Notitie Verkenning Harmonisatie Bufferstroken

Wageningen University & Research

Roel Kruijne, Piet Groenendijk, Johan Bremmer, Co Daatselaar en Marcel Wenneker

28 juni 2025

Inhoud

Woord vooraf 5
Samenvatting 7
1. Inleiding 11
2. Afbakening en opzet van berekeningen in een verdiepend onderzoek 15
3. Gewasbeschermingsmiddelen 17
3.1 Emissieroutes 17
3.1.1 Emissie via spray drift en atmosferische depositie 18
3.1.2 Emissie via drainagebuizen 20
3.1.3 Emissie via oppervlakkige afspoeling 21
3.2 Aanbeveling voor basis-scenario en opties voor verfijning in vervolgonderzoek 22
4. Nutriënten 25
4.1 Resultaten veldstudies en internationale literatuur 25
4.2 Achtergronden 27
4.3 Hydrologische kenmerken 28
4.4 Emissieroutes 31
4.5 Aanbeveling voor basis-scenario en opties voor verfijning in vervolgonderzoek 32
5 Bedrijfseconomische effecten volgens de basis-scenario's 35
6. Gebruik van kaartgegevens 37
7. Aanpak verdiepend onderzoek 39
7.1 Bewerking kaartgegevens 39
7.2 Basis-scenario's waterkwaliteit 39
7.3 Bedrijfseconomische effecten 39
7.4 Opties voor verfijning 39
8 Indicatieve begroting 41
9 Discussie 43
10 Conclusies 47
Literatuur 49
Bijlage: Begrippenlijst 51

Woord vooraf

Om de waterkwaliteit in Nederland te beschermen en te verbeteren zijn er meerdere regels en voorschriften die beperkingen stellen aan het gebruik en het beheer van stroken landbouwgrond die grenzen aan waterlopen. Dit maakt de uitvoering voor zowel de praktijk als overheid en handhaving complex. In 2023 heeft de toenmalige minister van LVVN aangegeven dat hij voornemens is een integraal systeem voor het aanhouden van de teeltvrije zones en bufferstroken op landbouwgrond op te nemen in de regelgeving. Dit leidt tot de behoefte aan een solide wetenschappelijke onderbouwing van de relatie tussen de effectiviteit en de breedte van gewasbeschermingsvrije - en mestvrije stroken langs waterlopen.

In de periode 2023-2024 zijn gesprekken gevoerd tussen Wageningen Environmental Research (WEnR) en de Ministeries van Landbouw, Visserij, Voedselveiligheid en Natuur (LVVN) en Infrastructuur en Waterstaat (IenW), over een mogelijk onderzoek naar een integraal, eenvoudig stelsel van regels voor het aanhouden van teeltvrije zones en bufferstroken. Begin 2024 is voorgesteld om deze vraag in twee fasen te onderzoeken; een verkenning en een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek. Voorliggende notitie is het resultaat van de verkenning. Het doel van dit verkennend onderzoek is om inzichtelijk te maken wat mogelijk en haalbaar is voor een eventueel verdiepend onderzoek naar de effecten van ‘gewasbeschermings- en mestvrije’ stroken op de waterkwaliteit en naar de bedrijfseconomische effecten van het aanhouden van deze stroken.

De review van deze notitie is verzorgd door Ir. Mechteld ter Horst, WEnR Team Environmental Risk Assessment, en door Ir. Erwin van Boekel, WEnR Team Duurzaam Bodemgebruik.

Wageningen, juni 2025

Samenvatting

Deze notitie Verkenning Harmonisatie Bufferstroken is geschreven door Wageningen Research in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselveiligheid en Natuur (LVVN). Het project werd begeleid door een ambtelijke werkgroep met daarin een vertegenwoordiging van het Ministerie van LVVN en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Probleemstelling

Om de waterkwaliteit in Nederland te beschermen en te verbeteren zijn er vanuit meerdere kaders gedetailleerde voorschriften die beperkingen stellen aan het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en mest op teeltvrije zones en bufferstroken langs waterlopen. Dit stelsel van voorschriften maakt de uitvoering voor zowel de praktijk op het boerenerf als voor overheid en handhaving complex.

Doel

Het doel van dit verkennend onderzoek is om inzichtelijk te maken wat mogelijk en haalbaar is in een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek naar de effecten van 'gewasbeschermings- en mestvrije' stroken op de waterkwaliteit en naar de bedrijfseconomische effecten van het aanhouden van deze stroken. Zo'n verdiepend onderzoek heeft tot doel een solide wetenschappelijke onderbouwing te bieden van de effectiviteit van deze stroken, die een afweging mogelijk maakt tussen ecologie en economie bij het bedenken van een integraal, eenvoudig systeem voor het aanhouden van deze stroken.

Aanpak

In deze verkenning zijn de beschikbaarheid en toepasbaarheid van modellen en methoden en de hiaten in de benodigde kennis geïnventariseerd. De aanpak in een eventueel vervolg is beschreven in de vorm van een aantal basis-scenario's met opties voor verfijning en daarbij een indicatie van de kosten.

Voorgesteld wordt om in het verdiepend onderzoek onderscheid te maken tussen basis-scenario's en opties voor verfijning. Een basis-scenario bestaat uit de invoer, een aantal modelberekeningen en modelresultaten. Voor het onderwerp gewasbeschermingsmiddelen worden in de basis-scenario's de emissie (vracht) en de blootstelling (concentratie) als gevolg van spray drift en atmosferische depositie berekend. De invoer omvat een selectie van gewassen en werkzame stoffen die representatief is voor het huidige gebruik, met de vereiste breedte van de huidige teeltvrije zone als referentie, reductieklasse van de spuitdop, en driftreducerende techniek. Voor het onderdeel nutriënten geldt als basis-scenario de opzet die recent door WEnR werd gehanteerd om het effect van bemestingsvrije stoken op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater te kunnen bepalen. In het verdiepend onderzoek worden de uitkomsten gepresenteerd voor het landelijk gewasareaal. Het basis-scenario voor een gewas omvat een aantal varianten van de breedte van de gewasbeschermings- en mestvrije strook. De effectiviteit van deze strook volgt uit een verschilberekening ten opzichte van de referentie. Elke variant levert een punt in een grafiek met de breedte van de strook op de horizontale as en de effectiviteit op de verticale as.

Voor het onderwerp gewasbescherming voldoet de referentiesituatie aan de eisen volgens het Besluit Activiteiten Leefomgeving. Voor het onderwerp nutriënten wordt in deze verkenning ingegaan op het gebruik van ruimtelijke gegevens over de hydrologie, omdat deze omstandigheden bepalend zijn voor de effectiviteit van een gewasbeschermings- en mestvrije strook. Op dit moment zijn de maatregelen van het 7^{e} Actieprogramma Nitraat en van de Derogatiebeschikking 2022

(Uitvoeringsbesluit 2069) leidend. De specificaties van de referentiesituatie in de invoer worden vastgesteld in het verdiepend onderzoek.

Voor gewasbeschermingsmiddelen is een optie voor verfijning om de uitkomsten voor de bijdrage via spray drift en atmosferische depositie aan te vullen met de bijdrage via drainage. Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen is een optie voor verfijning die kan samengaan met het onderwerp nutriënten, door het verbeteren van rekenregels en het inbrengen van informatie over de risico's op de afstroming van water vanaf percelen. De andere opties voor verfijning van de basis-scenario's voor nutriënten zijn een analyse van de gevoeligheid van de effecten voor een alternatieve breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook, en een onderzoek naar emissieroutes waarover minder bekend is of die relatief weinig bijdragen aan de belasting van het oppervlaktewater.

Conclusies

Gewasbeschermingsmiddelen

De beschikbare kennis over de bijdrage van afzonderlijke emissieroutes aan de totale emissie (vracht) en de blootstelling (concentratie) van gewasbeschermingsmiddelen verschilt voor de routes 1) spray drift en 2) atmosferische depositie, 3) afvoer via drainage, en 4) oppervlakkige afspoeling. Voor de watergebonden emissieroutes 3) en 4) geldt dat de resultaten in de internationale literatuur over effecten van bufferstroken in de Nederlandse situatie beperkt toepasbaar zijn.

Er is een sterk afnemend verband tussen de afstand en de emissie van gewasbeschermingsmiddelen via spray drift en atmosferische depositie. Het is mogelijk om het verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie en de blootstelling als gevolg van spray drift en atmosferische depositie te bepalen op basis van kwantitatieve uitkomsten van berekeningen.

