

Verminder afspoeling bij de bron door alle passende maatregelen in het veld toe te passen. Wanneer maatregelen in het veld alleen niet volstaan, leg ook grasbufferstroken en opvangstructuren aan.

S 2 / SD 2*

Verminder afspoeling bij de bron door maatregelen in het veld. Als maatregelen in het veld niet mogelijk zouden zijn, leg dan grasbufferstroken (aan de rand van of in het veld).

S 1 / SD 1*

Pas goede landbouwpraktijken toe in het veld om afspoeling en erosie te minimaliseren.

* Voor alle SD-maatregelenpakketten: als er een groot risico is op transfer van GBM via het drainagewater, vermijd dan het toepassen van mobiele GBM wanneer er water uit de drainagebuizen stroomt (late herfst en vroege lente) en op gebarsten bodems (lente/zomer). Indien mogelijk, wordt het drainagewater beter niet afgevoerd naar een waterloop maar naar een poel of waterput, waar de GBM kunnen afgebroken worden.

Veld niet naast de waterloop

T 3

Vermijd afspoeling door brongerichte maatregelen in het veld en/of grasbufferstroken aan de rand van het veld **OF** laat het water infiltreren in het lagergelegen veld door het nemen van passende maatregelen (grasbufferstroken, opvangstructuren), als de eigenaar van dit veld hiermee instemt. Neem bij grote hoeveelheden afstromende water zeker brongerichte maatregelen in het veld om transfer naar lager gelegen velden te beperken (bescherming van het grondwater). Bevroren ondergrond: Leg bufferzones aan (hagen, bossen) en/of wetlands loodrecht op de helling of langs de waterloop.

T 2

Pas in het veld goede landbouwpraktijken toe om afspoeling en erosie te vermijden. Behandel het perceel in de diagnose als 'een veld naast de waterloop' als grote hoeveelheden water afstromen en pas brongerichte maatregelen toe in het veld om te vermijden dat het water afstroomt naar lager gelegen velden.

T 1

Pas goede landbouwpraktijken toe in het veld om afspoeling en erosie te minimaliseren.

FIG. 6: DIAGNOSE VAN GECONCENTREERDE AFSPOELING EN EROSIE (D3)

				Risicoklasse
Het afstromende water ontstaat niet in het veld	Het afstromende water komt van hoger gelegen velden			C 1
Het afstromende water ontstaat in het veld	Het afstromende water concentreert zich in de wielsporen			C 2
	Het afstromende water concentreert zich in de veld			C 3
	Het afstromende water concentreert zich in de hoek van het toegangsweg			C 4
	Het afstromende water concentreert zich in geulen	Geen hydromorfe bodem		C 5
		Hydromorfe bodem		C 6
	Het afstromende water concentreert zich in de thalweg	Geen hydromorfe bodem		C 7
		Hydromorfe bodem		C 8
	Het afstromende water is sterk geconcentreerd	Geulvorming niet in de thalweg		C 9
		Geulvorming in de thalweg	Grasbufferstroken met een hoge infiltratiecapaciteit	C 10
			Grasbufferstroken met een lage infiltratiecapaciteit	C 11

Als geconcentreerde afspoeling op het veld zichtbaar is, dan is het risico op afspoeling groot en zijn maatregelen absoluut noodzakelijk.
Aan de hand van de beslissingsboom wordt eerst nagegaan of de afspoeling al dan niet ontstaat op het gediagnosticeerde veld. Daarna worden verschillende types geconcentreerde afspoeling beschreven. Voor elk type geconcentreerde afspoeling worden mogelijke maatregelen voorgesteld.
Geconcentreerde afspoeling gaat vaak samen met erosie, wat zeker vermeden moet worden in het kader van duurzame landbouw.

GOEDE LANDBOUWPRAKTIJKEN OM GECONCENTREERDE AFSPOELING TE REDUCEREN

Enkele mogelijke maatregelen zijn: gereduceerde bodembewerkingen, contourbewerkingen, strokenteelt, grasbufferstroken in de thalweg, plantaardige damconstructies, begroeide buffergrachten en het aanleggen van meersen of poelen.
De maatregelen moeten aangepast worden aan het type geconcentreerde afspoeling.

C 1 Voorkom afspoeling bij de bron: voer een diagnose uit naar het risico op afspoeling op de hoger gelegen velden in het afstroomgebied. Leg grasbufferstroken en opvangstructuren aan om geconcentreerde afspoeling in lager gelegen gebieden op te vangen.

C 2 Leg de rijpaden in de andere richting (mee met de hoogtelijnen). Zaai de kopakker dubbel in. Verbreed de kopakker.

C 3 Wanneer de bodem niet hydromorf is: leg een grasbufferstrook in de hoek van het veld. Bij een hydromorfe bodem: Leg opvangstructuren aan (damconstructies op de grens van het veld of een poel/bufferbekken)

C 4 Verminder bodemcompactie en zaai gras in op de toegangsweg tot het veld om de infiltratiecapaciteit van de bodem te verhogen.

C 5 Leg een grasbufferstrook aan op de rand van het veld. Leg opvangstructuren (plantaardige damconstructies, heggen, hagen,...) aan of verbreed de grasbufferstrook, als er reeds een grasbufferstrook op de rand van het perceel ligt. Verklein het veld aan de hand van grasbufferstroken in het veld.

C 6 Leg een brede grasbufferstrook op de rand van het veld of vorm het veld om tot een meers. Verklein het veld aan de hand van grasbufferstroken in het veld.

C 7 Zaai de thalweg dubbel in of leg een grasbufferstrook in de thalweg aan. Een bestaande grasbufferstrook (onderaan het veld) kan vergroot of omgevormd worden tot een begroeide buffergracht. Bouw opvangstructuren (poel en/of meers). Verklein het veld aan de hand van grasbufferstroken in het veld of strokenteelt.

C 8 Vergroot de infiltratiecapaciteit van de bodem door gereduceerde bodembewerkingen en maatregelen die de snelheid van het water afremmen. Leg grasbufferstroken, opvangstructuren of een meers aan in de thalweg.

C 9 Sluit de geul. Zaai de strook dubbel in of leg een grasbufferstrook aan of vergroot de bestaande grasbufferstrook. Ook kunnen opvangstructuren (plantaardige dammen of hagen) geplaatst worden. Verklein het veld aan de hand van grasbufferstroken in het veld. Maak een diagnose van de hoger gelegen velden en leg stroomopwaarts maatregelen aan. Heroriënteer eventueel het huidige teeltsysteem en overweeg een andere landgebruik.

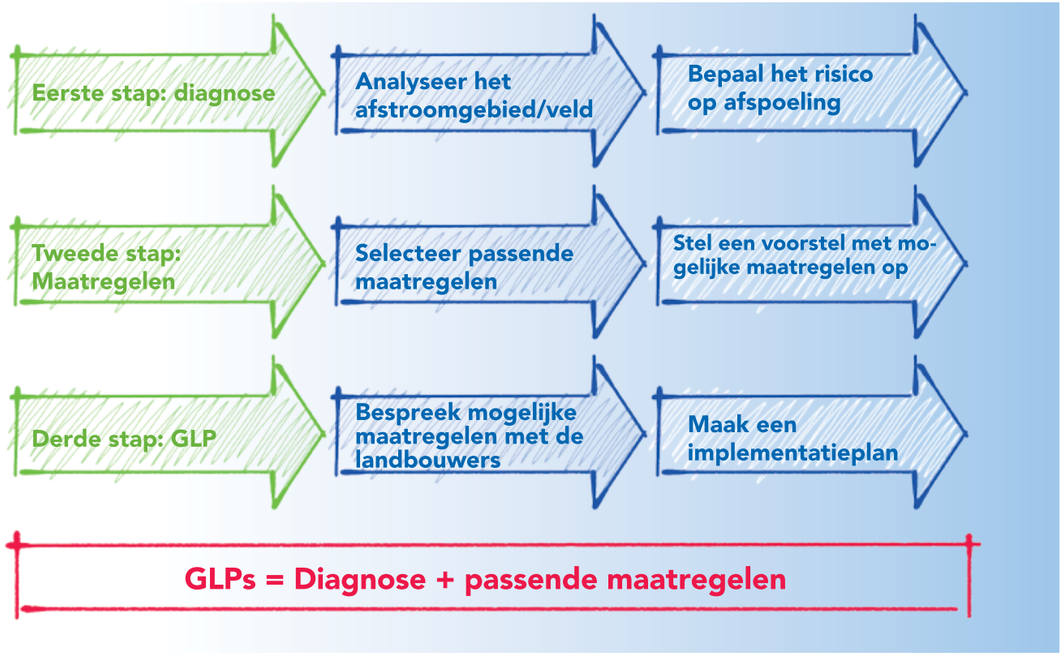
C 10 Sluit de geul. Leg een grasbufferstrook aan in de thalweg of verbreed de bestaande grasbufferstrook. Ook kan een begroeide buffergracht of poel aangelegd worden. Verklein het veld aan de hand van grasbufferstroken in het veld. Maak een diagnose van de hoger gelegen velden en leg stroomopwaarts maatregelen aan.

C 11 Sluit de geul. Leg een grasbufferstrook aan in de thalweg of verbreed de bestaande grasbufferstrook. Ook kan een meers en/of poel worden aangelegd om het afstromende water op te vangen. Leg plantaardige damconstructies aan om het water te verspreiden en de snelheid van het water af te remmen.

GOEDE LANDBOUWPRAKTIJKEN (GLP's)

Aangezien rekening moet gehouden worden met veel invloedsfactoren, is het verminderen van afspoeling en erosie complex en kunnen we maatregelen niet veralgemenen. Daarom stellen wij een concept voor, waarbij een lokale voorlichter een diagnose van de velden uitvoert en op basis van deze diagnose een set van passende maatregelen voorstelt om afspoeling en erosie te verminderen.

Goede landbouwpraktijken



Implementatieplan

Op basis van de diagnose wordt het risico op afspoeling en erosie in het afstroomgebied in kaart gebracht en kunnen passende maatregelen geselecteerd worden. Hierbij moet rekening gehouden worden met de huidige bedrijfsvoering in het afstroomgebied (teelten, type bodembewerkingen, huidige landbouwpraktijk). De maatregelen moeten besproken worden met elke landbouwer afzonderlijk en met alle landbouwers van het afstroomgebied samen. Sommige voorgestelde maatregelen, die investeringen vereisen, komen in aanmerking komen voor subsidies.
De communicatie over mogelijke maatregelen wordt begrijpelijker door ze op kaart voor te stellen (bv. bufferstroken, opvangstructuren, reeds bestaande maatregelen, water-transport in het afstroomgebied, enz…). Het eindresultaat moet een concreet plan zijn dat opgesteld wordt tussen de landbouwer en de voorlichter. Hierin worden de maatregelen weergegeven, waar beide partijen zich kunnen in vinden en die zullen aangelegd worden.

Voorbeelden van verschillende toegepaste maatregelen

- Bufferstroken langsheen de oevers (gras- en houtkanten)
- Wetland om het water binnen het afstroomgebied te houden
- Grasbufferstroken in het veld om afspoeling te beperken aan de bron
- Structuren die de wind breken en zo winderosie reduceren

Bijvoorbeeld: Plan van het afstroomgebied van Fontaine du Theil, Bretagne, Frankrijk (Bron: IRSTEA)

- Blauwe pijlen: watertransport in het afstroomgebied
- Blauw: kleine waterlopen/ waterlichamen
- Groen: permanent grasland
- Rood: Voorgestelde aan te leggen grasbufferstroken en opvangstructuren
- Topografische perceelskaart

OVERZICHT VAN MAATREGELEN EN VOORBEELD VAN DE ONTWIKKELING VAN GOEDE LANDBOUWPRAKTIJKEN

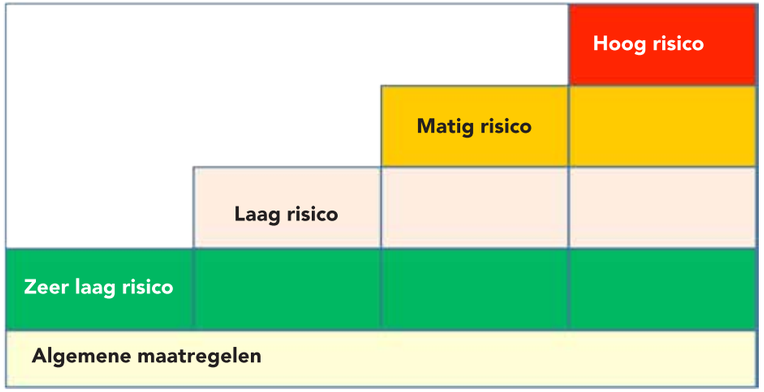
Overzicht van mogelijke maatregelen

Bodembeheer	• Gereduceerde bodembewerking • Beheer van de rijpaden • Ruw zaaibed • Drempels in het veld	• Verslemping vermijden • Bodemcompactie vermijden • Contourbewerkingen • Verhogen organisch materiaal
Teelttechnieken	• Gewasrotatie • Strokenteelt • Grotere kopakker	• Eénjarige bodembedekkers • Meerjarige bodembedekkers • Dubbel inzaaien
Bufferstroken	• Grasbufferstroken in het veld • Grasgangen in de thalweg • Grasbuffersstroken op de oever • Grasbufferstroken op de grens van het veld	• Beheer van de toegangsweg tot het veld • Hagen • Struiken/Bomen
Vangstructuren	• Dammen op de grens van het veld • Begroeide buffergrachten	• Artificiele meersen/poelen • Plantaardige damconstructies
Aangepast gebruik van GBM	• Spuittijdstip aanpassen • Optimaliseer het toepassings-tijdstip in het seizoen	• Productkeuze en dosis aanpassen
Geoptimaliseerde irrigatie	• irrigatietechniek	• irrigatietijdstip en -hoeveelheid aanpassen

Voorbeeld: hoe goede landbouwpraktijken ontwikkelen?

De efficiëntie van de maatregelen kan niet veralgemeend worden en hangt grotendeels af van de specifieke situatie in het afstroomgebied en het veld. Het algemene principe is dat het water zoveel mogelijk op het veld moet gehouden worden en dit principe bepaalt de selectie van maatregelen.
De maatregelen moeten voorgesteld worden op basis van het risico op afspoeling en erosie, dat bepaald werd aan de hand van een diagnose. In situaties met een laag risico zullen enkele maatregelen reeds voldoende zijn, maar in situaties met een hoog risico zullen hoogstwaarschijnlijk alle mogelijke maatregelen moeten toegepast worden. Het aanleggen van meerdere maatregelen heeft vaak een versterkend effect (b.v. bodembedekking en bodembewerking). De versterkende werking is moeilijk in te schatten, maar door ervaring kan de mogelijke interactie beoordeeld worden.