Naar verwachting is er een zwak verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie en de blootstelling via drainage. De verhouding tussen de bijdragen van deze drie emissieroutes aan de totale emissie verschilt per stof. Op jaarbasis kan de emissie via drainage veel groter zijn dan de emissie via spray drift en atmosferische depositie. Het is mogelijk om resultaten voor de emissieroute via drainage te combineren met de resultaten voor de emissieroutes spray drift en atmosferische depositie.

Naar verwachting is er een afnemend verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie via oppervlakkige afspoeling. Het ontbreekt echter aan een geschikte methode om de emissie via deze route op landelijke schaal te berekenen. Het is niet mogelijk om de emissies van gewasbeschermingsmiddelen via spray drift en atmosferische depositie, drainage, en oppervlakkige afspoeling in één rekenschema te combineren met het doel om het verband tussen de breedte van zo'n strook en de totale emissie te schatten.

Nutriënten

Uit deze verkenning blijkt dat voor de kwantificering van diffuse belasting van oppervlaktewater met nutriënten het onderscheid in vier emissieroutes van belang is: (1) uitspoeling via het bovenste grondwater; (2) uitspoeling via drainbuizen; (3) afspoeling vanaf het maaiveld; en (4) 'meemesten' van sloten.

Uitspoeling via het bovenste grondwater: De mate waarin nutriënten verticaal naar het grondwater worden getransporteerd is voor stikstof groot en voor fosfaat gering. Voor deze route is het effect

van een gewasbeschermings- en mestvrije strook sterk afhankelijk van de verhouding van de breedte van de strook ten opzichte van de breedte van het perceel en van de hydrologische omstandigheden in de vorm van wegzijging of kwel.

Uitspoeling via drainbuizen: Op gedraineerde percelen stroomt het grootste deel van het neerslagoverschot naar de drainbuizen. Dit water komt niet in contact met de bodem onder een gewasbeschermings- en mestvrije strook en in een dergelijke situatie is het zuiveringseffect van een strook gelijk aan het effect van een verminderde mestgift op een perceel.

Afspoeling vanaf het maaiveld treedt op bij hevige regenbuien en in regenrijke periodes waarin de grondwaterstand ondiep is. Bij oppervlakkige afstroming in de winterperiode is de stikstofconcentratie van water in plassen op het maaiveld en in de bovenste laag van de bodem doorgaans laag ten opzichte van de zomerperiode. Fosfaat kan daarentegen wel met afstromend water en met bodemdeeltjes (erosie) vanuit plassen en door geulen naar het oppervlaktewater worden getransporteerd. Een betrouwbare kwantificering van deze transportroute is nog niet voorhanden. Wel is duidelijk dat een gewasbeschermings- en mestvrije strook het transport naar het oppervlaktewater op jaarbasis vermindert en dat de reductie groter wordt naarmate de strook breder is, of voorzien is van ruigere vegetatie of een infiltratiegreppel. Het belang van oppervlakkige afstroming in de totale emissie van meststoffen naar het oppervlaktewater verschilt voor stikstof en voor fosfor en daarmee kan ook de werking van een gewasbeschermings- en mestvrije strook verschillend zijn voor stikstof en voor fosfor.

Meemesten van sloten door het morsen tijdens mesttransport of tijdens mesttoediening is gering bij een goede landbouwpraktijk, waar ook het gebruik van een goed afgestelde kantstrooier bij hoort. Naarmate een gewasbeschermings- en mestvrije strook breder is, neemt de omvang van deze route nog sterker af.

Gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten samen

In deze verkenning, waarin onderwerpen voor het bepalen van het verband tussen de breedte en de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken zijn samengebracht, is gebleken dat een integraal onderzoek meer tijd voor uitwisseling en overleg vraagt dan oorspronkelijk voorzien.

Voor de kwantificering van het effect van gewasbeschermings- en mestvrije stroken is behoefte aan een gevoeligheidsanalyse en een inschatting van de onzekerheid van bestaande rekenregels waarmee het verband tussen de breedte van de strook en het effect op de belasting van het oppervlaktewater wordt bepaald.

Het mechanisme van het transport via afstroming van water en sediment en afspoeling van stoffen naar oppervlaktewater is voor gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten gelijk. Een verdieping van de kennis over transport en emissie via deze route kan de onderbouwing van het verband tussen de breedte en de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken ten goede komen en kan extra inzicht geven in de mogelijkheden om de inrichting van dergelijke stroken te harmoniseren.

Afhankelijk van de situatie, kan de relatie tussen de breedte en het effect van een gewasbeschermings- en mestvrije strook op de waterkwaliteit voor stikstof en voor fosfaat een andere vorm hebben. Ook voor gewasbeschermingsmiddelen is het effect afhankelijk van de toepassing van middelen in de teelt en van het gedrag van stoffen in het milieu.

1. Inleiding

Deze notitie Verkenning Harmonisatie Bufferstroken is geschreven in opdracht van het Ministerie van LVVN. De voortgang is meerdere keren besproken met een ambtelijke werkgroep met daarin een vertegenwoordiging van het Ministerie van LVVN en het Ministerie van IenW.

Aanleiding

Om de waterkwaliteit in Nederland te beschermen en te verbeteren zijn er meerdere voorschriften die beperkingen stellen aan gebruik van gewasbescherming en/of mest op stroken (landbouw)grond die grenzen aan waterlopen. De breedte van zulke gewasbeschermingsvrije stroken verschilt onder meer per gewas, toedieningswijze, middelkeuze. De breedte en de locatie van de 'mestvrije' stroken die sinds 2023 gelden, naar aanleiding van de voorwaarden uit de derogatiebeschikking en op grond van de conditionaliteiten vanuit het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid, hangt af van het type waterloop, het type talud en de grootte van een topografisch perceel. Hierdoor is een gedetailleerd stelsel ontstaan dat de uitvoering voor zowel de praktijk op het boerenerf als voor overheid en handhaving complex maakt. In 2023 heeft de toenmalige Minister van LVVN daarom in verschillende Kamerstukken aangegeven voornemens te zijn een integraal systeem voor het aanhouden van gewasbeschermings- en mestvrije stroken op (landbouw)grond op te nemen in regelgeving.

Sinds het voornemen om te komen tot integrale bufferstroken is opgenomen in het 7^{e} Actie-programma Nitraat is dit onderwerp in groepen van verschillende samenstelling (verschillende bestuurslagen, interdepartementaal, maatschappelijke organisaties) besproken. In deze sectie is een samenvatting van de discussie gegeven. Bij deze bijeenkomsten waren geen onderzoekers van Wageningen Universiteit en Research aanwezig.

Op die bijeenkomsten is gesproken over welke breedte zo'n strook dan zou moeten hebben, welke aspecten een rol spelen bij het bepalen van de effectiviteit van zo'n strook en welke systemen geraakt worden als de huidige breedtes zouden worden aangepast. Het bleek lastig om op die vragen antwoorden te geven vanwege de vele, soms tegenstrijdige effecten, van of een bredere of een smallere strook. Bij effecten gaat het om zowel de ecologische als bedrijfseconomische effecten van een bepaalde breedte in het nieuwe integrale systeem ten opzichte van het huidige stelsel. De ecologische effecten hebben betrekking op de waterkwaliteit en de biodiversiteit, waarbij de vraag opkomt of rekening gehouden zou moeten worden met niet-doelwit organismen (niet doelwit-planten en niet-doelwit arthropoden). Mogelijke economische effecten zijn opbrengst van de strook of het naastgelegen perceel, gevolg op mestplaatsingsruimte van een strook, afschrijvingskosten van investeringen in spuitapparatuur, emissieschermen en/of plantmateriaal voor meerjarige teelten. Een belangrijk aspect hierbij is dat de huidige toelating van gewasbeschermingsmiddelen onder meer gebaseerd is op de geldende breedtes voor teeltvrije zones. Daarom werd ook gesproken over de vraag of een eventuele wijziging in de breedte van de integrale strook aanleiding zou geven tot herziening van bestaande toelatingen bij een versmalling, of tot nieuwe aanvragen door toelatingshouders bij een verbreding. Dit kan consequenties hebben voor het middelenpakket en ook daar kunnen indirecte economische en ecologische effecten uit voortkomen.

In de discussies in werkgroepen kwamen vragen voorbij over het gebruik van de strook: bepaalt het beheer van de strook (wel of geen gewas, het type gewas) de effectiviteit ervan? Onduidelijkheid bestond ook over de effectiviteit van emissieschermen voor bladmeststoffen en gewasbeschermingsmiddelen, bijvoorbeeld vanwege het risico op afspoeling (vanaf schermen naar oppervlaktewater) in sommige teelten. Ook werden vragen gesteld over de effectiviteit bij bepaalde productiemethoden, met name bij biologische teelten, en of het voor de uitspoeling van meststoffen

überhaupt uitmaakt of een waterloop breed of smal is, en of sprake is van een flauw talud/ecologische oever of niet. Tevens kwam de mate van driftreductie aan de orde. Het gebruik van driftreducerende technieken met een minimumreductie van 95% is reeds gecommuniceerd naar de Tweede Kamer. Het is nog niet duidelijk wat dit voor het middelenpakket betekent en hoe dit zich verhoudt tot breedtes van teeltvrije zones en de emissies als gevolg van drift. De beelden over alle vraagstukken liepen in deze discussies uiteen.