Het opstellen van GLP gebeurt in onderling overleg tussen de landbouwer en de voorlichter op basis van een diagnose. Figuren 7 en 8 geven een voorbeeld van hoe aangepaste GLP kunnen ontwikkeld worden door passende maatregelen te selecteren voor een specifieke situatie. Maak een rapport met aangelegde maatregelen met als doel het nut van de aangelegde maatregelen in te schatten.



Figuur 7: visueel concept van hoe aangepaste GLP kunnen ontwikkeld worden door passende maatregelen te selecteren

Figuur 8: Voorbeeld van hoe aangepaste GLP kunnen gedefinieerd worden op basis van het risico op afspoeling en de efficiëntie van de maatregelen

Categorie van maatregelen	Algemene maatregelen	Maatregelen bij een zeer laag risico	Maatregelen bij een laag risico	Maatregelen bij een matig risico	Maatregelen bij een hoog risico
Bodembeheer	Vermijd verslemping Vermijd verdichting Verhoog het organisch materiaal in de bodem	Ruwe zaaibedbereiding	Beheer van de rijsporen Veldbewerkingen volgens de hoogtelijnen	Leg drempeltjes aan in het veld Minder intensieve bodembewerkingen	minder bodembewerkingen (geen bodembewerkingen)
Teelttechniek	Gewasrotatie (lente-/winterteelten)	Bodembedekkers Bedek de bodem met organisch materiaal	Robuuste bodembedekkers	Vergroot de kopakker Dubbel inzaaien op risicovolle plaatsen	Strokenteelt
Grasbufferstroken		Beheer van toegangsweg tot het veld Grasbufferstroken langs waterlopen		Leg grasbufferstroken aan op de veldgrens Verklein het veld door grasbuffer-stroken in het veld	Leg een grasbufferstrook in de thalweg aan Leg een haag/bos als buffer aan
Vangstructuren				Leg dammen aan op de grens van het veld	Plantaardige/aarden damconstructies Begroeide buffergracht Aangelegde meersen/poelen
Aangepastgebruik van GBM			Pas het spuittijdstip aan	Pas het product en de dosis aan	
Geoptimaliseerde irrigatie	Gebruik moderne technologie Pas rrigatietijdstip en hoeveelheid aan				

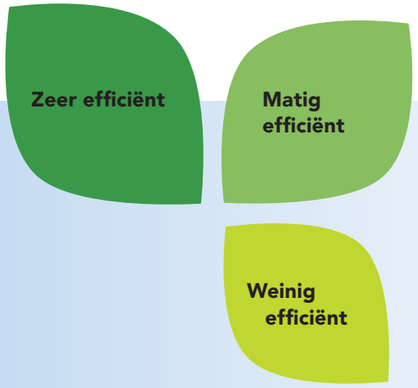
Bij een laag risico is de implementatie van slechts enkele maatregelen voldoende om het risico in te perken, een hoog risico vereist de implementatie van heel wat voorgestelde maatregelen.

LIJST MET MAATREGELEN

De maatregelen in dit document zijn ingedeeld in categorieën:

- Bodembeheer
- Teelttechnieken
- Vegetatieve buffersstroken
- Opvangstructuren
- Aangepast gebruik van GBM
- Irrigatie

Bij het aanpassen van bodembewerkingen of teeltschema's, moet rekening gehouden worden met alle factoren die kunnen beïnvloed worden: bodem, klimaat, technologie, onkruiden, ziektes en plagen, opbrengst, kwaliteit van het gewas en commerciële doeleinden. Dus vooraleer maatregelen worden voorgesteld, moet nagegaan worden of deze passen in de bedrijfsvoering.



Om makkelijker passende maatregelen te kunnen selecteren, werd de efficiëntie van elke maatregel geëvalueerd.

Afspoeling door overschrijding van de infiltratiecapaciteit

Afspoeling door verzadiging van de bodem

Geconcentreerde afspoeling

Implementatie
Perceelsniveau (P) /
Op niveau van het afstroomgebied (A)

De efficiëntie werd beoordeeld op basis van beschikbare wetenschappelijk onderzoek en de "ervaring en beoordeling van experten". De efficiëntie wordt weergegeven met een kleurencode:

Heel wat van de onderstaande maatregelen zijn in Vlaanderen erkend als erosiebestrijdingsmaatregelen. Voor begeleiding bij de aanleg van dergelijke maatregelen op erosiegevoelige velden kunt u in Vlaanderen bij een erosiecoördinator terecht. De contactgegevens van de erosiecoördinatoren per provincie kunt u vinden op volgende website: http://www.lne.be/themas/bodem/erosie/erosiecoordinatoren. Voor bepaalde erosiebestrijdingsmaatregelen zijn ook subsidies voorzien (ikv agromilieumaatregelen of gemeentelijk erosiebestrijdingsplan).

Bodembeheer

Bodembeheer heeft een belangrijke invloed op de waterinfiltratiecapaciteit van de bodem. Door de waterinfiltratiecapaciteit van de bodem te verhogen, wordt het water, het sediment en de GBM beter in het veld gehouden. Sleutelelementen om de infiltratiecapaciteit in de bodem te verhogen zijn:

- Doorbreken van verslemping en verdichting
- Verhogen van de porositeit van de bodem (waterhoudende poriën, aggregaten)

Een goed bodembeheer is een brongerichte maatregel om afspoeling en erosie te verminderen en is ook een belangrijk aandachtspunt binnen duurzame landbouw. Aan de hand van een diagnose van het veld en het afstroomgebied kunnen passende maatregelen voorgesteld worden.

1. Bodembewerking

Wat?

Bij gereduceerde bodembewerking blijven er meer gewasresten op het bodemoppervlak. Dit remt het afstromende water af, wat verslemping van de bodem vermindert, en zorgt voor een toename van de organisch materiaal in de toplaag, wat de bodemstructuur bevordert. Minder intensieve bodembewerkingen leiden ook tot een betere porositeit, waardoor de waterinfiltratie, het waterhoudend vermogen en de beluchting van de toplaag verbeteren. Door minder intensieve bodembewerkingen neemt ook het bodemleven in de toplaag toe. Een grotere microbiële activiteit bevordert de afbraak van GBM. Daarnaast compenseren de bodembewerkingen door het bodemleven de vermindering aan mechanische bodembewerkingen gedeeltelijk of volledig.

Soms zijn gereduceerde bodembewerkingen moeilijk of niet haalbaar, maar zijn maatregelen om bodemverdichting te verminderen meer aangewezen, zoals bijvoorbeeld het doorbreken van de ploegzool met een diepwoeler en het berijden met zware machines tot een minimum beperken.

Hoe?

De bodem minder intensief bewerken, kan op verschillende manieren:

- Het vervangen van ploegen door niet-kerende bodembewerkingen. In niet-kerende bodembewerkingen zijn er opnieuw verschillende mogelijkheden: diepe niet-kerende bodembewerking (10-35 cm om compacte bodemlagen te doorbreken), oppervlakkige bodembewerking (tot 10 cm om zaaibed klaar te leggen) of directe inzaai (rechtstreeks in de gewasresten van de vorige teelt)
- Het verminderen van het toerental bij aangedreven machines
- Het vervangen van aangedreven machines door niet-aangedreven machines
- Minder werkgangen
- Lagere rijsnelheid

Beperkingen

Bodembewerkingen zijn soms noodzakelijk om bodemverdichting te doorbreken of scheuren in de bodem (die in de zomer werden gevormd) te dichten. Voor bodems uit zwellende klei kan gereduceerde bodembewerkingen zelfs leiden tot een lagere infiltratiecapaciteit.
Ook op gedraineerde velden zijn bodembewerkingen soms noodzakelijk om de preferentiële waterstromen naar de drainagebuizen via macroporiën en scheuren te vermijden.

Gereduceerde bodembewerkingen vraagt aanpassingen binnen het totale landbouwbedrijf en is niet zomaar de ploeg vervangen door een andere machine. Alle technische en economische aspecten (tijd en kosten) moeten in rekening worden gebracht.

Efficiëntie

Veel studies tonen aan dat het een lange tijd duurt vooraleer een gereduceerde bodembewerking een significante invloed heeft op de waterhuishouding in de bodem. Pas na 3 tot 5 jaar ziet men een duidelijk positief effect. Aanpassingen in de bodembewerkingen zijn heel effectief om afspoeling en erosie te verminderen als de problemen hoofdzakelijk te wijten zijn aan een slecht bodembeheer (bv. verslemping). Dan kan een goed bodembeheer afspoeling met ongeveer 50% en erosie met ongeveer 90% verminderen.

Andere bijkomende voordelen van minder intensieve bodembewerkingen zijn minder stikstofuitspoeling, een verhoging van de bodembiodiversiteit en brandstofbesparing.

Kleibodem met scheuren

Wat?

Een ruw zaadbed met kluiten remt de snelheid van het afstromende water af, waardoor meer water kan infiltreren in de bodem. Kluiten verminderen eveneens verslemping van het bodemoppervlak. Dit is vooral belangrijk op leembodems, die gevoelig zijn voor verslemping.

Hoe?

Beperk de bodembewerkingen tijdens de zaaibedbereiding om grovere aardekluiten aan het bodemoppervlak te behouden.

Beperk ook het gebruik van aangedreven machines, bv. rotoreg. Wanneer deze toch gebruikt worden, beperk dan het toerental en rij sneller.
Rol de bodem niet dicht na het zaaien.
Gebruik zeker op leembodems een cultivator in plaats van een rotoreg om een fijn zaaibed te vermijden.

Efficiëntie

Een ruw bodemoppervlak remt de snelheid van het afstromende water af en verhoogt de infiltratie, wat de afspoeling en erosie significant vermindert.

Kluiten remmen het afstromende water

3. Vermijd verslemping

Wat?

Vooral bodems met een hoog leemgehalte (> 30%) zijn gevoelig voor verslemping (korstvorming) na een hevige regenbui. Verslemping vermindert de infiltratiecapaciteit van de bodem en houdt daarom een hoog risico in voor afspoeling en erosie.

Verslemping vermijden

Hoe?

Gewasresten aan het bodemoppervlak beschermen de bodem tegen de erosieve werking van de regendruppels. Ze bevorderen ook het organische stofgehalte in de toplaag, waardoor de bodem een betere kruimelstructuur zal hebben en minder snel zal verslempen. De gewasresten van de tussenteelt (groenbedekker) of van de laatste oogst worden aan het bodemoppervlak gehouden door gereduceerde bodembewerkingen.

Wanneer toch verslemping optreedt, moet de korst mechanisch doorbroken worden door te schoffelen of te eggen. Maatregelen kunnen toegepast worden als:

- de bodem niet te vochtig is
- Op wintergranen, in een vroeg groeistadium
- Op maïs (stadium max. 8 en 10 bladeren) of suikerbiet,
- Als lagedrukbanden gebruikt worden of de bandenspanning verminderd wordt
- Zo snel mogelijk (breek de korst)

Ploeg de stoppel zo snel mogelijk na de oogst en zaai een bodembedekker in als de tussenteeltperiode lang is (zie maatregel B/3).

Efficiëntie

Verslemping vermijden is zeer efficiënt om afspoeling en erosie te verminderen omdat het water beter kan infiltreren. Uit studies van o.a. Frankrijk (Epreville-en-Roumois, 27, from 2000 to 2001, chambre d'agriculture de l'Eure) bleek dat van velden met een geploegde stoppel 13 keer minder water afspoelde dan van velden met een niet-geploegde verslempte stoppel.

4. Vermijd bodemverdichting

Wat?

Ondergrondse verdichting (bv. Ploegzool) bemoeilijkt waterinfiltratie en kan een oorzaak zijn van ondergrondse afspoeling of afspoeling door verzadiging. Als er in de winter water blijft staan op de velden, kan dit wijzen op een verdichte bodem. Ook bepaalde planten kunnen een indicatie zijn van bodemverdichting (bv. Plantago spp. "weegbree", Polygonum aviculare "varkensgras", Equisetum spp. "paardenstaart"). Een grondige diagnose is noodzakelijk om effectieve maatregelen te selecteren.

Hoe?

Vermijd oogsten of ploegen wanneer de bodem te vochtig is. Dit is bijzonder belangrijk voor late herfstgewassen zoals suikerbiet, mais en andere…
Werk met een lage bandenspanning om bodemverdichting tot een minimum te beperken. Doorbreek de verdichtte laag mechanisch (ploegen, diepwoeler,…) of door planten met een diep wortelstelsel te telen (bv. koolzaad, andere, …).

Efficiëntie

De efficiëntie van deze maatregel hangt af van de graad waarmee de infiltratiecapaciteit van de bodem kan verhoogd worden.

Zware machines bij natte omstandigheden kunnen bodemverdichting veroorzaken

5. Het beheer van rijpaden

Wat?

Rijpaden zijn gewasvrije zones in het veld, waarover men met de tractor rijdt om het land te bewerken, te spuiten en te bemesten. Deze rijpaden zijn aangepast aan de grootte van de machines en verzekeren een precieze uitvoering van de bewerkingen. Als de rijpaden mee met de helling aanliggen, kunnen ze functioneren als kanalen voor het afstromende water en sediment. Vaak wordt ook meerdere keren in het seizoen over deze rijpaden gereden, wat tevens kan leiden tot bodemverdichting. Als water blijft staan in de rijpaden (bv. in de winter), kan dit duiden op verdichting (verminderde infiltratie).

Bij het systeem van vaste rijpaden wordt gedurende verschillende jaren over dezelfde rijpaden gereden. Dit biedt voordelen met betrekking tot de precisie waarmee veldwerkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. Maar als het veld gelegen is in een erosiegevoelig gebied en de rijpaden niet doordacht aangelegd worden, vergroot het vast rijpadensysteem de kans dat de rijpaden zullen functioneren als kanalen om het water versneld af te voeren.

Hoe?

- Vermijd ploegen, zaaibedbereidingen of oogsten wanneer de bodem te vochtig is, in het bijzonder bij late herfstgewassen zoals suikerbiet, mais e.a.
- Verminder de bandenspanning of gebruik lagedrukbanden of dubbele banden.
- Leg de rijpaden dwars op de helling aan. Dit is uiteraard niet altijd mogelijk, bijvoorbeeld als het veld meer dan één helling heeft of als de hellinggraad groter is dan 5% en het risico bestaat dat machines zullen kantelen.
- Doorbreek bodemverdichting in de rijsporen mechanisch of zaai een bodembedekker in of leg opvangstructuren aan. Dergelijke technieken verruwen het bodemoppervlak van de rijsporen, waardoor het water afgeremd wordt en de infiltratie verhoogt.
- Verander de oriëntatie van de rijsporen per seizoen (indien mogelijk) om verdichting op vaste punten tegen te gaan

Efficiëntie

In heuvelachtige gebieden en velden dicht bij het oppervlaktewater is het doordacht aanleggen en onderhouden van de rijpaden een effectieve maatregel om afspoeling en erosie te verminderen.

6. Drempels in het veld

Wat?

Een drempel is een kleine dam in het veld die de snelheid van het afstromende water afremt en de waterinfiltratie verhoogt. Op die manier wordt meer water op het veld gehouden.

Hoe?

Drempels in het veld worden aangelegd in ruggenteelten en remmen het afstromende water tussen de ruggen af en laten het infiltreren. Ze moeten evenwijdig met de hoogtelijnen worden aangelegd. Dergelijke drempeltjes tussen de ruggen worden aangelegd met speciale machines (voorbeelden zijn de ‘Barbutte’ van de Franse constructeur Cottard, de ‘Dyker’ van de Duitse constructeur Grimme en de drempelmachine van de Nederlandse constructeur ‘Agri Maas’). De drempeltjes kunnen aangelegd worden tijdens het poten of tijdens het aanaarden of nadien in een extra werkgang. Drempels zijn vooral belangrijk wanneer het gewas het bodemoppervlak nog niet volledig bedekt.

Efficiëntie

Drempels zijn effectieve maatregelen om afspoeling en erosie tegen te gaan op voorwaarde dat de helling niet te steil is. Op steile hellingen kan het watervolume te groot zijn, waardoor de drempeltjes breken. De afstand en de hoogte van de drempeltjes kan enigszins aangepast worden aan de verwachte hoeveelheid afstromende water tussen de ruggen.

7. Contourbewerkingen

P

Contourbewerkingen is een landbouwpraktijk die nog steeds veel meer wordt toegepast in Noord-Amerika dan in Europa. De belangrijkste reden hiervoor is de kleinere percelen in Europa, waardoor het toepassen van een dergelijke techniek moeilijker is. Contourbewerking betekent dat de bodembewerkingen worden uitgevoerd langs de hoogtelijnen. Op die manier wordt vermeden dat door het ploegen kleine kanaaltjes worden 'voorgevormd', waarlangs het water makkelijker stroomafwaarts zijn weg vindt, en er wordt een ruwer oppervlak gecreeërd, waardoor de snelheid van het afstromende water wordt afgeremd en de waterinfiltratie wordt verhoogd.

(http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_Documents/nrs143_026017.pdf).

Wat? / Hoe?

De bodembewerkingen moeten loodrecht op de hellingsrichting uitgevoerd worden. Uniforme, niet te steile hellingen (2 tot 10%) met een hellingslengte van 35 tot 120m zijn geschikt om contourbewerkingen uit te voeren. Op grote velden is speciale uitrusting op de tractor noodzakelijk om de hoogtelijnen te volgen (GPS-systeem).

Efficiëntie

Studies hebben aangetoond dat bij contourbewerking erosie met 10% tot 50% vermindert in vergelijking met bewerkingen langs de helling. Gecombineerd met andere maatregelen (bijvoorbeeld minimale grondbewerking) hebben contourbewerking een erosiereductie van 95% in vergelijking met een traditionele bodembewerking langs de helling.
Een extreme maar heel efficiënte vorm van contourbewerking op steile hellingen is het aanleggen van terrassen. Op die manier wordt de helling verminderd, de kracht van het afstromende water gereduceerd en het water in de terrassen gehouden. Dergelijke maatregelen vergen echter grote investeringen.

Teelttechnieken

Een aangepaste teelttechniek kan het risico op afspoeling en erosie sterk verminderen. Bepaalde gewassen verbeteren de bodemstructuur en -stabiliteit. Er kan gespeeld worden met de fysico-chemische eigenschappen van de bodem door:

- Rotatie van geschikte gewassen
- Verhogen van de infiltratiecapaciteit door het telen van gewassen met een diep wortelstelsel (verhogen van de porositeit van de bodem).
- Beschermen van het bodemoppervlak door bodembedekkers of organisch materiaal om de erosieve kracht van de regendruppels te beperken.
- Verdeling van verschillende gewassen in grote velden, waardoor de grootte van het veld beperkt wordt (strokenteelt).
- Verdeling van de gewassen in het afstroomgebied. Een evenwichtige gewasverdeling in het afstroomgebied zorgt eveneens voor een minder intensief gebruik van een bepaald GBM in dit afstroomgebied en vermindert zo het risico dat een bepaald GBM in het oppervlaktewater terechtkomt (normaalgezien worden verschillende GBM op verschillende gewassen gebruikt).

8.Gewasrotatie

P/A

Gewasrotatie is de opeenvolging van gewassen over de jaren heen met als hoofddoel de bodemvruchtbaarheid en gewasproductiviteit hoog te houden. Een lange gewasrotatie (afwisseling van winter- en voorjaarsgewassen) vermindert de ziektesdruk en is een belangrijke maatregel i.k.v. geïntegreerde bestrijding (IPM). Gewasrotatie moet niet enkel gezien worden op individuele velden maar ook binnen het afstroomgebied.

De gewasrotatie beïnvloedt ook sterk de hoeveelheid organisch materiaal in de bodem. Gewassen zoals suikerbiet, aardappel en kuilmaïs zijn gekend als gewassen die het organisch materiaal in de bodem verminderen, terwijl graangewassen met stro, koolzaad, korrelmaïs, tussenteelten en organische bemesting het organisch materiaal in de bodem verhogen. Organisch materiaal bevordert de bodemstructuur, de vorming van stabiele bodemaggregaten en zorgt voor een hoger waterbergend vermogen. Het bevordert eveneens de microbiële activiteit en bijgevolg ook de adsorptie en degradatie van GBM.

Een goede gewasrotatie hebben direct en indirect een reducerend effect op afspoeling en erosie.

Wat?

De hoofdreden om gewasrotatie toe te passen zou het behoud van het organisch materiaal in de bodem moeten zijn. Hierdoor wordt ook afspoeling en erosie verminderd. In Vlaanderen zijn in het kader van het gemeenschappelijk landbouwbeleid (MTR) per grondsoort limietwaarden voor het organische koolstofgehalte in de bodem opgesteld, waaraan de landbouwers moeten voldoen.
Een goede gewasrotatie hangt af van de teelten, het weer, de bodemomstandigheden en de duur van het groeiseizoen. Gewassen verschillen ook in bedekkingsgraad van de bodem in kritische periodes. Kies op velden met een groot risico op afspoeling bij voorkeur voor gewassen die de bodem sterk bedekken. Maar commerciële en arbeid gerelateerde aspecten interfereren soms met het duurzaamheidsaspect, waardoor niet steeds gewasrotatie wordt toegepast.

Hoe?

Plan uw gewasrotatie doordacht, rekening houdend met het risico op afspoeling en erosie van uw velden. Groei gewassen met een hoge bodembedekkingsgraad zoals granen en koolzaad op velden en/of in periodes met een groot risico op afspoeling en erosie. Laat gewasresten op het veld of zaai een tussenteelt in na de oogst. In risicogebieden zouden de gewasrotaties van verschillende landbouwers van het afstroomgebied op elkaar afgestemd moeten worden. Het plannen en ondersteunen van de optimale gewasrotatie tussen verschillende landbouwers zou moeten georganiseerd worden.

Efficiëntie

Bodembedekkende gewassen kunnen afspoeling en erosie tijdens een regenbui met 50 tot 90% verminderen afhankelijk van de opeenvolging van de gewassen.

9. Strokenteelt

Strokenteelt op grote velden is een maatregel om het veld te verkleinen door er verschillende gewassen op te telen. Wanneer een strook met een rijgewas (bijvoorbeeld aardappel, suikerbiet of mais) aangelegd wordt naast een breedwerpig gezaaid gewas (bijvoorbeeld wintergranen, koolzaad en andere), wordt de snelheid van het afstromende water gereduceerd, de infiltratie verhoogd en de sedimenten opgevangen. In semi-aride gebieden wordt een gewasstrook soms afgewisseld door een strook braakland met als doel het water te verzamelen en in de bodem te houden. De gewasstroken volgen best zoveel mogelijk de hoogtelijnen in het veld en functioneren als éénjarige vegetatieve bufferzones in het veld. De laatste jaren neemt de grootte van de velden in Europa toe en is het bijgevolg aangewezen om deze maatregel toe te passen in grote velden waar het risico op afspoeling en erosie groot is.

Wat?/ Hoe?

Verdeel grote velden met een groot risico op afspoeling en erosie in stroken langs de hoogtelijnen door er verschillende gewassen te telen. Strokenteelt is mogelijk op velden die geschikt zijn voor contourbewerkingen (zie contourbewerkingen).

10. Eénjarige bodembedekkers

Bodembedekkers beschermen aanvankelijk met hun bladerdek en daarna met hun gewasresten de bodem en koloniseren de bodem met hun wortels. Het inwerken van bodembedekkers zorgt voor een verrijking van het organische koolstofgehalte van de bodem en de vorming van stabielere aggregaten. Voorgaande factoren bevorderen de infiltratiecapaciteit en het waterbergend vermogen van de bodem en verminderen verslemping. Hierdoor beperken bodembedekkers afstroming van water en sediment. Bodembedekkers verminderen ook verliezen van nutriënten naar het grondwater, aangezien het beschikbare stikstof en fosfaat opgenomen worden (vanggewassen). Bodembedekkers zijn echter meer aangewezen in vochtigere regio's dan in regio's waar de neerslag beperkt is (vb. Zuid-Europese landen).
Vaak ingezaaide bodembedekkers in Vlaanderen zijn Italiaans raaigras, japanse haver, snijrogge, zomerhaver, facelia, gele mosterd, bladkool en bladramenas. Voor specifieke info over groenbedekkers die passen in uw gewasrotatie kunt u terecht bij het kenniscentrum bodem van Inagro.
Voor de inzaai van bodembedekkers zijn verschillende subsidies beschikbaar. Zo wordt in een aantal gemeentes specifieke steun verleend aan landbouwers die na de hoofdteelt een bodembedekker inzaaien. Daarnaast nemen bepaalde producentenorganisaties 'inzaai van groenbedekkers' op in hun programma in het kader van Gemeenschappelijke Marktordening Groenten en Fruit (GMO).

Wat?

De gewasrotatie, mogelijke inzaaidatum, de zaaibedcondities en de zaaidatum van het volggewas zullen de keuze van de bodembedekker bepalen.
De volggewassen kunnen ofwel direct ingezaaid worden in de afgestorven bodembedekker ofwel kan de bodembedekker ingewerkt worden in de bodem vooraleer het volggewas wordt ingezaaid.
Wanneer het volggewas hoge eisen stelt aan het zaaibed (bijvoorbeeld een fijn zaadbed), kan een vorstgevoelige bodembedekker ingezaaid worden (bijvoorbeeld Phacelia). Dan wordt afspoeling en erosie gereduceerd door het organisch materiaal aan het bodemoppervlak.

Hoe?

- De zaaiomstandigheden voor bodembedekkers moeten een snelle en goede ontwikkeling toelaten.
- Zaai indien mogelijk dwars op de helling.
- Verschillende technieken (breedwerpig, zaaimachine) kunnen gebruikt worden om bodembedekkers in te zaaien: ze moeten aangepast worden aan de veldomstandigheden en naargelang het zaadtype.
- Bodembedekkers kunnen op verschillende tijdstippen ingezaaid worden: bijv. in een rijpend gewas of na de oogst in de stoppel. Na het oogsten van kuilmaïs ontwikkelen bodembedekkers moeilijker, maar raaigras zou kunnen ingezaaid worden voor de oogst gedurende het 8 à 10 bladstadium van maïs.
- Wanneer de bodembedekker vernietigd wordt voor het zaaien van het voorjaarsgewas, laat u de gewasresten best op het veld liggen om de bodem te beschermen

Efficiëntie

De efficiëntie van bodembedekkers hangt af van de ontwikkeling van de bodembedekker. Een goed ontwikkelde bodembedekker kan afspoeling en erosie bijna volledig elimineren. Een studie in Frankrijk (Fresquiennes 2004-2005 – chambre d'agriculture 76, France) toonde aan dat gele mosterd als bodembedekker de bodemerosie met een factor 25 vermindert in vergelijking met naakte grond (van 1000 kg sediment naar 40 kg sediment).

Beperkingen

Bodembedekkers kunnen interfereren met het volggewas door:

- slechter zaad-bodem contact van het volggewas door de resten van de bodembedekker (trage en ongelijke opkomst)
- moeilijker uitdrogen en opwarmen van de bodem in de lente (vertraagde opkomst)
- allelopathische effecten van de resten van de bodembedekker
- verhoging van het aantal bodempathogenen
- verhoging van het aantal insecten, slakken en andere ziekten en plagen

11. Dubbel inzaaien

Wat ?
Normaalgezien wordt de optimale gewasdichtheid bepaald aan de hand van de lokale teeltomstandigheden, maar wanneer afspoeling zichtbaar is op een veld, kan een strook met een hogere gewasdichtheid ingezaaid worden (breedwerpige gewassen). Dit werkt als een éénjarige grasbufferstrook en zal de hoeveelheid afstromende water en erosie sterk verminderen zonder dat er een grasbufferstrook aangelegd moet worden.

Hoe?
Langs de helling of in een thalweg kan een strook dubbel ingezaaid worden. Om de plaats en de grootte van een dubbel ingezaaide strook te bepalen, moet dezelfde methodologie gevolgd worden als bij de aanleg van een grasbufferstrook of grasgang.