Om een stap voorwaarts te kunnen zetten, is behoefte aan een solide wetenschappelijke onderbouwing van de relatie tussen de effectiviteit en de breedte van de gewasbeschermingsvrije - en mestvrije strook langs waterlopen. Deze informatie kan vervolgens worden gebruikt bij de besluitvorming over een op elkaar afgestemd (integraal) systeem van gewasbeschermings- en mestvrije stroken.

Uit eerste oriënterende gesprekken met onderzoekers over de opzet en reikwijdte van de gewenste solide wetenschappelijke onderbouwing bleek dat de huidige modellen mogelijk niet of nog niet geschikt zijn om de specifieke berekeningen te maken die nodig zijn. Er is bijvoorbeeld geen informatie beschikbaar over de effectiviteit van het aanhouden van een strook langs een flauw talud, of over het verschil in effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken langs bredere of smallere waterlopen. Ook zijn de uitgangspunten en uitkomsten van bepaalde modellen die specifiek zijn ontwikkeld om bijvoorbeeld de emissie en de blootstelling via spray drift als gevolg van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te berekenen, of om de uitspoeling van nutriënten te berekenen, niet zomaar met elkaar te vergelijken. Of deze modellen hebben betrekking op een andere ruimtelijke schaal en situatie langs een waterloop.

Voorgesteld werd, vooruitlopend op een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepende studie en het daadwerkelijk ontwikkelen van een voorstel voor een integraal systeem, eerst een verkennend onderzoek uit te voeren naar de wetenschappelijke mogelijkheden en onmogelijkheden van een verdiepend onderzoek naar de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken langs waterlopen. In dit onderzoek wordt verkend in welke mate met de huidige modellen een solide wetenschappelijke onderbouwing überhaupt mogelijk is en welke mate van representativiteit van de uitkomsten dit oplevert. Het verkennend onderzoek kan vervolgens aangeven welke investering in modellen of aanvullend onderzoek nodig is om de representativiteit van een vervolgonderzoek naar een integraal systeem te vergroten. Ten slotte zou dit verkennend onderzoek kunnen helpen met een aantal politiek inhoudelijke keuzes die moeten worden gemaakt in de uitgangspunten (hoe gaat een vervolgonderzoek eruit zien, wat wordt de scope), voordat een besluit wordt genomen om een vervolgonderzoek naar het berekenen van de effectiviteit van bepaalde breedtes van gewasbeschermings- en mestvrije stroken langs waterlopen op te starten.

Probleemstelling

Om de waterkwaliteit in Nederland te beschermen en te verbeteren zijn er vanuit meerdere kaders gedetailleerde voorschriften die beperkingen stellen aan het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en mest op teeltvrije zones en bufferstroken langs waterlopen. Dit stelsel van voorschriften maakt de uitvoering voor zowel de praktijk op het boerenerf als voor overheid en handhaving complex.

Doel

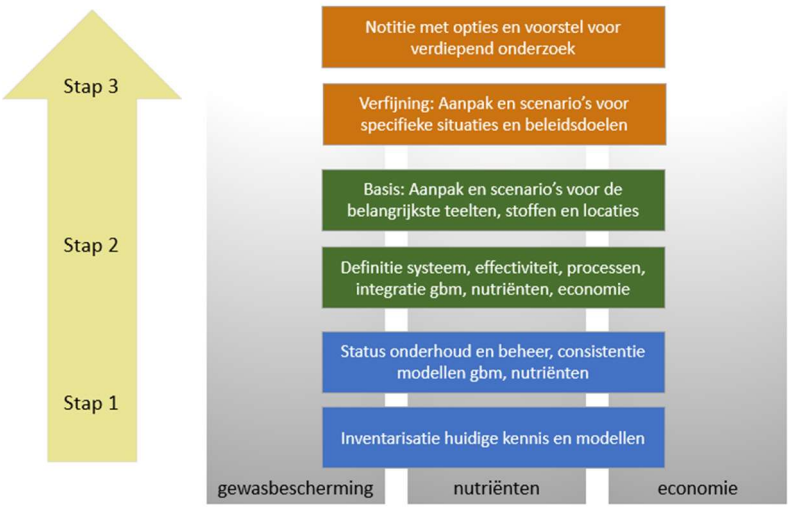
Het doel van dit verkennend onderzoek is om inzichtelijk te maken wat mogelijk en haalbaar is voor een eventueel verdiepend onderzoek naar de effecten van gewasbeschermings- en mestvrije stroken op de waterkwaliteit en naar de bedrijfseconomische effecten van het aanhouden van deze stroken.

Het mogelijke vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek heeft tot doel een solide wetenschappelijke onderbouwing te bieden van de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken, die een afweging mogelijk maakt tussen ecologie en economie bij het bedenken van een integraal, eenvoudig systeem voor het aanhouden van deze stroken.

Aanpak en leeswijzer verkennend onderzoek

De activiteiten van het verkennend onderzoek zijn in drie stappen doorlopen: 1) inventarisatie; 2) afbakening en basis scenario's; en 3) verfijning (Figuur 1). In Hoofdstuk 2 van deze notitie wordt ingegaan op de afbakening van begrippen en de scope en opzet van berekeningen in een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek. In Hoofdstuk 3 en 4 zijn de beschikbaarheid en toepasbaarheid van modellen en methoden en de hiaten in de benodigde kennis over de onderwerpen gewasbescherming en nutriënten geïnventariseerd, en is een voorstel uitgewerkt voor de basis-scenario's. In Hoofdstuk 5 wordt de methode voor berekening van de economische effecten (kosten en baten) van de basis-scenario's beschreven. In Hoofdstuk 6 wordt ingegaan op het verkrijgen en het up-to-date houden van de benodigde kaartgegevens. In Hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de aanpak van een eventueel vervolg in de vorm van het verdiepend onderzoek, en worden de opties voor verfijning van de basis-scenario's benoemd. Hoofdstuk 8 bevat een indicatieve begroting voor de basis-scenario's en voor de opties voor verfijning. In hoofdstuk 9 en 10 zijn de discussie en de conclusies opgenomen.

De uitkomsten van een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek dienen als input voor het Ministerie van LVVN bij het bedenken van een integraal systeem van geharmoniseerde bufferstroken, inclusief de kenmerken en het gebruik van deze gewasbeschermings- en mestvrije stroken.



Figuur 1: Schema met activiteiten van het verkennend onderzoek in drie stappen: 1) inventarisatie; 2) definitie / basis scenario's; en 3) verfijning / specifieke scenario's. De afkorting "gbm" staat voor gewasbescherming-middelen.

2. Afbakening en opzet van berekeningen in een verdiepend onderzoek

Berekeningen in het verdiepend onderzoek dienen voor wetenschappelijke onderbouwing van de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken van verschillende breedten. In deze notitie gebruiken we de termen 'teeltvrije zone' en 'bufferstrook' alleen in relatie tot de regelgeving en verwijzend naar resultaten van eerder onderzoek en literatuur. Voorgesteld wordt om een verdiepend onderzoek alleen betrekking te laten hebben op percelen met landbouwkundig gebruik als onbedekte teelt in de open grond. Een verdiepend onderzoek heeft dan geen betrekking op extensief grasland, bedekte teeltsystemen, pot- en containerteelt, en percelen met niet-landbouwkundig gebruik.

De opzet van de berekeningen voor gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten moet voldoende gedetailleerd zijn om voor de onbedekte teelt in de open grond de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken van verschillende breedten te kunnen bepalen. In deze verkenning is gebruik gemaakt van een voorstel voor selectie van gewassen en werkzame stoffen. Deze selectie is gebaseerd op landelijke cijfers over het gebruik in de Nederlandse land- en tuinbouw (CBS; 2016 en 2020), afzetcijfers (2023), de toelating (situatie begin 2024), en informatie over normoverschrijding in oppervlaktewater (Bestrijdingsmiddelenatlas; meetresultaten periode 2020-2022).