12. Meerjarige bodembedekkers (wijn-/boomgaarden)

Boom- en wijngaarden in heuvelachtige gebieden houden een hoog risico in voor afspoeling en erosie indien geen bodembedekkers worden ingezaaid. Vandaar is het aangewezen om in boom- en wijngaarden meerjarige bodembedekkers in te zaaien om de bodem te beschermen en de porositeit te verhogen. Dit remt het afstromende water af, verhoogt de waterinfiltratie, weerhoudt sediment en vermindert bijgevolg afspoeling en erosie. Het aanleggen van meerjarige bodembedekkers is aanbevolen in gebieden waar water geen limiterende factor is. In drogere gebieden kunnen de meerjarige bodembedekkers in competitie treden met de gewassen voor het beschikbare water. In dergelijke gebieden moeten de bodembedekkers zorgvuldig gekozen worden of kan het noodzakelijk zijn te werken met éénjarige bodembedekkers of de bodembedekker uit te drogen gedurende bepaalde periodes of de bodem te bedekken met organisch materiaal (bijvoorbeeld stro, compost, …).

Wat?
Selecteer een bodembedekker, die past in uw streek en op basis van het risico op afspoeling. Gras of een mengsel van gras en klaver zijn vaak gebruikte bodembedekkers in meerjarige gewassen. De bodembedekker moet de bodem volledig bedekken en voldoende weerstand hebben om afspoeling en erosie op een adequate manier te verminderen.

Hoe?
Zaai meerjarige bodembedekkers tussen de gewasrijen in. Maai de bodembedekker (10-15 cm). Bedek eventuele onbedekte plaatsen in de bodembedekker bijkomend met organisch materiaal. Investeer in alternatieven om de bodem te bedekken als de vochtcondities van de bodem het inzaaien van meerjarige bodembedekkers niet toelaten. Hou ook rekening met de biodiversiteit wanneer u een bodembedekker kiest (Lollium spp. bevorderen de biodiversiteit niet). Bodembedekkers mogen niet bloeien wanneer de boom- of wijngaard moet behandeld worden met GBM (de risico's voor bijen).

Efficiëntie
In gebieden met boom- of wijngaarden op zwakke hellingen, zullen bodembedekkers afspoeling en erosie volledig elimineren. In gebieden met steilere hellingen zal de efficiëntie van bodembedekkers lager zijn (50%). In dergelijke situaties zijn bijkomende maatregelen om afspoeling en erosie te verminderen aangewezen. De bodembedekker mag ook niet te hoog zijn (< 25 cm) en de bodembedekker moet voldoende sterk zijn om weerstand te bieden aan het afspoelende water.

13. Vergroot de kopakker

Soms is de zaai- of plantrichting hellingafwaarts en kan deze moeilijk of niet gewijzigd worden. De kopakker wordt meestal loodrecht op het veld ingezaaid of aangeplant en kan dus dienen als barrière om het afstromende water tegen te houden.

Wat?
Zaai of plant de gewassen op de kopakker loodrecht op de helling, vergroot de kopakker of zaai de kopakker dubbel in op velden met een hoog risico op afspoeling.

Hoe?
Bepaal de grootte en de zaaidichtheid van de kopakker op basis van het risico op afspoeling. Kopakkers kunnen vergroot worden tot de helling te steil is (veiligheid machines).

Vegetatieve bufferstroken

Algemeen

Vegetatieve bufferstroken worden beschouwd als infrastructuurmaatregelen in een afstroomgebied (die meerdere jaren behouden worden). Hun functies zijn:

- het afstromende water afremmen en laten infiltreren en het sediment opvangen
- biodiversiteit vergroten
- de toepassing van GBM verminderen in de nabijheid van het oppervlaktewater

Het hoofddoel van vegetatieve bufferstroken is het afstromende water en sediment van de hoger gelegen velden tegenhouden; daarom is hun ligging in het landschap van cruciaal belang. Door de complexiteit en de variabiliteit van de factoren die de efficiëntie van de bufferstroken bepalen, moet de locatie en de grootte van de bufferstroken gebaseerd zijn op een velddiagnose. Algemene aanbevelingen worden gegeven in dit hoofdstuk. Voor meer informatie, zie CORPEN referentiebrochure (Engelstalig) (www.TOPPS-life.org).

Soms worden geulen gemaakt doorheen bufferstroken. Dit moet vermeden worden aangezien dit zorgt voor een versnelde afspoeling van water en GBM naar het naburig perceel of naar de waterloop.

a) Ligging en grootte van de bufferzone

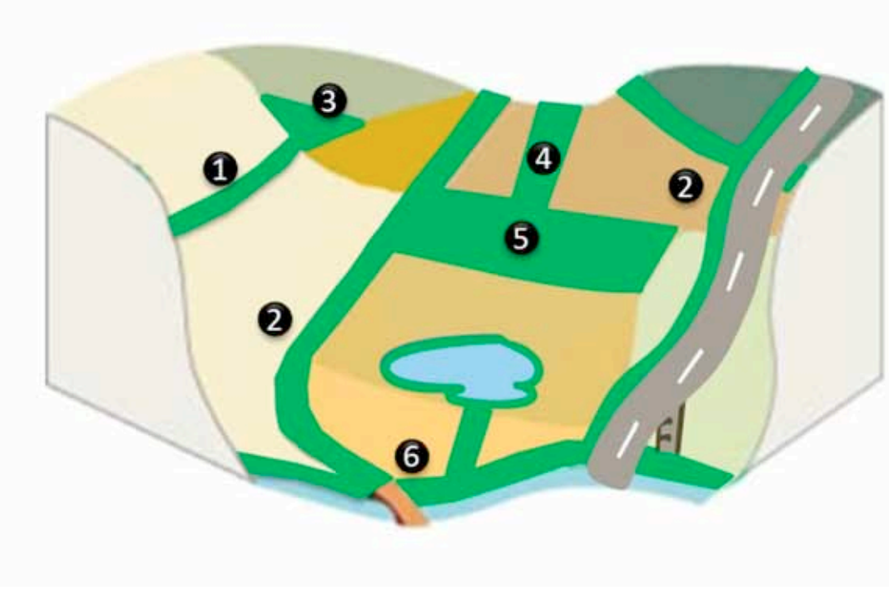
De grootte en ligging van bufferstroken variëert naargelang het doel van de bufferstrook, de kenmerken van de bodem en het afstroomgebied en de interactie met andere erosiebestrijdingsmaatregelen. Aangezien afspoeling op hoger geleden velden diffuus is en zich stroomafwaarts concentreert (vaak in een vallei/thalweg), worden vegetatieve bufferstroken best aangelegd in de hoger gelegen delen van het afstroomgebied dichtbij de bron van afspoeling, idealiter voor het ontstaan van geconcentreerde afspoeling.

De juiste locatie is meestal belangrijker voor effectiviteit van de bufferstrook dan de grootte. Een bufferstrook met erosiebestrijding als hoofddoel kan kleiner zijn (5 tot 10m) dan een bufferstrook die het weerhouden van het afstromende water en zijn polluenten als hoofddoel heeft (10 tot 20 m). Andere parameters zoals de bodemdoorlatendheid, de waterverzadigingsgraad van de bodem, de lengte en de helling moeten ook in rekening gebracht worden. In gebieden waar of in periodes waarin de bodem waterverzadigd (of overstroomd) is, is de efficiëntie van een bufferstrook laag, want in bufferstroken met een waterverzadigde bodem kan geen water meer infiltreren. Hiermee moet rekening gehouden worden bij oeverbuffers, die vaker waterverzadigd zijn dan hoger gelegen buffers.

Verschillende types van vegetatieve bufferstroken zijn nodig om verschillende soorten afspoeling tegen te houden:

- Grasbufferstroken in het veld of aan de rand van het veld moeten diffuse afspoeling op of in de nabijheid van het veld houden. Wegen langs velden vormen vaak de verzamelplaats voor afstromend water en doen dienst als afvoerweg voor geconcentreerde afspoeling. Dit kan vermeden worden door het aanleggen van bufferstroken langs wegen (vaak op de rand van het veld).
- Grasbufferstroken langs waterlopen zijn essentieel om te vermijden dat het afstromende water van de velden rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomt. Bescherming van het oppervlaktewater door oeverbuffers is belangrijk in het stroomopwaartse gedeelte van het afstroomgebied en in de buurt van waterbronnen in gebieden met een ondergrondse watervoerende kalklaag.
- Het aanleggen van grasgangen in de thalweg zorgt voor waterinfiltratie op plaatsen waar het water zich van nature concentreert.
- Natuurlijke waterinfiltratiezones (e.g. droge valleien, sinkholes) in karstische gebieden moeten op dezelfde manier als het oppervlaktewater beschermd worden tegen afspoeling, aangezien deze een directe verbinding van het oppervlaktewater en het grondwater vormen.

1: Grasbufferstroken in het veld, om lange hellingen in de velden te breken
2: Grasbufferstroken aan de rand van het veld, om wegen te beschermen (potentiële afvoerweg van het water)
3: Grasbufferstroken in de laagst gelegen hoek van het veld, waar het water verzamelt.
4: Grasgang, om het geconcentreerde afstromende water op te vangen.
5: Brede grasstrook (bv. weide), om het geconcentreerde afstromende water van hoger gelegen thalwegen op te vangen, te verspreiden en te laten infiltreren.
6: Oeverbuffers: Grasstroken op de rand van het veld en de waterloop. Deze buffers vangen het afstromende water van de hoger gelegen velden op.
(bron: CORPEN/CEMAGREF)



Onderhoud

Verschillende types vegetatieve bufferstroken kunnen aangelegd worden:

- Grasbufferstroken
- Hagen
- Combinatie van hagen en grasbufferstroken
- Bossen
- Weide

Bufferstroken met een hoge en houtige vegetatie hebben een hogere infiltratiecapaciteit door hun beter ontwikkeld wortelstelsel. Dichte graszoden zijn dan weer efficiënter om de snelheid van het afstromende water af te remmen en geërodeerde bodemdeeltjes tegen te houden. De combinatie van beide systemen biedt de voordelen van beide vegetatietypes. Een bufferstrook met een dichte vegetatie verhoogt de afbraak van GBM door de opbouw van organisch material in de bodem wat de microbiële activiteit stimuleert. De plantensoorten voor bufferstroken kunnen niet veralgemeend worden en moeten aangepast worden aan de plaatselijke omstandigheden. De andere functies van de bufferstrook, zoals de biodiversiteit of het creëren van schuilplaatsen, kunnen de soortenkeuze ook beïnvloeden.

b) Buffers moeten onderhouden worden om functioneel te blijven.

Vegetatieve buffersstroken moeten onderhouden worden om functioneel te blijven. Een goede ruwheid van grasbufferstroken is belangrijk, vandaar moeten grasbufferstroken regelmatig gemaaid worden. Het gras moet tussen 10 en 25 cm lang zijn zodat het rechtop blijft staan. Langer gras zal gaan legeren, waardoor de efficiëntie van de bufferstrook zal verminderen. Respecteer bij het maaien ook de broedperiode van de vogels en de bloeiperiode van planten; maaimachines worden best voorzien van een waarschuwingssysteem om het wild te beschermen.

Essentieel voor een goed functionerende bufferstrook is dat processen die waterinfiltratie verminderen vermeden worden. Zo wordt het berijden van de grasbufferstrook best tot een minimum beperkt en worden grasbufferstroken dus beter niet gebruikt als doorgang voor de machines naar de velden. Grasbufferstroken mogen begraasd worden, maar het begrazen van bufferzones bevordert eveneens de bodemverdichting en kan het oppervlaktewater bijkomend bevuilen met nutriënten en dierlijke pathogenen vanuit hun uitwerpselen.

Door sedimentafzetting gaan de bodemporiën dichtslibben, waardoor het water minder goed zal kunnen infiltreren. Vandaar moet het sediment op regelmatige basis verwijderd of verspreid worden over de volledige bufferstrook. Een lichte eg kan gebruikt worden om de grasbufferstrook te onderhouden om het opgehoopte sediment te ruimen.

Oeverbufferstroken mogen niet bemest of bespoten worden, aangezien nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen zouden kunnen wegspoelen naar het oppervlaktewater. Andere bufferstroken worden beter niet bemest of bespoten, tenzij dit essentiëel is voor de ontwikkeling van een dense vegetatie.

c) Efficiëntie en beperkingen

Wetenschappelijke studies tonen een grote variabiliteit in effectiviteit van bufferstroken. Dit wijst op een brede waaier aan fysische, chemische en biologische factoren, die het functioneren van bufferstroken beïnvloeden. Toch zijn bufferstroken langs de waterloop effectieve maatregelen om verliezen van GBM naar het oppervlaktewater te reduceren. Hun efficiëntie varieert van 50% tot bijna 100%. Dit is afhankelijk van de infiltratiecapaciteit van de grasbufferstrook (bodemtextuur en -structuur), het initiële bodemvochtgehalte, de capaciteit om bodemdeeltjes te weerhouden, de weersomstandigheden en de breedte van de bufferstrook.

Meestal zijn drie factoren verantwoordelijk voor een lage efficiëntie van grasbufferstroken:

- **Waterverzadiging van de bodem:** Wanneer de bodem in de bufferstrook waterverzadigd is, is waterinfiltratie niet meer mogelijk, maar zal het sediment wel nog weerhouden worden door de vegetatie. Bijgevolg is de efficiëntie van een waterverzadigde bufferstrook om GBM in het afstromende water tegen te houden aanzienlijk verminderd. Dit komt vooral voor bij oeverbufferstroken, aangezien deze dichtbij de waterloop liggen en vaak een hoge grondwatertafel hebben.

- **Bodemverdichting:** Als de bodem in de bufferzone verdicht is (door het berijden met landbouwmachines of door dieren), vermindert de infiltratiecapaciteit van de bodem en de efficiëntie om het afstromende water tegen te houden.

- **Sedimentafzettingen** kunnen ervoor zorgen dat de grasbufferstrook niet goed meer functioneert doordat de poriën in de bodem dichtslibben en er preferentiële paden voor geconcentreerde waterstromen ontstaan.

d) Andere positieve effecten

Vegetatieve bufferstroken kunnen ook andere functies in het afstroomgebied vervullen:

- Minder bodemerosie in het afstroomgebied en dus minder sedimentafzetting in de waterloop.
- Minder afspoeling van nutriënten (stikstof en fosfor) in de waterloop en dus minder eutrofiëring van de waterloop.
- Voorzien van habitats en het verhogen van de biodiversiteit in het afstroomgebied.
- Meer verbinding van natuurgebieden waarlangs soorten zich kunnen verspreiden in het landschap
- Bijdragen aan de heterogeniteit/diversiteit en aantrekkelijkheid van het afstroomgebied wat het toerisme ten goede komt

In de volgende hoofdstukken worden de verschillende types grasbufferstroken beschreven. Ze verschillen in locatie, grootte en samenstelling, maar hun werking is vergelijkbaar voor alle soorten bufferstroken.

14. Bufferstroken in het veld

Wat?
Bufferstroken in het veld laten het afstromende water van de hogere gelegen gebieden infiltreren als de hoeveelheid water nog vrij beperkt is. Bufferstroken in het veld hebben een grotere infiltratiecapaciteit en zijn over het algemeen efficiënter dan oeverbufferstroken, die soms waterverzadigd zijn en vaker geconcentreerde waterstromen moeten opvangen.

Hoe?
Bepaal de ligging en de grootte van de bufferstrook op basis van een velddiagnose. Bufferstroken in het veld hebben als doel te vermijden dat geconcentreerde afstroming ontstaat en moeten daarom zoveel mogelijk de hoogtelijnen volgen (eerder uniforme helling, geen thalweg). Geulen door bufferstroken (bijvoorbeeld via wielsporen) moeten vermeden worden. Bufferstroken in het veld kunnen een grasbufferstrook en/of een haag zijn, afhankelijk van de andere functies waarin ze voorzien (windhaag, biodiversiteit, enz…).

De aangeplante soorten moeten:
- Streekeigen vegetatie zijn (niet-invasieve plantensoorten)
- Aangepast zijn aan de lokale omstandigheden (bv. droogte of overstroming)
- Harde bladeren hebben om weerstand te bieden aan de kracht van het afstromende water en bijgevolg de snelheid van het afstromende water te verminderen.
- Zorgen voor een aaneengesloten grasmat

Efficiëntie en beperkingen
Als de werkrichting hellingafwaarts is, kunnen bufferstroken in het veld de werktijd verhogen. Bufferstroken in het veld zijn effectief om diffuse afspoeling op het veld tegen te houden, maar geconcentreerde afspoeling zal over een grasbufferstrook in het veld stromen. Daarom heeft het voorkomen van geconcentreerde afspoeling van de velden de hoogste prioriteit (bv. door de rijsporen te beheren, contourbewerkingen, enz…). Wanneer geconcentreerde waterstromen niet te vermijden zijn, moeten bufferstroken gecombineerd worden met opvangstructuren of brongerichte maatregelen in de hoger gelegen delen van het afstroomgebied.

15. Bufferstroken op de rand van het veld

Wat?
Bufferstroken op de rand van het veld worden onderaan een veld aangelegd en vormen vaak de scheiding tussen twee velden of een veld en een weg. De functie van zo'n bufferstroken is het afstromende water laten infiltreren en het sediment opvangen, voor deze de weg of het onderliggende veld bereiken.

Bufferstroken op de rand van het veld laten het afstromende water van de hogere gelegen gebieden infiltreren als de hoeveelheid water nog vrij beperkt is. Zo'n bufferstroken hebben een grotere infiltratiecapaciteit en zijn over het algemeen efficiënter dan oeverbufferstroken, die soms waterverzadigd zijn en vaker geconcentreerde waterstromen moeten opvangen.

Hoe?
Bepaal de plaats en grootte van de bufferstrook aan de hand van een velddiagnose. Geulen door bufferstroken (bijvoorbeeld via wielsporen) moeten vermeden worden. Bufferstroken op de rand van het veld kunnen een grasbufferstrook of een haag zijn, afhankelijk van de andere functies waarin de bufferstrook moet voorzien (windhaag, biodiversiteit, enz…).

De aangeplante soorten moeten:
- Streekeigen vegetatie zijn (niet-invasieve plantensoorten)
- Aangepast zijn aan de lokale omstandigheden (bv. droogte of overstroming)
- Harde bladeren hebben om weerstand te bieden aan de kracht van het afstromende water en bijgevolg de snelheid van het afstromende water te verminderen.
- Zorgen voor een aaneengesloten grasmat

Efficiëntie en beperkingen
Bufferstroken op de rand van het veld weerhouden diffuse afspoeling van de velden goed, maar geconcentreerde afstroming zal over deze bufferstroken stromen. Daarom heeft het voorkomen van geconcentreerde afspoeling van de velden de hoogste prioriteit (bv. door de rijsporen te beheren, contourbewerkingen, enz…).
Wanneer geconcentreerde waterstromen niet te vermijden zijn, moeten bufferstroken gecombineerd worden met opvangstructuren of brongerichte maatregelen in de hoger gelegen delen van het afstroomgebied.

P/A

Wat?

Oeverbuffers zijn al dan niet onderhouden bufferstroken langs de waterloop of gracht. Ze remmen eveneens het afstromend water af, waardoor het kan infiltreren en het meegevoerde sediment kan worden afgezet.

Daarnaast zijn bufferstroken langs de waterloop effectieve maatregelen om de vervuiling van het oppervlaktewater door drift te vermijden. Een bufferstrook met bomen of struiken is meer driftreducerend.

Grasstroken langs waterlopen zijn in bepaalde EU-landen verplicht, in Vlaanderen niet. De breedte en de reden van deze verplichte grasbufferstroken langs waterlopen is verschillend van land tot land. Bufferstroken langs waterlopen kunnen volgende milieudoelstellingen hebben:

a. Reduceren van verliezen van nutriënten, GBM, sediment en ziektekiemen naar het oppervlaktewater
b. Stabiliseren van de oevers
c. Verbeteren van de ecologische toestand van de waterloop (voedselvoorziening voor nuttigen, beschaduwen van het water)
d. Verhogen van de biodiversiteit
e. Bijdragen tot de verbondenheid van het ecosysteem (groene aders) en diversiteit in het landschap

Studies hebben aangetoond dat het water in een rivier vooral komt van de kleinste waterlopen van hoger gelegen delen in het afstroomgebied (categorie 1 of 2 waterlopen, zoals gedefinieerd op basis van de Strahler classificatie; zie figuur 1). Daarom moeten vooral deze categorieën van waterlopen beschermd worden door grasbufferstroken langs de waterloop. Het aanleggen van grasbufferstroken langs waterlopen van een hogere categorie (3 of hoger) heeft slechts een beperkte invloed op de waterkwaliteit, maar kan belangrijk zijn voor andere doeleinden (zie hierboven).

Hoe?

Om afspoeling en erosie van GBM te beperken moet de minimale breedte van een oeverbufferstrook bepaald worden a.d.h.v. een velddiagnose. De breedte van de oeverbufferstrook kan gereduceerd worden door verschillende maatregelen te combineren. Ga steeds na of de bufferstrook ook voldoende breed is om de andere functies van de oeverbufferstrook te vervullen. Geulen door bufferstroken (bijvoorbeeld via wielsporen) moeten vermeden worden.

Kies de begroeiing van de bufferstrook ook best op basis van alle vooropgestelde doelen: eenjarige, meerjarige of gemengde vegetatie (gras, struiken, hagen of bomen). Smallere grachten/stromen (permanent of niet permanent) zijn meestal enkel beschermd door grasbufferstroken, terwijl voor bredere stromen en rivieren een houtige vegetatie noodzakelijk is om alle doelstellingen te vervullen.

De aangeplante soorten moeten:

- Streekeigen vegetatie zijn (niet-invasieve plantensoorten)
- Aangepast zijn aan de lokale omstandigheden (bv. droogte of overstroming)
- Harde bladeren hebben om weerstand te bieden aan de kracht van het afstromende water en bijgevolg de snelheid van het afstromende water te verminderen.
- Zorgen voor een aaneengesloten grasmat

Bufferstroken langs een waterloop mogen niet:

- Bemest worden
- Bespoten worden met GBM,
- Gebruikt worden als doorgang voor machines

Het afgezette sediment in de bufferstrook moet verspreid worden over de bufferstrook of op het hoger gelegen veld (bv. met een hark).

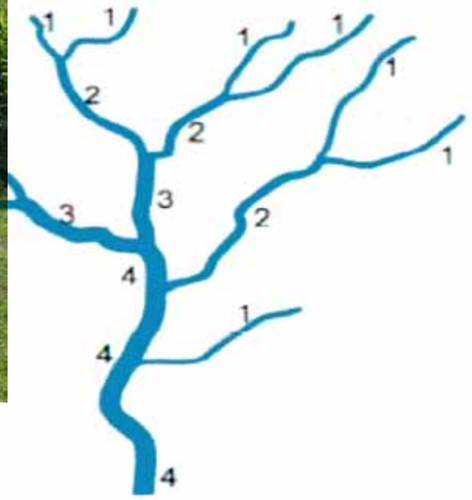
Efficiëntie en beperkingen

De bodems van oeverbuffers worden beïnvloed door de waterstand in de waterloop. Bijgevolg zijn oeverbuffers soms waterverzadigd. Onder dergelijke omstandigheden zal een oeverbuffer afspoeling van GBM niet beperken en moeten bijkomende bufferstroken op de hoger gelegen velden aangelegd worden.

De efficiëntie van oeverbufferstroken is sterk verschillend, maar oeverbufferstroken vormen wel de laatste mogelijkheid om de waterloop tegen afspoeling en erosie van GBM te beschermen en bieden bescherming tegen polluenten die meegevoerd worden met de wind bv. drift. Daarom zou langs de waterlopen steeds een minimale oeverbuffer (bv. 2m) moeten aangelegd worden.

oeverbufferstrook

Strahler classificatie in een afstroomgebied (1 kleine waterloop, 2 grotere waterloop, enz...)



17. Grasgangen (thalwegbuffer)

Wat?

In een thalweg komen twee verschillende hellingen samen en vormen een lager gelegen structuur in het landschap (droge vallei of dal). Het afstromende water zal zich van nature hierin concentreren en dit kan het startpunt vormen van geul- of ravijnerosie. Een efficiënte maatregel om afspoeling en erosie te verminderen, is het inzaaien van een grasgang in de thalweg; om de efficiëntie van de grasgang te verhogen kan in situaties met een hoog risico op afspoeling en erosie op de grasgang een haag aangeplant worden.

Thalweg in een veld

Hoe?

Bepaal de plaats en grootte van de bufferstrook aan de hand van een velddiagnose. Selecteer een passende vegetatie voor de grasgang rekening houdend met de vereiste densiteit en het nodige onderhoud van de buffer.

Brede grasgangen (bv. weides) zijn noodzakelijk bij een groot risico op afspoeling en erosie en waar onder normale weersomstandigheden veel water afstroomt van de hoger gelegen velden. Dergelijke grasgangen of weiden verspreiden en infiltreren grote hoeveelheden water. Het aanplanten van hagen in deze weiden zal de infiltratie-efficiëntie van het afstromende water verder verhogen.

Beperkingen

Grasgangen vormen nieuwe veldgrenzen. Hierdoor kunnen de velden door hun nieuwe vorm moeilijker bewerkbaar worden en kan het bewerken meer tijd vragen.

18. Hagen, heggen en houtkanten

Een haag of een heg is een lijnvormige aanplanting van houtige gewassen die door periodieke snoei in vorm worden gehouden. Een houtkant is een met bomen, struiken en kruiden begroeide strook met inbegrip van de taluds en beekoevers.

Hagen, heggen en houtkanten langs de waterloop of als landschapselementen leveren heel wat voordelen op voor het milieu. Ze dienen als windschermen, verbeteren het microklimaat, stabiliseren de oever en voorzien schuilplaats- en voor dieren. Ze infiltreren ook het afstromende water van

de velden en weerhouden de sedimenten en GBM die met het afstromende water meegevoerd worden. Ze weerhouden ook sedimenten en GBM die met de wind meegevoerd worden (spuitdrift, winderosie).

Meerjarige bufferstroken zoals hagen, heggen en houtkanten ontwikkelen een dieper wortelstelsel dan eenjarige grasbufferstroken, wat de waterinfiltratie bevordert. Ze weerhouden beter diffuse afspoeling dan geconcentreerde afspoeling, waardoor meerjarige bufferstroken vaak effectiever zijn wanneer ze op hoger gelegen velden worden aangeplant dan wanneer ze beneden aan de waterloop worden geplaatst. Er is een groot potentieel voor hagen, heggen en houtkanten in gebieden met een complex landschap, vooral op erosiegevoelige zand- en leemgronden.

Wat?

De aanleg van hagen, heggen en houtkanten moet gebaseerd zijn op een velddiagnose. Deze analyse geeft een indicatie van de vereiste plantensoorten en de lengte en breedte van de haag, heg of houtkant. Hou ook rekening met bijkomende functies van de haag. De plantensoort, de dichtheid van de haag, de hoeveelheid bladoppervlak en het groeipatroon van de haag, heg of houtkant bepaalt ook de mate van driftreductie.

Hagen en heggen volgen best de hoogtelijnen in het afstroomgebied (dwars of schuin op de richting van het afstromende water). Hagen en heggen worden bij voorkeur aangelegd in combinatie met een smalle grasstrook (minimum 2m) om de efficiëntie van de bufferstrook te vergroten. De haag of heg wordt het best in het midden van de grasstrook aangeplant. De dichtheid van hagen en heggen moet voldoende groot zijn om het afstromend water te weerhouden en goed te functioneren als windhaag (0.5 tot 1 m afstand tussen houtachtige plantensoorten).

Hou bij de plantenkeuze ook rekening met voedselvoorziening voor het wild (akkerland voorziet niet voldoende voedsel gedurende het hele jaar). Daarnaast mogen de geselecteerde plantensoorten geen negatieve invloed hebben op de gewassen (competitie, gastheer voor ziektes e.d.).

Hoe?
Een goede bodemvoorbereiding is belangrijk om een goede wortelontwikkeling toe te laten. Kies inheemse, streekeigen soorten passend bij de ter plaatse aanwezige grondsoort en waterhuishouding om een vitale en veerkrachtige haag, heg of houtkant te bekomen. Verwijder onkruiden in een jonge haag of heg en bescherm de jonge scheuten in het beginstadium tegen vraatschade van wild en vee (b.v. door een omheining).

Grootte: Hagen, heggen en houtkanten worden op één of meerdere rijen aangeplant. Hagen en heggen worden meestal op één rij aangeplant met een tussenafstand van maximaal 50 cm bij hagen en maximaal 2m bij heggen. Houtkanten worden aangeplant in 2 rijen met een tussenafstand van maximaal 1,5m. Hou er bij het planten rekening mee dat de planten moeten kunnen uitgroeien tot een dense buffer. Een plantdichtheid van 40 stengels/m² na 10 jaar is het streefdoel.

Hagen, heggen en houtkanten vergen onderhoud. Hagen worden frequent gesnoeid (1 tot 2 maal per jaar), terwijl heggen slechts minimaal onderhouden worden (maximaal 1 maal per jaar). De optimale vorm voor het beperken van afspoeling en erosie en het behoud van biodiversiteit is een pyramide (A).