De kleinste ruimtelijke eenheid in de berekening van emissie via spray drift van de werkzame stof van een gewasbeschermingsmiddel omvat het perceel met een teeltoppervlak en een strook langs de rand inclusief de aangrenzende sloot (talud en watervolume; zie Hoofdstuk 3). Voor nutriënten worden vanwege de onzekerheden in de uitkomsten voor een perceel de resultaten van berekeningen uitgedrukt als gemiddelde waarden voor een groter gebied (in de orde van 10 km^2; zie Hoofdstuk 4). Dit soort onzekerheden geldt overigens ook voor de berekening van de watergebonden routes van werkzame stoffen van gewasbeschermingsmiddelen (en eventuele metabolieten). Het boerenerf, interactie met ander oppervlaktewater en/of het grondwater vallen buiten de scope van berekeningen voor gewasbeschermingsmiddelen in een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek.

Voorgesteld wordt om de resultaten voor gewasbeschermingsmiddelen uit te drukken in termen van vrachten en concentraties (Hoofdstuk 3). De resultaten worden opgeschaald naar het landelijk gewasareaal; bij voorkeur met een kalenderjaar als tijdvenster. Nutriëntenoverschotten worden op jaarbasis berekend en nutriëntenconcentraties worden gepresenteerd voor de zomer- en de winterperiode, of als 3-jaars gemiddelde waarde. Het bereik van de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook in de berekeningen voor gewasbeschermingsmiddelen, nutriënten en economie wordt vastgesteld in een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek.

We maken in deze notitie onderscheid tussen de basis-scenario's volgens het voorstel voor selectie van gewassen en werkzame stoffen en een aantal opties voor verfijning. Elk gewas komt overeen met een basis-scenario. Voor gewasbeschermingsmiddelen geldt dat de combinatie van toepassingsmethode en techniek in de referentie voldoet aan de huidige wettelijke voorschriften die tot doel hebben om spray drift en het risico voor waterleven te reduceren. Dit betreft de voor het gewas vereiste breedte van de teeltvrije zone, het gebruik van spuitapparatuur, en de reductieklasse van de spuitdop. Voor specifieke gewasbeschermingsmiddelen met restricties op het Wettelijk

Gebruiksvoorschrift kunnen aanvullende eisen gelden. Ook deze informatie is onderdeel van de invoer. Dit verkennend onderzoek gaat ook over relevante emissieroutes die op dit moment geen onderdeel zijn van de toelating. Elk basis-scenario omvat een aantal varianten van de breedte van de gewasbeschermings- en mestvrije strook. De effectiviteit van zo'n strook volgt uit een verschilberekening. De effectiviteit van een bredere strook wordt uitgedrukt als het verschil tussen de uitkomsten bij een bredere strook en bij een strook met de vereiste breedte.

De volledige specificaties van de invoer worden vastgesteld in een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek. In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op het gebruik in de basis-scenario's van ruimtelijke gegevens over de bodem en hydrologie. De referentiesituatie voor nutriënten wordt vastgesteld in de verdiepende fase op basis van op dat moment geldende wet- en regelgeving.

De selectie bestaat uit de gewassen gras, snijmais, consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, zaaiui, tulp en peer, en uit 54 werkzame stoffen. Dit komt overeen met 79 gewas-stof-combinaties met een toegelaten gebruik. Het voorstel is om voor elk van deze combinaties het middel met het grootste volume gebruik op te vragen bij CBS (gegevens 2024 indien beschikbaar). Het aantal gewas-stof-combinaties kan toenemen naar mate dit middelen zijn op basis van meerdere werkzame stoffen. Tevens wordt nagegaan of er metabolieten van deze werkzame stoffen zijn die via watergebonden routes van gewasbeschermingsmiddelen een bijdrage kunnen leveren aan het risico voor waterleven. Het geheel van deze toepassingen in het rekenschema wordt geacht representatief te zijn voor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de onbedekte teelt in de open grond. Op het Wettelijk Gebruiksvoorschrift staat de minimaal vereiste driftreductie vermeld; soms aangevuld met een specificatie van spuitapparatuur en doptype. De vereiste breedte van de teeltvrije zone geldt voor het gewas, tenzij anders vermeld op het Wettelijk Gebruiksvoorschrift.

3. Gewasbeschermingsmiddelen

Een werkzame stof kan op Europees niveau een toelating krijgen voor gebruik in de gewasbescherming. Vervolgens kunnen per lidstaat middelen op basis van deze werkzame stof worden toegelaten; voor toepassingen met specificaties in termen van behandeld object (gewas, bodem, uitgangsmateriaal, geoogst product), methode, techniek, gewasstadium, dosering, en het aantal toedieningen. In Nederland kan een middel op basis van een werkzame stof die toxisch is voor waterleven worden toegelaten met specifieke, aanvullende eisen ten aanzien van de toepassing. Dit worden restricties genoemd. In Nederland is het Ctgb verantwoordelijk voor de beoordeling en de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden. In dit hoofdstuk wordt een aantal opties voor de berekening van emissieroutes beschreven.

Tekstbox Nationale Milieu Indicator voor gewasbeschermingsmiddelen (NMI 5)
De Nationale Milieu Indicator voor gewasbeschermingsmiddelen (NMI; Kruijne et al., 2012) is door WEnR ontwikkeld in samenwerking met RIVM en PBL, voor de ondersteuning van evaluaties van het duurzaam gewasbeschermingsbeleid van de Nederlandse overheid (EDG2010, GGDOE). De NMI bestaat uit een aantal modules die zijn afgeleid van gedetailleerde (proces)modellen en richtlijnen voor de Nederlandse en Europese toelating. De NMI kan emissies en blootstellingsconcentraties als gevolg van spray drift, atmosferische depositie, en afvoer via drainagebuizen berekenen. De NMI kan zowel rekenen met de vereiste afstand tussen de buitenste dop van de spuitmachine en de insteek van het talud, als met andere waarden voor deze afstand en/of voor de dimensies van de aangrenzende sloot. De NMI invoer omvat de specificaties van toepassingen inclusief de techniek en eventuele restricties, stofeigenschappen, kaartgegevens en emissiefactoren. Dimensies van de aangrenzende sloot zijn beschikbaar per regio. De NMI risico-indicator wordt uitgedrukt als de verhouding tussen de blootstellingsconcentratie in de aangrenzende sloot en de waterkwaliteitsnorm van de stof. In opdracht van het Ministerie van IenW wordt de NMI invoer momenteel uitgebreid met gegevens over de situatie in 2020 en wordt de huidige module voor de afvoer via drainagebuizen vernieuwd. De resultaten van deze nieuwe NMI versie 5 zijn bedoeld voor de Emissieregistratie en voor het Compendium voor de Leefomgeving. *Het voorstel is om de NMI 5 te gebruiken voor de opslag van de invoer in NMI-databases en voor de berekeningen van de basis-scenario's.*

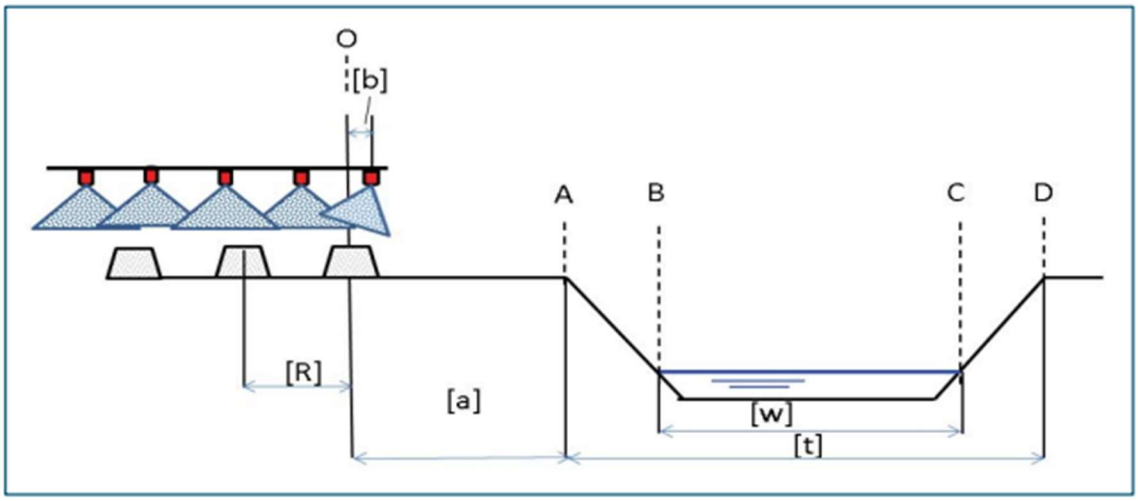
3.1 Emissieroutes

De belangrijkste emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen vanaf percelen zijn spray drift en atmosferische depositie, afvoer van water met daarin opgeloste stoffen via drainagebuizen in scheurende kleigronden, en oppervlakkige afstroming van water met daarin opgeloste stoffen (oppervlakkige afspoeling) (Kruijne et al., 2020ab). In veel gevallen is de berekende vracht via spray drift en atmosferische depositie relatief klein, terwijl de berekende vracht via drainagebuizen relatief groot is. De blootstelling en het risico voor waterleven als gevolg van spray drift en atmosferische depositie zijn relatief hoog omdat er sprake is van een tijdelijke (piek)concentratie met een hogere impact. Op jaarbasis kunnen de blootstelling en het risico voor waterleven als gevolg van emissie via drainagebuizen veel lager zijn. Dit is te verklaren: (1) door de verdunning die optreedt als gevolg van neerslag en afvoer van water via verschillende routes vanaf het perceel en bovenstrooms gebied; en (2) door de verdwijning van de stof als gevolg van afbraak en andere processen in de periode tussen toediening en emissie (PBL, 2019). Oppervlakkige afspoeling vanaf percelen is een proces dat wordt gekenmerkt door sterke variatie in ruimte en tijd. Een geschikte methodiek om de emissie van