Beperkingen
Door het aanplanten van hagen, heggen en houtkanten worden de velden kleiner en zal de tijd nodig voor het uitvoeren van de veldbewerkingen toenemen. Daardoor kan tegenstand van de landbouwers verwacht worden. Op de meeste bedrijven gebeurt het aanplanten van hagen, heggen en houtkanten over een aantal jaar om te passen in de bedrijfsvoering. Het onderhoud van deze hagen vraagt eveneens een aanzienlijke inspanning.

19. Bebossing

Bossen infiltreren het afstromende water van de velden en weerhouden de sedimenten en GBM die met het water meegevoerd worden. Net als hagen, heggen en houtkanten leveren bossen in agrarische gebieden heel wat bijkomende voordelen voor het milieu op. Ze dienen als efficiënte windschermen en weerhouden ook sedimenten en GBM die met de wind meegevoerd worden (spuitdrift, winderosie), verbeteren het microklimaat, stabiliseren de oever en voorzien schuilplaatsen voor dieren.

Door hun grootte (>10 m breed) en de grotere infiltratiecapaciteit van een bosbodem in vergelijking met landbouwgrond is een bos zeer effectief om afspoeling en erosie te verminderen. De aanleg van een bos is echter een grote investering en brengt kosten voor onderhoud met zich mee. Deze kosten kunnen gedeeltelijk teruggewonnen worden bij de oogst van het hout.

Wat?
Bossen kunnen natuurlijke bossen zijn die functioneren als buffers in het landschap ofwel specifiek aangeplant zijn voor ecologische of economische redenen. Voor de aanplant van bossen moet gewerkt met specifieke voorlichters die rekening houden met alle functies die het bos moet vervullen. De selectie van de boomsoorten hangt af van de belangrijkste functie van het bos (focus op biodiversiteit, productie van economisch waardevol houtsoorten of laag kwaliteitshout met een lage investeringskost)

Hoe?
Idealiter moeten bossen aangeplant worden op steile hellingen of in de lager gelegen gebieden in het afstroomgebied in de nabijheid van de waterloop. Versnelde afspoeling door het bos via hellingafwaarts georiënteerde paden of wegen moet zoveel mogelijk vermeden worden.

In Vlaanderen kan een voorlichter van BOS+ gecontacteerd worden voor advies en begeleiding bij de aanplant van bossen. Ook worden door het agentschap land- en bos (ANB) subsidies voorzien voor het bebossen van landbouwgrond.

20. Beheer van de toegangsweg tot het veld

Wat?
De toegangswegen tot de velden vormen mogelijke kanalen voor het afstromende water in een afstroomgebied en kunnen de startplaats vormen van geconcentreerde afspoeling. Vooral wanneer de toegangswegen hellingafwaarts liggen, moeten zij zorgvuldig onderhouden worden om de vorming van geconcentreerde waterstromen te voorkomen. De toegang tot het veld wordt best ingezaaid met robuuste grassoorten.

Hoe?
Gebruik grove steenslag of stenen om de rijsporen te versterken en bodemverdichting te verminderen. Zaai daarin een robuuste grassoort met een diep wortelstelsel, waarover kan gereden worden met landbouwmachines. Diepe wielsporen moeten vermeden worden, aangezien deze dienst kunnen doen als kanalen voor afstromende water.

Opvangstructuren

Opvangstructuren vangen geconcentreerde afstroming in een afstroomgebied op en verspreiden deze opnieuw. Dergelijke opvangstructuren kunnen een optie zijn om het water in het afstroomgebied te houden als brongerichte maatregelen niet voldoende zijn.
De constructiekosten voor dergelijke 'symptoomgerichte' maatregelen moeten afgewogen worden ten opzichte van de kosten voor het veranderen van de huidige landbouwpraktijken om afspoeling en erosie brongericht aan te pakken.

21. Begroeide buffergrachten

Begroeide buffergrachten worden aangelegd om het afstromende water, het drainagewater en het sediment van hoger gelegen gebieden op te vangen en bijgevolg de lager gelegen gebieden te beschermen tegen water- en modderoverlast. Vaak staat enkel water in een begroeide buffergracht wanneer oppervlakkige afstroming of drainage optreedt. In een begroeide buffergracht zal het opgevangen water verdampen of infiltreren en het opgevangen sediment bezinken. Begroeide buffergrachten zijn vaak de beste wateropvangstructuren (b.v. langs wegen en tussen twee velden). Als de hoofdfunctie van de begroeide buffergracht is om het water in het afstroomgebied te houden, wordt deze best niet verbonden met het oppervlaktewater (gracht met doodlopende uiteinden).

Wat?

Een begroeide buffergracht wordt meestal aangelegd na een grondige diagnose van het risico op afspoeling in het afstroomgebied en na identificatie van een passende locatie. Op regelmatige tijdstippen moet het afgezette sediment geruimd worden, aangezien de sedimentafzettingen de retentiecapaciteit en de infiltratiecapaciteit van de buffergracht zullen verminderen. Begroeiing op een buffergracht verstevigt de oevers en gaat oevererosie tegen. Daarnaast remt begroeiing de snelheid van het afstromende water beter af, verhoogt deze de infiltratiecapaciteit en weerhoudt de begroeiing beter sediment.

Hoe?

Begroeide buffergrachten moeten voldoende groot zijn om het afstromende water en sediment van minimum een hevige regenbui (b.v. de eerste 2 tot 3 mm afspoeling) in het afstroomgebied te houden. Begroeide buffergrachten zorgen ook voor de afbraak van GBM, laten de geërodeerde bodemdeeltjes bezinken en weerhouden nutriënten. Sediment moet op regelmatige basis verwijderd worden om de retentiecapaciteit voldoende hoog te houden.

Algemene punten waarmee rekening moet worden gehouden:

- Leg een begroeide buffergracht aan op kritieke punten in het afstroomgebied, waar afspoeling moeilijk brongericht aangepakt kan worden, maar waar het aangewezen is het afstromende water op te vangen vooraleer het lager gelegen velden, wegen of oppervlaktewater bereikt.
- Beperk of vertraag de uitwisseling tussen begroeide buffergrachten en het grondwater, door de oevers en de bodem van de gracht met een lemige of kleiige laag met een hoog organische stof gehalte te bedekken.
- Bepaal de grootte van de buffergracht op basis van de verwachte hoeveelheid water die moet opgevangen worden.
  - Volume: Moet de verwachte hoeveelheid afstromende water kunnen opvangen of ten minste 2 tot 3 mm neerslag in het afstroomgebied
  - Diepte: Ongeveer 0.5 tot 1m. De oevers mogen niet te steil zijn zodat dieren hieruit kunnen ontsnappen.
  - Breedte/lengte: Leg aan op basis van de beschikbare ruimte en de volumevereisten (zie hierboven).
- Zaai streekeigen plantensoorten in, die overstromingstolerant zijn.
- Verwijder het afgezette sediment, wanneer de retentiecapaciteit met meer dan 20% gedaald is.

Efficiëntie

Studies hebben aangetoond dat in begroeide buffergrachten GBM afgebroken worden. De efficiëntie is afhankelijk van de hoeveelheid afstromende water, die tijdens een regenbui kan weerhouden worden.

De meer hydrofobe GBM worden beter weerhouden in begroeide buffergrachten. Ze binden immers aan het sediment, dat vrij efficiënt in een begroeide buffergracht zal sedimenteren. Ook adsorberen hydrofobe GBM makkelijker aan planten dan hydrofiele GBM.

Beperkingen

Begroeide buffergrachten zijn infrastructuurwerken, die aangelegd worden om het afstromende water tegen te houden en te zuiveren van sediment, nutriënten en GBM. Een begroeide buffergracht kan op termijn ook de leefomgeving van beschermde soorten worden. Maar de regelgeving met betrekking tot de bescherming van ecosystemen/habitats interfereert soms met de functionaliteit van de opvangstructuur. Vandaar wordt het originele doel van de begroeide buffergracht, namelijk bescherming van het oppervlaktewater, best vooraf vastgelegd met de lokale autoriteiten.

22. Poelen, wetlands en bufferbekkens

Poelen, wetlands (meersen, moerassen) en bufferbekkens worden aangelegd om de lager gelegen gebieden in een afstroomgebied te beschermen tegen water- en modderstromen en om het water van gedraineerde velden op te vangen. Terwijl het water door de opvangstructuur passeert, verdampt of infiltreert het, en wordt het overtollige water vervolgens afgevoerd naar het nabijgelegen oppervlaktewater. Poelen en wetlands bevatten meestal niet het hele jaar door water, maar enkel in de periode dat oppervlakkige afstroming (of drainage) voorkomt. Hun belangrijkste functie is het water en het sediment in het afstroomgebied houden.

Natuurlijke meersen of moerassen (de term moeras wordt vaak gebruikt voor beschermde gebieden) zijn ook geschikt om afstromende water en drainagewater op te vangen en moeten daarom behouden blijven. Dergelijke natuurlijke moerassen of meersen zijn vaak weides of bossen langs de oever, die op regelmatige basis overstromen.

Wat?

Een grondige diagnose van het afstroomgebied is noodzakelijk om de plaats en de grootte van een poel, wetland of bufferbekken te bepalen. Een poel, wetland of bufferbekken vangt meestal het afstromende water van meerdere velden op, die vaak eigendom zijn van verschillende eigenaars. Vandaar is een gemeenschappelijke benadering voor de constructie en het onderhoud van poelen, wetlands en bufferbekkens (met het oog op het verbeteren of behouden van de waterkwaliteit in een afstroomgebied) vaak aangewezen en wordt dit meestal voorgesteld door een landschapsarchitect in samenspraak met de lokale autoriteiten. Ook moeten de afgezette sedimenten en het organisch materiaal op regelmatige basis geruimd worden om de opvangcapaciteit te behouden en een voldoende doorlaatbaarheid van de bodem te garanderen.

Hoe?

De opvangcapaciteit van de poelen, wetlands en bufferbekkens moet voldoende groot zijn om het afstromende water en het geërodeerde sediment van minstens een hevige regenbui in het afstroomgebied op te vangen. De verblijftijd van het water kan verhoogd worden, door bijvoorbeeld stuwen en dammen aan te leggen in de opvangstructuur. Begroeiing bevordert de afbraak van GBM en nutriënten en maximaliseert de sedimentatie van geërodeerde bodemdeeltjes. Het sediment moet op regelmatige basis verwijderd worden om de opvangcapaciteit voldoende hoog te houden.

Terwijl een bufferbekken meestal met een ondoordringbare laag op de bodem uitgevoerd wordt (bijv. beton, kleilaag), zijn kunstmatige poelen en wetlands meestal aangelegd op een ondergrond die geen of zeer weinig verbinding heeft met onderliggende aquifers. Kunstmatige wetlands ontwikkelen een soort natuurlijke begroeiing, terwijl de ondergrond van bufferbekkers kan gekozen worden al dan niet met het oog op begroeiing.

Algemene punten waarmee rekening moet worden gehouden:

- Stel duidelijke doelen voorop
  - Uitsluitend het vermijden van het transport van vervuilende agrarische stoffen (meststoffen, GBM) naar het oppervlaktewater
  - Eveneens het beperken van water- en modderoverlast voor de burgers op de grens van landbouw- en stedelijke afstroomgebieden
- Verhinder uitwisseling tussen de opvangstructuur en het grondwater, door de bodem van het bufferbekken te bedekken met een leem of kleilaag uit de bovenste bodemlaag (hoog organische stofgehalte).
- Bepaal de grootte van de opvangstructuur op basis van de verwachte hoeveelheid afstromend water die moet opgevangen worden:
  - Volume: De poel/wetland/bufferbekken moet ontworpen worden om minstens 2 tot 5 mm afstromend water vanuit het afstroomgebied op te vangen. Indien het voorkomen van overstromingen de belangrijkste functie is of wanneer vaak hevige regen voorkomt (> 5 mm) kan een grotere opvangcapaciteit nodig zijn.
  - Waterdiepte: tussen 0.2 en 1 m met een gemiddelde waterdiepte van 0.5 m (Dit kan aangepast worden door de poel of het bufferbekken te voorzien van een uitloopopening met schuifafsluiter).
  - Lengte: Vergroot (indien mogelijk) de afstand dat het water moet afleggen in de poel, het moeras of bufferbekken door schotten en stuwen te voorzien.
- De opvangstructuur wordt best ingezaaid met gras bv. raaigras.
- Verwijder het afgezette sediment als de opvangcapaciteit van het bufferbekken met meer dan 20% verminderd is.

Kennis van experten is noodzakelijk om erosiepoelen en bufferbekkens aan te leggen, bv. de erosiecoördinator. Ook kunt u technische gidsen raadplegen zoals bijvoorbeeld “Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticides pollution and bioremediation in artificial wetland ecosystems” uitgegeven in kader van het EU Life Artwet project (LIFE 06 ENV/F/000133).

Efficiëntie

Studies hebben aangetoond dat GBM afbreken in poelen en waterbekkens. De afbraak is variabel en hangt af van de tijd dat het water weerhouden wordt. De efficiëntie van zwakke en matig gebonden (hydrofiele) stoffen is lager (50%) dan van sterk gebonden (hydrofobe) producten (90%). De meer hydrofobe GBM worden immers beter weerhouden, aangezien ze binden aan het sediment, dat vrij efficiënt in een erosiepoel of bufferbekken zal sedimenteren. Ook adsorberen hydrofobe GBM makkelijker aan planten dan hydrofiele GBM.

Beperkingen

Erosiepoelen en bufferbekkens zijn infrastructuurwerken, die aangelegd worden om het afstromende water tegen te houden en te zuiveren van sediment, nutriënten en GBM. Dergelijke opvangstructuren kunnen op termijn ook de leefomgeving van beschermde soorten worden. Maar de regelgeving met betrekking tot de bescherming van ecosystemen/habitats interfereert soms met de functionaliteit van de opvangstructuur. Vandaar wordt het originele doel van de poel of het bufferbekken, namelijk bescherming van het oppervlaktewater, best vooraf vastgelegd met de lokale autoriteiten.

23. Aarden dammen

P/A

Aarden dammen worden aangelegd om het afstromende water en het sediment op te vangen. Hierdoor kan het afstromende water infiltreren en wordt het geërodeerde sediment afgezet. Aarden dammen op de perceelsgrenzen zijn zeer belangrijk in rijstvelden voor water- en bodemmanagement.

Wat?

De constructie van dammen gebeurt door het ophopen van de aarde in de vorm van een kleine dam. Dammen worden aangelegd op de laagstegelegen perceelsranden of in de thalweg, dwars op de richting van het afstromende water.

Damconstructies worden best uitgevoerd op gronden uit zwaardere texturen (kleiige gronden) voor de stevigheid van de dam en omdat kleiige gronden gevoeliger zijn voor afspoeling. Damconstructies moet men op regelmatige tijdstippen controleren om doorbraak te voorkomen. Voor grote dammen kan een verstevigde overloop of knijpopening aangewezen zijn.

Hoe?

De dam wordt best opgehoogd met aarde van het perceel, die stroomopwaarts uitgegraven wordt (grondbalans in evenwicht). De aarde wordt meestal dwars op de richting van het afstromende water (bij voorkeur op de laagstgelegen perceelsgrens) opgestapeld.
De dam moet voldoende breed en hoog zijn om het afstromende water te capteren; de dimensies moeten berekend worden op basis van de te verwachten hoeveelheid afstromend water. De dam wordt over de hele lengte op hetzelfde peil aangelegd. Het hoogste punt van de dam moet tussen 0.3 en 1.5m hoog zijn; de helling van de dam mag maximaal 45° bedragen en de dam moet een minimale breedte hebben van 30-50 cm.

24. Waterdoorlaatbare damconstructies.

P/A

Plantaardige damconstructies (bv. wilgenteendam) en mini-dammen zijn voorbeelden van waterdoorlaatbare dam-constructies. Ze bestaan uit palen, takken en stenen en worden aangelegd om geconcentreerde afstroming opnieuw te verspreiden in het afstroomgebied. Wilgenteendammen beperken erosie en weerhouden zand en leem dat meegevoerd werd met het afstromende water. Mini-dammen zijn hoofdzakelijk bedoeld om het geconcentreerde afstromende water opnieuw te verspreiden en af te remmen.

Wat?

Wilgenteendammen bestaan uit takkenbundels van wilgen die tussen twee rijen palen gelegd worden. Wilgenteen-dammen worden steeds dwars op de helling aangelegd om geconcentreerde afspoeling tegen te houden. Ze zijn water

wilgenteendammen

doorlaatbaar, maar vertragen de snelheid van het afstromen-de water aanzienlijk, waardoor het sediment kan bezinken. Het opgehouden water sijpelt geleidelijk door de dam en stroomt meer verspreid en aan een lager debiet verder

De bundels wilgentenen kunnen zowel “afgestorven” als “levend” zijn. Bij het gebruik van afgestorven wilgentenen zal de constructie gedurende 2 tot 4 jaar functioneel blijven.

Bij het gebruik van levende wilgentenen, kan de constructie permanent blijven en zal de wilgenteendam uiteindelijk een haag vormen.

Mini-damconstructies bestaan uit stenen en houten palen en balken en worden meestal aangelegd aan de bron van een beekje. Zoals wilgenteendammen zijn mini-dammen waterdoorlaatbaar. Ze remmen het afstromende water af en weerhouden het meegevoerde sediment. Mini-dammen worden meestal aangelegd over de volledig breedte van het beekje. De houten balken sluiten aan op de bedding en de oevers van het beekje. Mini-damconstructies kunnen permanent behouden blijven, maar moeten iedere 2-3 jaar onderhouden worden.

Hoe?

Maak een sleuf van 30 cm diep en 50 cm breed.
Plaats palen (lengte: 1,0 tot 1,5 m) in twee rijen aan iedere kant van de sleuf: de palen worden ca. 1 tot 1,5 m van elkaar geplaatst en 50 cm diep in de bodem ingegraven.
Plaats de takkenbundels of balken (met een lengte van ongeveer 3 tot 4 m en ongeveer 30 cm diameter) in de sleuf.
Voeg takkenbundels toe tot op een hoogte van mimimum 50 cm. Bedek de randen van de dam met wat aarde zodat er geen gaten zijn tussen de takkenbundels en de bodem om onderstroming te verhinderen.
Wilgenteendammen kunnen op grasbufferstroken geplaatst worden en mini-damconstructies kunnen gecombineerd worden met buffergrachten.

Nadelen

Waterdoorlaatba-re damconstruc-ties zijn arbeidsin-tensief en vergen een aanzienlijke investering voor aanleg en onder-houd.

Duurzaam gebruik van GBM

Algemeen

Bij de registratie van GBM wordt ook rekening gehouden met de risico’s voor het milieu en voor de gebruiker van GBM. Om de kans dat GBM in het oppervlaktewater terechtkomen door drift, afspoeling en/of drainage te minimaliseren, worden gebruiksvoorschriften vermeld op het etiket van GBM. Deze gebruiksvoorschriften vormen een onderdeel van een complexe strategie om vervuiling van het oppervlaktewater door GBM te verminderen en moeten gevolgd worden. Ook het navolgen van goede landbouwpraktijken maken deel uit van deze complexe strategie.
Het duurzaam gebruik van GBM start met een regelmatige controle en kalibratie van de spuituitrusting.

25. Optimaliseer uw bespuitingstijdstip

P

Wat?

Om het risico op waterverontreiniging door afspoeling van GBM te verminderen:

- Spuit niet wanneer regen voorspeld wordt binnen 48h
- Gebruik geen GBM op een waterverzadigde bodem of wanneer er water uit de drainagebuizen stroomt.
- Beperk het aantal toepassingen en de gebruikte hoeveel-heid GBM tot het noodzakelijke minimum; check alternatie-ve bestrijdingsstrategieën wanneer er risico op afspoeling is.

Hoe?

- Duid de gebieden aan, waar beperkingen op het gebruik van bepaalde GBM moeten gerespecteerd worden.
- Lees het etiket van het GBM zorgvuldig en ga na of er aanbevelingen mbt neerslag moeten gevolgd worden.
- Raadpleeg de weersvoorspellingen voor uw streek (De eerste neerslag na het toepassen van GBM is het belangrijkst).
- Ga de waterverzadigingsgraad van uw velden na en vermijd bespuitingen op waterverzadigde bodems of wanneer er water uit de drainagebuizen stroomt.

26. Optimaliseer uw bespuiting naargelang het seizoen

P/A

Het is heel belangrijk om bespuitingen met GBM te vermijden wanneer de bodem waterverzadigd is, wanneer het grondwater wordt aangevuld en wanneer er water uit de drainagebuizen stroomt.

Wat?

Om het risico op waterverontreiniging door GBM te verminderen:

- Pas het GBM aan naargelang het seizoen.
- Vermijd bespuitingen zoveel mogelijk in de late herfst of de vroege lente, wanneer de bodems (bijna) waterverzadigd zijn of wanneer er water uit de drainagebuizen stroomt.

Hoe?

- Duid de gebieden aan, waar de toepassing van bepaalde GBM moet beperkt worden.
- Lees zorgvuldig het etiket om na te gaan of beperkingen in gebruik gedurende bepaalde periodes worden opgelegd.
- Check de waterverzadigingsgraad van de bodem en voer geen bespuitingen uit op een waterverzadigde bodem of wanneer er water uit de drainagebuizen stroomt.

27. Kies passende GBM

P

Wat?

- Neem maatregelen om puntvervuilingen en diffuse vervuilingen te vermijden
- Kies een geschikte GBM voor uw probleem
- Lees het etiket van het GBM zorgvuldig en volg de risicobeperkende aanbevelingen.
- Als de geselecteerde GBM moeilijk te realiseren maatregelen vereisen, zoek dan alternatieven of raadpleeg uw voorlichter om na te gaan of het GBM op een andere manier kan ingezet worden (bv. het reduceren van de dosis in combinatie met andere GBM (mengen); verminderen van het behandelende oppervlak (bandbespuitingen, of alternatieve GBM)).
- Als de vervuiling van het oppervlaktewater met een specifiek GBM blijft bestaan, bespreek met uw voorlichter eventuele alternatieve gewasbeschermingstechnieken.

Hoe?

- Volg het gewasbeschermingsadvies voor uw regio
- Maak een lijst van velden waar specifieke beperkingen gelden voor de toepassing van GBM.
- Vermijd puntvervuilingen (gebruik een checklijst). Focus vooral op de volgende aspecten:
- Past u alle voorzorgsmaatregelen toe bij het vullen en reinigen van het spuittoestel?
- Is het spuitoestel uitgerust met een spoeltank/intern reinigingssysteem? (Ref.: TOPPS – goede landbouwpraktijken om puntvervuilingen te vermijden).
  Alle landbouwers in het afstroomgebied zouden moeten opgeleid worden om puntvervuiling te vermijden.
- Voer een diagnose uit en neem passende maatregelen om diffuse vervuiling (afspoeling en drift) te verminderen.
- Optimaliseer het toepassingstijdstip met het oog op het verminderen van het risico op waterverontreiniging.
- Verminder de dosis (bv. Door het gebruik van lage dosis combi-producten). Gebruik indien mogelijk spuittechnieken om het behandelde oppervlakte te verminderen (bandbespuitingen, doelgerichte bespuitingen, bespuitingen adhv sensoren).
- Raadpleeg uw voorlichter over andere mogelijkheden met betrekking tot gewasbescherming.
  - alternatieve, niet-chemische gewasbescherming
  - Kies andere GBM, met andere eigenschappen (halfwaardetijd, mobiliteit in de bodem, toxiciteit voor het waterleven).

Als geen oplossingen gevonden kunnen worden, overweeg dan het telen van andere gewassen.

Beperkingen

De voorlichter en de landbouwer moeten samen een actieplan opstellen om puntvervuiling te vermijden. Maatregelen moeten focussen op bewustmaking en opleiding mbt het correct gebruik van GBM en op het verbeteren van de spuituitrusting en infrastructuur (opslag, vul- en spoelplaats, bioremediatiesystemen) op het bedrijf. Idealiter zou een dergelijke actieplan om puntvervuiling te vermijden, moeten opgemaakt worden met alle landbouwers in het afstroomgebied.

Ook om diffuse vervuiling te vermijden zou een actieplan met specifieke doelstellingen moeten uitgewerkt worden zowel op individueel als gezamenlijk niveau. Voor sommige infrastructurele maatregelen zijn subsidies beschikbaar.
In probleemgebieden voor waterverontreiniging, moet de overheid de waterkwaliteit controleren. Dit moet met de landbouwers besproken worden op een open en constructieve manier om tot oplossingen te komen, waar beide partijen zich in kunnen vinden. Wanneer bepaalde acties gelinkt kunnen worden aan een verbeteringen van de waterkwaliteit, werkt dit aanmoedigend.

Irrigatie

Irrigatie is het kunstmatig water geven op plaatsen waar de natuurlijke water-hoeveelheid in de bodem in bepaalde periodes niet voldoende is voor het gewas. De belangrijkste uitdaging met het oog op het beschermen van de waterkwaliteit is irrigatiesturing en het sturen van het drainagewater om een overmaat aan irrigatie en bijgevolg afspoeling van GBM en verzilting te voorkomen. Het risico op afspoeling hangt af van de gebruikte irrigatiesystemen en de irrigatietoepassing.

28. Selecteer een passend irrigatiesysteem

De irrigatiesystemen verschillen in de gebruikte watervolumes en in de manier van toepassen. Bevloeiingssystemen vereisen de grootste watervolumes (800-1200 m³/ha).

In Zuid-Europa wordt meestal geïrrigeerd aan de hand van bevloeiing. Deze systemen zijn weinig controleerbaar, waardoor overdosering moeilijk kan vermeden worden. Beregeningssystemen gebruiken ongeveer 300-500 m³/ha, maar kunnen bodemverslemping door de waterdruppels veroorzaken. Druppelirrigatie gebruikt slechts kleine water-hoeveelheden, maar wordt door de hoge investeringskost vaak slechts gebruikt in gewassen met een hoge opbrengst.

Wat/hoe?
De meest efficiënte maatregel om afspoeling te vermijden is investeren in zuiniger en beter controleerbare irrigatie-technieken (beregening, sprinkler, druppelirrigatie).

29. Optimaliseer irrigatietijdstip en -hoeveelheid

Wat?
De sleutelfactor om het risico op afspoeling te verminderen is het correct toepassen van de irrigatie, waarbij rekening gehouden wordt met het vochtgehalte en het waterbergend vermogen van de bodem en de gewasbehoefte in relatie met de evapo-transpiratie.

Hoe?
Het bepalen en toedienen van een correcte hoeveelheid water op basis van de behoeften van het gewas, is de meest belangrijke factor. Sleutelfactoren hiervoor zijn het bodem-vocht, de zuigspanning en het weer (kans op regen). In bepaalde landen bestaan IT-gebaseerde beslissings-ondersteunende systemen voor de planning van irrigatie. Als minder controleerbare systemen worden gebruikt (bv. bevloeiing), kan irrigatie in kanalen helpen om water te sparen en afspoeling te reduceren. Kanalen helpen ook om meer water te infiltreren in het geval van regenbuien.

Beperkingen
In de meeste geïrrigeerde gebieden, is de hoeveelheid en beschikbaarheid van het water gereguleerd. Een gedetail-leerd advies voor uw regio is zeker noodzakelijk.

Samenvatting van de efficiëntie van de maatregelen om afspoeling en erosie te reduceren

In de volgende figuur wordt de efficiëntie van de verschillende maatregelen weergegeven voor de verschillende types van afspoeling: afspoeling door het overschrijden van de infiltratiecapaciteit, afspoeling door waterverzadiging en geconcentreerde afspoeling (zie legende op p 30).

Daarnaast wordt ook weergegeven op welke schaal de maatregelen best worden toegepast:op perceelsniveau (P) of in het afstroomgebied (A).

1 Gereduceerde bodembewerkingen

2 Ruw zaaibed

3 Vermijd verslemping

4 Vermijd bodemverdichting

5 Beheer van de rijpaden

6 Drempels in het veld

7 Contourbewerkingen

8 Gewasrotatie

9 Strokenteelt

10 Eénjarige bodembedekkers

11 Dubbel inzaaien

12 Meerjarige bodembedekkers

13 Vergroot de kopakker

14 Bufferstroken in het veld

15 Bufferstroken op de rand van het veld

16 Oeverbufferstroken

17 Grasgangen (thalwegbuffer)

18 Hagen/heggen en houtkanten

19 Bebossing

20 Beheer van de toegangsweg tot het veld

21 Begroeide buffergrachten

22 Poelen, wetlands en bufferbekkens

23 Aarden dammen

24 Waterdoorlaatbare damconstructies

25 Optimaliseer het bespuitingstijdstip

26 Optimaliseer uw bespuiting naargelang het seizoen

27 Kies passende GBM

28 Selecteer een passend irrigatiesysteem

29 Optimaliseer het irrigatietijdstip en -hoeveelheid

A

Afstroomgebied
Dat is het totale omringende gebied waarbinnen al het overtollige regen- of smeltwater via één punt/rivier wordt afgevoerd. Dit is meestal de uitgang van het bekken, waar het water samenkomt bij een ander waterlichaam, zoals een rivier, meer, reservoir, estuarium, wetland, zee of de oceaan.