gewasbeschermingsmiddelen via oppervlakkige afspoeling landsdekkend te berekenen is niet voorhanden. Wel is een methode beschikbaar om de relatieve kwetsbaarheid van percelen voor de afstroming van water te berekenen op basis van een beperkt aantal theoretische waarden voor de infiltratiecapaciteit aan maaiveld.

3.1.1 Emissie via spray drift en atmosferische depositie

De emissie via spray drift en atmosferische depositie neemt sterk af naarmate de afstand tot de sloot groter wordt. Bij neerwaarts spuiten, meestal zijn dat toepassingen met een volveldspuit, volgt de minimaal vereiste afstand tussen de gewasrand en de insteek van het talud uit de vereiste breedte van de teeltvrije zone (OA; Figuur 2). Voor specifieke middelen geldt een bredere teeltvrije zone (aangeduid als restrictie). De driftdepositie op het wateroppervlak BC volgt uit de techniek (neerwaarts spuiten), de reductieklasse van de spuitdop, de teeltvrije zone (afstand OA), de horizontale afstand van de insteek van het talud tot de waterranden (punt B en punt C), en een correctie voor de gewasgroep ([b] in Figuur 2). Voor de basis-scenario's zijn gemiddelde afmetingen van de aangrenzende sloot beschikbaar voor regio's die homogeen zijn voor wat betreft landschappelijke en hydrologische kenmerken (hydrotypen; zie Figuur 6).

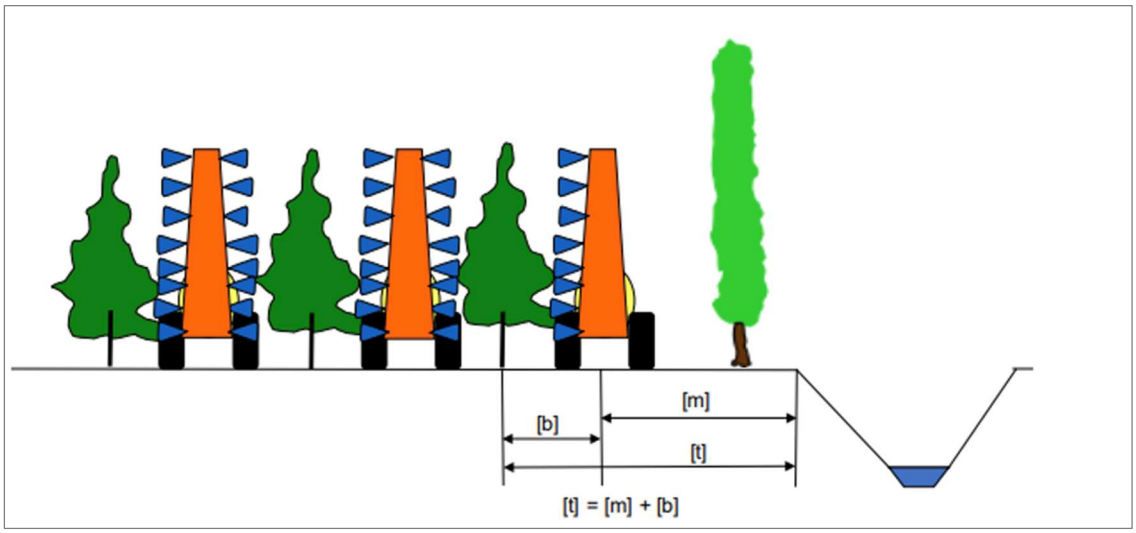


Figuur 2: Model voor de situatie bij neerwaarts spuiten in éénjarige gewassen. De afstand tussen de buitenste spuitdop in punt O en de rand van het wateroppervlak in de aangrenzende sloot (punt B) bestaat uit het deel OA (de teeltvrije zone in de regelgeving) en het deel AB (de horizontale afstand van het talud) en een correctie b voor de positie van de buitenste spuitdop ten opzicht van de rand van het gewas.

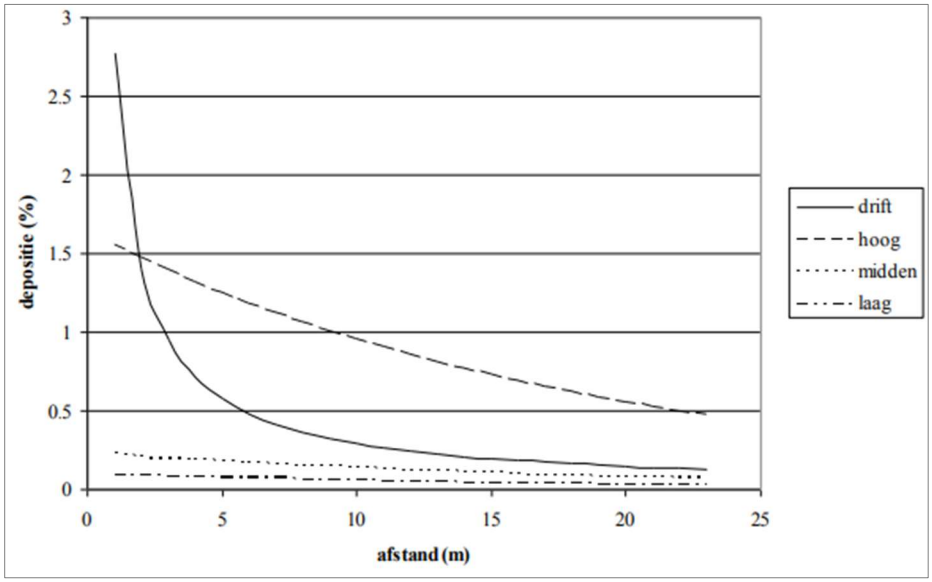
Bij op- en zijwaarts spuiten, dat zijn de meeste toepassingen in fruitbomen en laan- en parkbomen, is de situatie op de rand van het perceel anders dan bij akkerbouwmatige teelt of bij grasland. Bij fruitbomen worden driftcurven gebruikt die gelden in de situatie met een windhaag langs de insteek van het talud en met technieken voor op- en zijwaarts spuiten waarbij de apparatuur tussen de buitenste bomenrij en de insteek van het talud rijdt (Figuur 3). Er zijn ook driftcurven beschikbaar die gelden in de situatie zonder windhaag. Het aanhouden van een windhaag geldt niet als verplichting op percelen zonder aangrenzende sloot; deze situatie lijkt minder relevant voor de vraagstelling.

Spray drift is het transport van druppeltjes spuitvloeistof tot over de rand van het behandeld perceel. Het proces spray drift is onafhankelijk van de stof en de emissie is sterk afhankelijk van de afstand. In Figuur 4 wordt dit verband met de afstand geïllustreerd voor spray drift en atmosferische depositie. Het proces van transport via de gasfase gevolgd door depositie op het wateroppervlak in de sloot wordt atmosferische depositie genoemd. De atmosferische depositie is afhankelijk van de verzadigde

dampdruk van de stof en de emissie is minder sterk afhankelijk van de afstand dan spray drift. Op korte afstand kan de atmosferische depositie van stoffen met een hoge dampdruk bijdragen aan de vracht en het risico voor waterleven. Dit geldt met name voor de groep insecticiden; vaak zijn dit stoffen met een relatief hoge toxiciteit die met een hoge mate van driftreductie worden toegediend (bij gelijke dosering). Het aandeel spray drift neemt dan af ten opzichte van het aandeel atmosferische depositie (zie Figuur 4). Omdat de blootstelling via beide routes gelijktijdig optreedt, worden de uitkomsten voor spray drift en atmosferische depositie bij elkaar opgeteld.



Figuur 3: Model voor de situatie bij op- en zijwaarts spuiten in fruitboomgaard: De afstand tussen de buitenste bomenrij en de insteek van het talud bestaat uit 2 delen: De afstand van de spuitmachine tot de buitenste bomenrij (b) en de afstand van de spuitmachine tot de insteek van het talud (van de Zande et al., 2019, aangepast)



Figuur 4: Schets van het verband tussen spray drift en de afstand (vaste lijn) en van het verband tussen atmosferische depositie en de afstand (onderbroken lijnen) voor werkzame stoffen in drie verschillende klassen voor de verzadigde dampdruk (Van der Linden et al., 2010)

In het model DRAINBOW dat momenteel wordt ontwikkeld voor gebruik in de toelating zijn de emissieroutes spray drift, atmosferische depositie en afvoer via drainpijp opgenomen. De DRAINBOW versie 1.1.1, die geschikt voor de beoordeling van toepassingen in de fruit- en laanbomenteelt met zowel op- en zijwaarts spuiten als neerwaarts spuiten, wordt momenteel door het Ctgb onderworpen aan een uitvoeringstoets, waarna LVVN een beslissing zal nemen over de implementatie. Momenteel wordt gewerkt aan de oplevering van DRAINBOW versie 2.2.2, die een uitbreiding bevat voor toepassingen in veldgewassen met neerwaarts spuiten.

3.1.2 Emissie via drainagebuizen

Voor de emissie via drainagebuizen die onder de gewasbeschermings- en mestvrije strook doorlopen, is de verwachting dat de breedte van deze strook slechts beperkt invloed heeft op de vracht richting de sloot. Het areaaleffect (Sectie 4.2) is min of meer evenredig met de afname van het teeltoppervlak. Het verblijftijdeffect en het onderscheppend effect zijn afhankelijk van de mobiliteit en persistentie van de stof en van de dampdruk en de oplosbaarheid in water.

Emissie van gewasbeschermingsmiddelen via drainagebuizen is afhankelijk van een mix van factoren; zoals stofeigenschappen, grondsoort, gehalte organische stof en voor sommige stoffen bodem pH, grondwaterstand, draindiepte en drainafstand, preferente stroming via macroporiën en/of drainagesleuven, en klimaat. De uitkomsten voor deze emissieroute zijn sterk ruimtelijk variabel. Het model DRAINBOW kan voor een specifieke toelating (werkzame stof en gebruiksvoorschrift) een overall 90-percentiel (zonder verdere beperkingen in het ruimte-tijddomein) voor de blootstellingsconcentratie berekenen voor het landbouwareaal in Nederland. DRAINBOW is niet geschikt om de resultaten te genereren voor de basis-scenario’s van het verdiepend onderzoek. Dit model bevat in feite drie scenario’s (veldgewassen, fruitteelt en laanbomenteelt) die beschermend zijn voor 90% van alle situaties in Nederland. Voor de basis-scenario’s zijn resultaten per ruimtelijke eenheid nodig. De populatie van ruimtelijke eenheden die bijdragen aan het landelijk areaal verschilt per gewas.

De Nationale Milieu Indicator voor gewasbeschermingsmiddelen (NMI) is een instrument dat geschikt is voor de berekeningen van de basis-scenario’s volgens het voorstel (zie Tekstbox NMI 5). In de NMI versie 4 zijn voor een deel van de geselecteerde stoffen indicatieve resultaten voor de emissie via drainagebuizen beschikbaar. Deze emissiefactoren werden voor de Eindevaluatie van de Nota Duurzame Gewasbescherming (EDG 2010) berekend volgens een methode die te beschouwen is als prototype van DRAINBOW (Tiktak et al., 2011ab). In het metamodel dat onderdeel is van de NMI versie 4 ontbreekt het aan emissiefactoren voor de werkzame stoffen die na 2010 op de markt zijn gekomen (en eventuele metabolieten van deze stoffen). Het voorstel is om te inventariseren welke stoffen binnen de selectie bekend staan als zijnde gevoelig voor deze watergebonden emissieroute en welke hiaten er zijn. Als aanvulling op de basis-scenario’s kunnen hiaten in de invoer gevuld worden.

De emissie via laterale uitspoeling via de bodemmatrix in de (on)verzadigde zone is afhankelijk van grotendeels dezelfde factoren en lokale omstandigheden als de emissie via drainagebuizen. In het metamodel worden de uitkomsten voor deze afvoercomponenten bij elkaar opgeteld. Bij de oplevering van het metamodel in de NMI versie 4 werd gerapporteerd dat nader onderzoek naar het gedrag van dit metamodel noodzakelijk is (Kruijne et al., 2012). Momenteel worden de invoer en het metamodel voor drainagebuizen geactualiseerd in het kader van een lopend project in opdracht van het Ministerie van IenW voor de ontwikkeling van een nieuwe NMI versie (zie Tekstbox NMI 5).

3.1.3 Emissie via oppervlakkige afspoeling

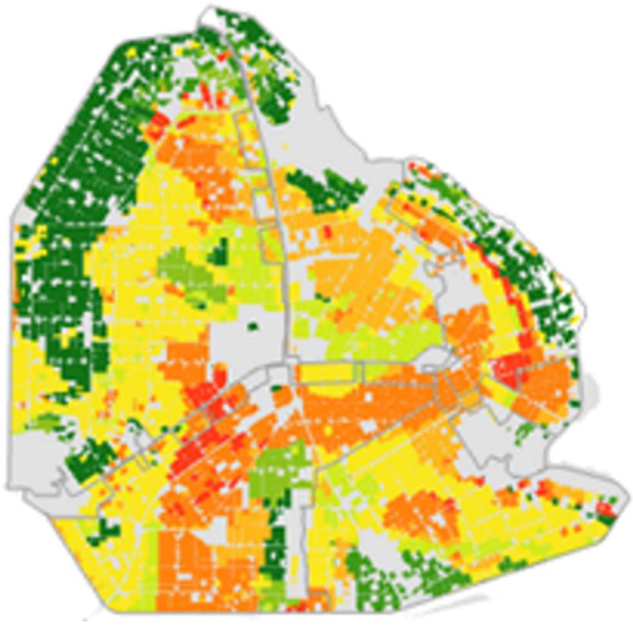
Het is de verwachting dat de breedte en de inrichting van een gewasbeschermings- en mestvrije strook van invloed zijn op het aantal momenten dat afstroming kan plaatsvinden en op het volume afstromend water. Volgens modelsimulaties (Adriaanse et al., 2016) is de concentratie residuen van bepaalde gewasbeschermingsmiddelen (werkzame stoffen en eventuele metabolieten) in een relatief kleine hoeveelheid afstromend water ('*first flush event*') hoger dan in een relatief grote hoeveelheid afstromend water[1]. Dit maakt de frequentie en het volume afstromend water tot relevante indicatoren voor het risico op oppervlakkige afstroming van water, en (indirect) voor de emissie via oppervlakkige afspoeling van stoffen.

Emissie via oppervlakkige afspoeling is afhankelijk van een mix van factoren, zoals de actuele infiltratiecapaciteit aan maaiveld, de toestand van de bovengrond (denk aan grondbewerking), de aanwezigheid van storende lagen in de bodem, stofeigenschappen die het gedrag in het milieu bepalen (vluchtigheid, mobiliteit, persistentie), de praktijk, en het weer. Over afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen vanaf vlakke percelen is relatief weinig kennis beschikbaar. De actuele infiltratiecapaciteit aan maaiveld is de belangrijkste verklarende factor. Het ontbreekt echter aan een dataset en een methode die geschikt zijn voor landelijke berekeningen. In modellen wordt gebruik gemaakt van een beperkt aantal waarden die zijn bepaald in het lab. Voor nutriënten worden de resultaten voor afspoeling en uitspoeling gepresenteerd als *lumped sum* (Hoofdstuk 4).

Het is niet mogelijk om de bijdrage van oppervlakkige afspoeling aan de totale emissie naar de perceelsloot te schatten (Kruijne et al., 2020ab). Het is wel mogelijk om de relatieve kwetsbaarheid voor afstroming te bepalen voor de belangrijkste combinaties van bodemcluster en grondwaterregime. Op theoretische basis levert deze methode inzicht in de relatieve kwetsbaarheid van gebieden aan de hand van de berekende hoeveelheid afstroming en het aantal momenten dat afstroming optreedt (Beltman et al., 2021). De praktijk op de percelen is niet verdisconteerd in deze methode. De methodiek werd toegepast om het effect te schatten van maatregelen die gericht zijn op een vermindering van het risico op afstroming van water en afspoeling van stoffen (Massop et al., 2012; Kruijne et al., 2022; zie ook Figuur 5). Een tekort van deze methode is het gebrek aan gegevens over de actuele infiltratiecapaciteit. In de uitkomsten kan de variatie in de kwatsbaarheid voor uitspoeling tussen percelen met vergelijkbare kenmerken groter zijn dan tussen percelen met verschillende kenmerken.