Afspoeling
Het bovengronds afspoelen van het water van een regenbui, irrigatie of smeltwater, dat niet kan infiltreren in de bodem: (1) van zodra het water het bodemoppervlak bereikt (afspoeling door het overschrijden van de infiltratiecapaciteit); of (2) als de bodem waterverzadigd is (afspoeling door waterverzadiging). Bodembeheer beïnvloedt vaak beide types van afspoeling, b.v. door verslemping of door de vorming van een ploegzool.

B

Beslissingsboom
Een beslissingsboom stelt iemand in staat om op een snelle manier tot een correct besluit te komen in complexe situaties. Door het volgen van een stappenplan en telkens het juiste pad te kiezen kom je tot één correct besluit (zie dashboard).

Bodembedekker
Een gewas geteeld tussen 2 hoofdteelten, meestal om de winter te overbruggen. Het doel van een bodembedekker is om de bodemstructuur te beschermen (verminderde regeninslag en bodembedekking) en om water vast te houden. Bodembedekkers verminderen tevens de uitspoeling van wateroplosbare nutriënten en polluenten naar het oppervlakte– en grondwater.

Bodembewerking
Bodembewerking is het bewerken van de bodem voor het zaaien of planten van gewassen. Traditioneel wordt de bodem geploegd. Bij gereduceerde of geen bodembewerking wordt de bodemstructuur minder of helemaal niet verstoord, wat een positief effect heeft op het waterinfiltratiecapaciteit.

Bodemdoorlatendheid
De bodemdoorlatendheid geeft weer hoeveel water er op een bepaald bodemoppervlak in een bepaalde tijd in een bodemlaag kan infiltreren (Darcy vergelijking)

Bodemtextuur
De bodemtextuur geeft de bodemsamenstelling weer op basis van de aanwezigheid van deeltjes van verschillende grootte (zand, leem, klei)

Bufferstrook
Een bufferstrook is een vegetatieve, niet beteelde strook tussen het gewas en de waterloop om afspoeling of erosie te vermijden.

Bufferzone
Een bufferzone is een onbehandelde al dan niet beteelde strook om verontreiniging door drift van GBM van aangrenzende kwetsbare zones te vermijden.

D

Dashboard
Een dashboard geeft de waarde van enkele sleutelfactoren weer. De gebruiker kan zich op deze waarde baseren om een snelle, correcte en gestructureerde beslissing te nemen zonder alle details te kennen (vergelijk een dashboard van uw auto) (zie beslissingsboom).

Drainage
Drainagesystemen hebben als doel om natte bodems geschikt te maken voor landbouwproductie. Het drainagewater vloeit via ondergrondse buizen naar een gracht of wateroppervlak.

Drempel
Een drempel is een kleine dam, waardoor het afstromende water tegengehouden wordt in het veld. Op die manier kan meer water infiltreren in de bodem en wordt afspoeling beperkt.

Diffuse bron
Een diffuse bron is in de context van landbouwkundige verontreiniging een bron van vervuiling die afkomstig is van het veld. Naast diffuse bron zijn puntbronnen belangrijke bronnen van vervuiling. Deze treden op op het erf en vereisen andere maatregelen.

E

Erosie
Erosie is de verplaatsing van bodemdeeltjes door water of wind.

G

Geconcentreerde afspoeling
Afstromend water verzamelt zich in kanaaltjes of geulen in het veld (b.v. in de thalweg). Naargelang de bodemcondities kan geconcentreerde afspoeling aanleiding geven tot ernstige erosieproblemen.

G

Gewasbeschermingsmiddel (GBM)
Gewasbeschermingsmiddelen: volgens de EU-wetgeving (verordening (EC) 1107/2009), zijn GBM producten die actieve stoffen, beschermstoffen en synergisten (Synergisten zijn stoffen of preparaten die de werking van de werkzame stof(fen) in gewasbeschermingsmiddelen versterken) kunnen bevatten en die: (a) planten of plantaardige producten beschermen tegen schadelijke organismen; (b) plantenprocessen beïnvloeden (bijvoorbeeld groeiregulatoren) maar verschillend zijn van nutriënten; (c) plantaardige producten beschermen; (d) ongewenste planten of plantendelen vernietigen; (e) ongewenste groei van planten voorkomen.

Gewasrotatie
Volgorde van gewassen op een veld (bijv. Tarwe/aardappelen/maïs) of landschap. Een ruime gewasrotatie heeft verschillende positieve effecten, zoals bijvoorbeeld bevorderen van de waterhuishouding en verminderen van de ziekte- en onkruiddruk.

Geulerosie (Rill erosion)
Geulerosie situeert zich tussen intergeulerosie en ravijnerosie. Geulerosie treedt op wanneer geconcentreerd afstromend water de bodemdeeltjes losmaakt en verplaatst, waarbij kleine kanaaltjes tot 30 cm diep worden gevormd.

GLP
GLP staat in dit document voor Goede Landbouw Praktijken. Dit zijn de aanbevelingen en maatregelen om het verlies van GBM naar het oppervlaktewater of andere kwetsbare gebieden te vermijden.

Gracht
Kunstmatig aangelegd afwateringskanaal

Infiltratie
Indringen van water in de bodem. De bodemkarakteristieken bepalen de hoeveelheid water die de bodem kan opnemen. De sleutelfactor hierbij is de infiltratiecapaciteit.

I

Intergeul-afspoeling (Sheet runoff)
Water stroomt oppervlakkig van de helling af zonder zich te concentreren.

Intergeulerosie (Sheet erosion)
Intergeulerosie treedt op als inslaande regendruppels bodemdeeltjes losmaken die door het oppervlakkig afstromend water meegevoerd worden. Hoewel intergeulerosie visueel vrijwel niet zichtbaar is, kan dit leiden tot grote verliezen aan vruchtbare bodem. Enkel wanneer niet erodeerbare elementen aanwezig zijn (bv. stenen) wordt intergeulerosie zichtbaar door de vorming van kleine aardzuiltjes onder de beschermende elementen.

K

Kopakker
Aan weerszijden van het veld is een kopakker. Deze wordt gebruikt om te draaien tijdens bodembewerkingen. De zaai- of plantrichting is dwars op de algemene zaairichting van het veld.

M

Mulch
Oogstresten van een gewas of bodembedekker op de bodem. Deze verminderen de snelheid van het afstromende water op het bodemoppervlak en bevorderen de waterinfiltratie in de bodem.

O

Ondergrondse afspoeling
Horizontale verplaatsing van water in de bodem ten gevolge van een bodemlaag met verminderde doorlaatbaarheid of ondoorlatende bodemlaag (bijv. Klei)

Opvangstructuren
Natuurlijke of kunstmatig aangelegde structuren om het afstromende water en sediment in het afstroomgebied op te vangen.

P

Pesticide
Volgens de EU-wetgeving (Richtlijn 2009/128/EC), omvatten ‘pesticiden’ gewasbeschermingsmiddelen (pesticide gebruikt in de landbouw, zoals beschreven in verordening (EC) 1107/2009) en biociden (pesticiden niet gebruikt in de landbouw, zoals beschreven in verordening 98/8/EC). In dit document verwijst de term pesticiden enkel naar gewasbeschermingsmiddelen.

Puntbron
De term kan op in verschillende domeinen gebruikt worden. In de context van deze brochure is een puntbron elke vervuiling van het oppervlaktewater door GBM tengevolge van handelingen met GBM of defecte apparatuur op het erf (bijv. vermorsingen, lekkende leiding). De factoren kunnen gemakkelijk door de gebruiker gecontrolleerd worden en door correct gebruik, geschikte apparatuur en infrastructuur vermeden worden.

R

Ravijnerosie (Gully erosion)
Extreme erosie in het landschap, gekenmerkt door diepe geulen met steile wanden, die door insnijding steeds dieper worden. Ravijnerosie komt vooral voor op steilere hellingen van meer dan 8%, maar kan ook op minder steile hellingen.

Regenbui
Een periode met regen. In deze brochure is vooral de intensiteit (tijdsduur, hoeveelheid) van de regenbui van belang om afspoeling en erosie te kunnen inschatten.

Rijpaden
Rijpaden zijn stroken zonder gewas waar tractoren/machines over rijden in het veld. Het water kan zich concentreren in rijpaden en bijkomende bodemverdichting kan het risico op afspoeling en erosie verhogen.

S

Substraat
In het kader van de bodemkunde is het substraat het onderliggende gesteente, dat door verwering de bodem gaat vormen.

T

Teelttechniek
De gangbare methode om gewassen te telen in een bepaald gebied. De teelttechniek wordt meestal bepaald door de vraag, de bodem en de klimatologische omstandigheden in het gebied.

Thalweg
Wanneer verschillende hellingen samenkomen, vormen deze een vallei. Een thalweg is de abstracte lijn die de laagst gelegen punten in de vallei met elkaar verbindt. Het woord is afkomstig uit het Duits: Tal (vallei) en Weg (weg, route).

V

Verslempte bodem
Dichtslaan van de bovenste bodemlaag. Treedt vooral op bij bodems met een hoger leemgehalte (>25%). Verslempte bodems zijn zeer gevoelig voor afspoeling en erosie.

W

Wateroppervlak
In deze brochure is een wateroppervlak: Een object dat oppervlaktewater bevat zoals bijvoorbeeld een meer, een stroom, een rivier, een kanaal, een waterloop.

Wetland
Meers of moeras. Soort opvangstructuur.

Deze brochure met GLP is gebaseerd op de kennis en expertise van de TOPPS-prowadis partners en experten, maar ook op wetenschappelijk onderzoek, dat gedurende verschillende jaren door diverse onderzoeksinstellingen werd uitgevoerd. De referentielijst refereert naar de publicaties, die gebruikt werden om deze brochure op te stellen en kunnen gelezen worden als achtergrondinformatie.

Hierbij willen wij onze technische experten bedanken voor hun werk:
Arvalis Institute du vegetal (Boigneville, Frankrijk) voor het delen van hun kennis en ervaring in kader van hun adviseringsmodules Aqua-vallee en Aqua-plaine; en
Irstea (Lyon, Frankrijk) voor hun specifieke expertise in het aanleggen en bepalen van de grootte van grasbufferstroken.

Daarnaast willen wij ook de partners en experten bedanken die de GLP toepasbaar hebben gemaakt in hun specifieke situaties en geholpen hebben om de theoretische kennis om te zetten in een praktisch toepasbare tool.

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 Res., 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. 110 p. Online: 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., and LEARCH R. N. (2000):
Watershed vulnerability to losses of agricultural chemicals: interactions of chemistry, hydrology, and land use. Environ. Sci. Technol. 34, 3315–3322.

BOORMAN, D.B., Hollis, J. M. and 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., and W. van BEINUM (2009):
Pesticide transport via sub-surface drains in Europe. Environmental Pollution. 157, 3314–3324.

CHEN, W., P. HERTL, S. CHEN and D. TIERNEY (2002):
A pesticide surface water mobility index and its relationship with concentrations in agricultural drainage watersheds. Environ. Tox and Chem. 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.

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, JS, WA JURY and GL BUTTERS (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, PS (1978):
Climate, soil and vegetation. 5: A derived distribution of storm surface run-off. Water Resources Research 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. J. Environ. Qual., 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. pp.303–342. Mississippi State University, Starkville, MS.

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.:
Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection. Extension publication EM8561, Oregon State University, 2007, 8 p.

KOVÁ , P.; VAŠŠOVÁ, D.; HRABALÍKOVÁ, M.:
Mitigation of surface run-off and erosion impacts on catchment by stone hedgerows. Soil & Water Res., 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, RA (1990):
Movement of pesticides into surface waters. Chapter 9 in Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts, and Modelling. 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. J. Environ. Qual., 2010 (39), 1441–1450.

LOWRANCE, R.; DABNEY, S.; SCHULTZ, R.:
Improving water and soil quality with conservation buffers. J. Soil Water Conserv., 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.; LÕHUMS, K.; MAURING, T.:
Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. Ecological Engineering, 1997 (8), 299–324.

MCMAHON, T. A.; FINLAYSON, B.:
Global Run-off – Continental Comparisons of Annual Flows and Peak Discharges. CATENA VERLAG, Reiskirchen, 1992, 166 p.

MEALS, D. W.; DRESSING, S. A.; DAVENPORT, T. E.:
Lag Time in Water Quality Response to Best Management Practices – A Review. J. Environ. Qual., 2010 (39), 85–96.

MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP,
(2002), Werk maken van erosiebestrijding, pp 33

NORRIS, V.:
The use of buffer zones to protect water quality – a review. Water Resources Management, 1993 (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), Issue 1, pp. 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), 1-35.

ROBINSON, C. A.; GHAFFARZADEH, 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., and RYCROFT, D.W. (1999):
The impact of drainage on streamflow. Chapter 23 in Skaggs, W. 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. J. Environ. Qual., 2010 (39), 1009–1018.

SHIPITALO, M. J. AND OWENS, L. B.:
Tillage system, application rate, and extreme event effects on herbicide losses in surface run-off. J. Environ. Qual., 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/epublic/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 and R WOODS (2007). Catchment classification and hydrologic similarity. Geography Compass. 1, 901–931.

VLAAMSE OVERHEID, DEPARTEMENT LEEFMILIEU, NATUUR EN ENERGIE, ALBON (2010),
Code van goede praktijk erosiebestrijdingswerken, pp 120

WARD, RC and M ROBINSON (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, pp. 2089–2108.

WISSMAR, R. C.; BEER, W. N.; TIMM II, 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), 17-34.

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

YU, B, U Cakurs and CW ROSE (1998):
An assessment of methods for estimating run-off rates at the plot scale. Transactions of the Am. Soc. Ag. Eng. 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. J. Environ. Qual., 2010 (39), 76–84.

NOTITIES

NOTITIES