In de huidige vorm is deze methode niet geschikt voor gebruik in een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek. Uit veldwaarnemingen blijkt dat plasvorming een goede indicator kan zijn voor het optreden van afstroming van water. Dit is een andere benadering die geen gebruik maakt van de infiltratiecapaciteit en die nader wordt onderzocht als optie voor verfijning (Hoofdstuk 7).

[1] Door simulaties met de FOCUS Surface Water Scenario's is de concentratie van stoffen in afstromend water in relatie tot de hoeveelheid afstromend water onderzocht. Voor de meeste stoffen (zeer mobiel tot matig mobiel; sorptie-coëfficiënt K_{om} < 60 L/kg) neemt de berekende concentratie af bij een toenemende hoeveelheid afstromend water. Voor deze stoffen is de berekende concentratie het hoogst bij relatief lage hoeveelheden afstromend water (< 1 mm). Voor zeer weinig mobiele stoffen (K_{om} > 600 L/kg) blijkt de berekende concentratie nauwelijks afhankelijk van de hoeveelheid afstromend water. De emissie via afspoeling is dan evenredig met de hoeveelheid afstromend water.



Figuur 5: Kaart van het theoretisch afspoelingsrisico o.b.v. de berekende hoeveelheid afstroming. Rood is een hoog risico, groen is een laag risico (Noordoostpolder, Actieplan Bodem & Water; in opdracht van Waterschap Zuiderzeeland; 2024)

3.2 Aanbeveling voor basis-scenario en opties voor verfijning in vervolgonderzoek

De beschikbare kennis over de bijdrage van afzonderlijke emissieroutes aan de totale emissie en de blootstelling van het waterleven in de sloot naast het behandeld perceel verschilt tussen de routes spray drift en atmosferische depositie, drainage, en oppervlakkige afspoeling (Tabel 1).

Tabel 1: Vergelijking van de drie belangrijkste emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen; op de aspecten vracht, blootstelling, het soort resultaten, en het verband met de afstand tot de sloot en daarmee de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook.

Emissieroute	Emissie (vracht)	Blootstelling (concentratie)	Resultaten (op landelijke schaal)	Verband met de afstand tot de sloot / de breedte van de strook
Spray drift en atmosferische depositie	Klein	Hoog	Kwantitatief	Zeer sterk
Drainagebuizen	Groot	Laag	Kwalitatief / indicatoren	Zwak
Oppervlakkige afspoeling	Weinig gegevens	Zeer weinig gegevens	Kwalitatief / indicatoren (alleen voor water)	Sterk

Het is niet mogelijk om deze drie emissieroutes in één rekenschema te combineren met het doel om het verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de totale emissie van gewasbeschermingsmiddelen te schatten. Wel is het mogelijk om het verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie (vracht) en de blootstelling (concentratie) als gevolg van spray drift en atmosferische depositie te bepalen. Voor deze route zijn kwantitatieve resultaten beschikbaar. Vanuit het oogpunt van waterkwaliteit is de indicator voor de blootstelling (concentratie) het meest relevant om het verband tussen de breedte en de effectiviteit te presenteren. Het voorstel is om spray drift en atmosferische depositie op te nemen in de basis-

scenario's van het verdiepend onderzoek. Het heeft daarbij de voorkeur om zowel de vracht als de blootstellingsconcentratie te presenteren.

Naar verwachting is er een zwak verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie van werkzame stoffen en eventuele metabolieten via drainagebuizen. Voor bijna alle stoffen geldt op jaarbasis dat de berekende bijdrage van emissie via drainagebuizen aan de totale emissie groter is dan de bijdrage van spray drift en atmosferische depositie. Het voorstel is om de uitkomsten voor het basis-scenario met de emissieroutes spray drift en atmosferische depositie aan te vullen met de bijdrage van de emissie via drainagebuizen. Voor een deel van de stoffen in de selectie ontbreken de emissiefactoren in de huidige NMI 4. Om dit hiaat te kunnen vullen is een optie voor verfijning opgenomen in de begroting.

Naar verwachting is er een sterk verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie van stoffen via afstroming vanaf landbouwpercelen. Op theoretische basis kan de kwetsbaarheid voor afstroming van water en afspoeling van stoffen worden gepresenteerd in kaartvorm. Het ontbreekt echter aan geschikte datasets over de situatie in de praktijk; met name van de actuele infiltratiecapaciteit aan maaiveld. Het is niet mogelijk om resultaten te genereren die geschikt zijn om te combineren met de resultaten voor de andere emissieroutes. Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen is een optie voor verfijning die kan samengaan met het onderwerp nutriënten (Hoofdstuk 4). Een verdiepend onderzoek kan een stap zijn om te komen tot beter inzicht in de afvoer en de emissie via deze route en de relatie met de breedte van gewasbeschermingsvrije – en mestvrije stroken.

4. Nutriënten

De opzet en uitvoering van onderzoek op het gebied van emissies en waterkwaliteit voor gewasbeschermingsmiddelen en voor nutriënten in agrarisch gebied staan veelal op zichzelf. Het aantal integrale studies naar de effecten op beide aspecten van waterkwaliteit, en de uitwisseling van resultaten en ideeën zijn beperkt. Dit maakt deze verkenning en een mogelijk vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek naar het verband tussen de effectiviteit en de breedte van gewasbeschermings- en mestvrije stroken complex.

In dit hoofdstuk wordt de belangrijkste literatuur, en de kenmerken van de geohydrologische situatie besproken. De risicofactoren kunnen bepalend zijn voor de emissieroutes van stikstof en/of fosfor en voor het verband tussen de breedte en de effectiviteit van een gewasbeschermings- en mestvrije strook. In deze verkenning worden enkele algemene verschillen tussen stikstof en fosfor benoemd, zonder in te gaan op de samenhang met de grondsoort, ontwatering, of fosfaattoestand. Aansluitend zijn de opties voor verfijning van de basis-scenario's beschreven.

4.1 Resultaten veldstudies en internationale literatuur

Veldstudies

In Nederland zijn een aantal veldstudies uitgevoerd naar het effecten van bufferstroken:

> Mosbeek: Van der Molen DT, Kruijne R & Uunk JB (1998) Verwijdering van stikstof en fosfor door bufferstroken langs de Mosbeek. Stromingen 4 (2): 27-40.
> Hazelbeek: Hefting MM (2003) Nitrogen transformation and retention in riparian bufferzones. Stikstofomzettingen en –retentie in beekbegeleidende bufferzones. Proefschrift Universiteit Utrecht. (let op: het betreft hier natte bufferstroken)
> Proefveld Vredepeel: Van Beek CL, et al, (2007) Reduced nitrate concentrations in shallow ground water under a non-fertilised grass buffer strip, Nutrient Cycling in Agroecosystems, Volume 79, Issue 1, pp 81–91
> 5 veldlocaties ; Noij et al 2012. Effectiveness of non-fertilized buffer strips in the Netherlands : final report of a combined field, model and cost-effectiveness study. Alterra-rapport 2290

waarvan het onderzoek van Noij et al (2012) het meest uitgebreid was.

Noij et al. (2012) hebben de effectiviteit van droge grasbufferstroken voor typisch Nederlandse omstandigheden onderzocht. De hypothese van het onderzoek was dat door de aanwezigheid van diepe, goed doorlatende bodemlagen en buisdrainage in een groot aantal landbouwpercelen de effectiviteit van bufferstroken in Nederland kleiner is dan internationale onderzoeksresultaten aangeven. De onderzoekers concludeerden dat het effect van droge grasbufferstroken op de vermindering van de uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater verschilt per bodemgroep. Noij et al (2012) geven op basis van modelberekeningen een bandbreedte van 10 – 20% reductie voor een bufferstrookbreedte van 5 meter onder Nederlandse omstandigheden. Dit getal stemt overeen met de bevindingen van Van der Welle en Decleer (2001) die voor Belgische omstandigheden een stikstofzuiveringspercentage van 15% bij een bufferstrookbreedte van 5 meter rapporteerden.

De filterende werking van droge bufferstroken op de afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater is vaak gering, tenzij er sprake is van overwegend ondiepe afvoer (inclusief oppervlakkige afvoer) én er sprake is van fosfaatverzadigde grond. Bufferstroken kunnen wel effectief zijn op fosfaatlekkende gronden met overwegend ondiepe afvoer. Op een hellend perceel

met keileem op geringe diepte in Winterswijk is een reductie van 60% vastgesteld; vanuit de hydrologie kan dit worden gezien als een bovengrens. De fosfaattoestand was daar nog beneden 42% fosfaatverzadigingsgraad (Noij et al, 2012).

In de genoemde studie is niet onderzocht wat het effect is van toenemende breedte van een bufferstrook. Uit de literatuur is een minder dan evenredig effect van een toenemende breedte bekend.

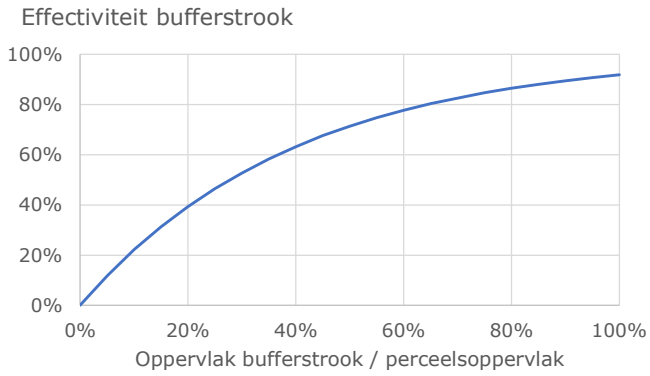
Internationale literatuur

In de internationale literatuur zijn een aantal reviews en meta-analyses verschenen met als onderwerp de effectiviteit van bufferzones. Het gaat in de meeste gevallen om zogenaamde *riparian zones*. Dergelijke *riparian zones* zijn te vergelijken met beekbegeleidende zones met een extensief landgebruik. Enkele studies:

> Mayer, P.M., S.K. Reynolds Jr., M.D. McCutchen, T.J. Canfield (2007). Meta-Analysis of Nitrogen Removal in Riparian Buffers. J. Environ. Qual. 36:1172–1180. https://doi.org/10.2134/jeq2006.0462
>
> Valkama, E., K. Usva, M. Saarinen, J. Uusi-Kämppä (2019), A Meta-Analysis on Nitrogen Retention by Buffer Zones, J. Environ. Qual. 48:270–279. https://doi.org/10.2134/jeq2018.03.0120
>
> Marc Stutter, M., B. Kronvang, D. Ó hUallacháin, J. Rozemeijer (2019) Current Insights into the Effectiveness of Riparian Management, Attainment of Multiple Benefits, and Potential Technical Enhancements. J. Environ. Qual. 48:236–247. https://doi.org/10.2134/jeq2019.01.0020

Op basis van gegevens van een meta-analyse leidde Zhang et al (2010) een eenvoudig model af voor de effectiviteit van een bufferstrook om de stikstof afspoeling te verminderen. Gezocht werd naar een relatie tussen de effectiviteit van een bufferstrook, de breedte, de buffer, de helling, het bodemtype en het type vegetatie. Een model van de vorm Effectiviteit = $K \times (1 - e^{-bw})$ ($0 < K \leq 100$) bleek de effectiviteit als functie van de breedte goed te kunnen beschrijven, waarbij K de maximale verwijderingsefficiëntie van de buffer weerspiegelt, *w* de breedte, en *b* de kans weergeeft om een enkele verontreinigingsdeeltje over een eenheidsafstand te verwijderen. De breedte van de buffer verklaart voor 44 en 35% de verwijderingsefficiëntie voor stikstof en fosfor. De helling van de buffer was lineair geassocieerd met de verwijderingsefficiëntie van sediment. Bufferstroken met als begroeiing bomen hebben een hogere N- en P-verwijderingsefficiëntie dan buffers met als begroeiing gras of een mengsel van gras en bomen. Het bodemtype toonde geen significant effect op de verwijderingsefficiëntie van verontreinigingen. Op basis van hun gegevens concludeerde Zhang et al.(2010) dat een buffer van 30 meter onder gunstige hellingsomstandigheden (≈ 10%) de afspoeling voor meer dan 85% kan verminderen.

De inzichten uit de internationale literatuur niet direct toepasbaar op Nederlandse omstandigheden. Wel universeel toepasbaar is het algemene concept van de relatie van de effectiviteit en de breedte van een bufferstrook (Figuur 8). In een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek wordt het bereik vastgesteld in de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook in de berekeningen van de effectiviteit.



Figuur 8: Illustratie van het verband tussen breedte en de effectiviteit van de bufferstrook. De breedte is uitgedrukt als een relatieve maat en is weergegeven als het oppervlak van de bufferstrook op een perceel gedeeld door het totale perceeloppervlak.

4.2 Achtergronden

Er zijn verschillende mogelijkheden om gewasbeschermings- en mestvrije stroken in te richten. De strook kan in landbouwproductie blijven door de teelt van gewassen die geen bemesting nodig hebben zoals vlinderbloemigen die stikstof uit de lucht kunnen aanwenden voor hun groei en onderhoud. Daarnaast kan de strook een natuurfunctie krijgen. Als tussenoptie tussen landbouw en natuur kan worden gedacht aan permacultuur, die gebruikmaakt van meerjarige gewassen / planten zoals bessenstruiken en fruitbomen, zonder wisselteelt en grondbewerking.

De effectiviteit van een gewasbeschermings- en mestvrije strook op de perceelrand op een niet-gedraineerd perceel wordt in het algemeen door een aantal factoren bepaald:

- De absolute breedte van de strook, en de breedte van de strook ten opzichte van de breedte van het perceel (afstand tussen waterlopen);
- De perceelgemiddelde helling en het perceelreliëf (micro-reliëf);
- De diepte van de waterstroming vanaf het maaiveld door de bodem naar de waterloop. Deze wordt beïnvloed door de diepte van de grondwaterstand; de afstand tussen waterlopen en de opbouw van het geohydrologisch profiel (de ondiepe ondergrond);
- De mate waarin de bodem van een perceel verdicht is waardoor het water minder goed kan infiltreren in de bodem en het risico op het optreden van oppervlakkige afstroming toeneemt. Bij niet-hellende percelen is het risico op het vormen van plassen op het maaiveld hiervoor een goede indicator voor het optreden van oppervlakkige afstroming;
- Het nutriëntengehalte van de bodem en de nutriëntenconcentraties in het bodemvocht van het perceel
- De inrichting en het beheer van de gewasbeschermings- en mestvrije strook.

Voor het inzicht in de invloed van hydrologische factoren op de effectiviteit van bemestingsvrije perceelranden is het nuttig om onderscheid te maken in verschillende typen effecten (Van Bakel et al, 2007):

1. het **areaaleffect**: door het niet meer bemesten van perceelranden blijft een deel van het oppervlak van een perceel onbemest. Dit onbemeste deel heeft minder uit- en afspoeling van nutrienten naar waterlopen dan het bemeste deel. Dit effect is er altijd ongeacht de ligging ten opzichte van de waterlopen.

2. het **verblijftijdeffect**: in een tweedimensionale beschouwing van de stroming van water naar de waterlopen legt het water afkomstig uit het midden van een perceel een langere weg af voordat het een sloot of greppel bereikt (langere stroombanen). Hoe langer de verblijftijd en hoe langer de stroombaan, des te groter de kans is op afbraak en/of vastlegging van nutriënten. De bemeste delen van een perceel langs een waterloop dragen daarom meer bij aan de afspoeling dan de bemeste delen midden op een perceel. Het aanleggen van een gewasbeschermings- en mestvrije strook langs waterlopen heeft daarom voor nutriënten een groter effect op de waterkwaliteit dan alleen het areaaleffect.
3. het **onderscheppend effect**: indien grondwater dat afkomstig is van buiten de bemestingsvrije zone de gewasbeschermings- en mestvrije strook passeert kan de aanwezige begroeiing op deze strook nutriënten opnemen. Bovendien vertraagt deze begroeiing van de strook het watertransport over het maaiveld. Ook andere processen zoals denitrificatie of adsorptie kunnen tot lagere concentraties van stikstof en fosfor leiden. De onderscheppende werking kan alleen optreden als door laterale instroming of capillaire opstijging grondwater afkomstig van buiten de strook de wortelzone van de vegetatie op de bufferstrook kan bereiken. Een andere mogelijkheid van onderschepping is dat oppervlakkig getransporteerde nutriënten de gewasbeschermings- en mestvrije strook instromen en vervolgens infiltreren. Ook kunnen gesuspendeerde bodemdeeltjes via de oppervlakkige afvoer, met daaraan gehecht nutriënten, in de gewasbeschermings- en mestvrije strook achterblijven.

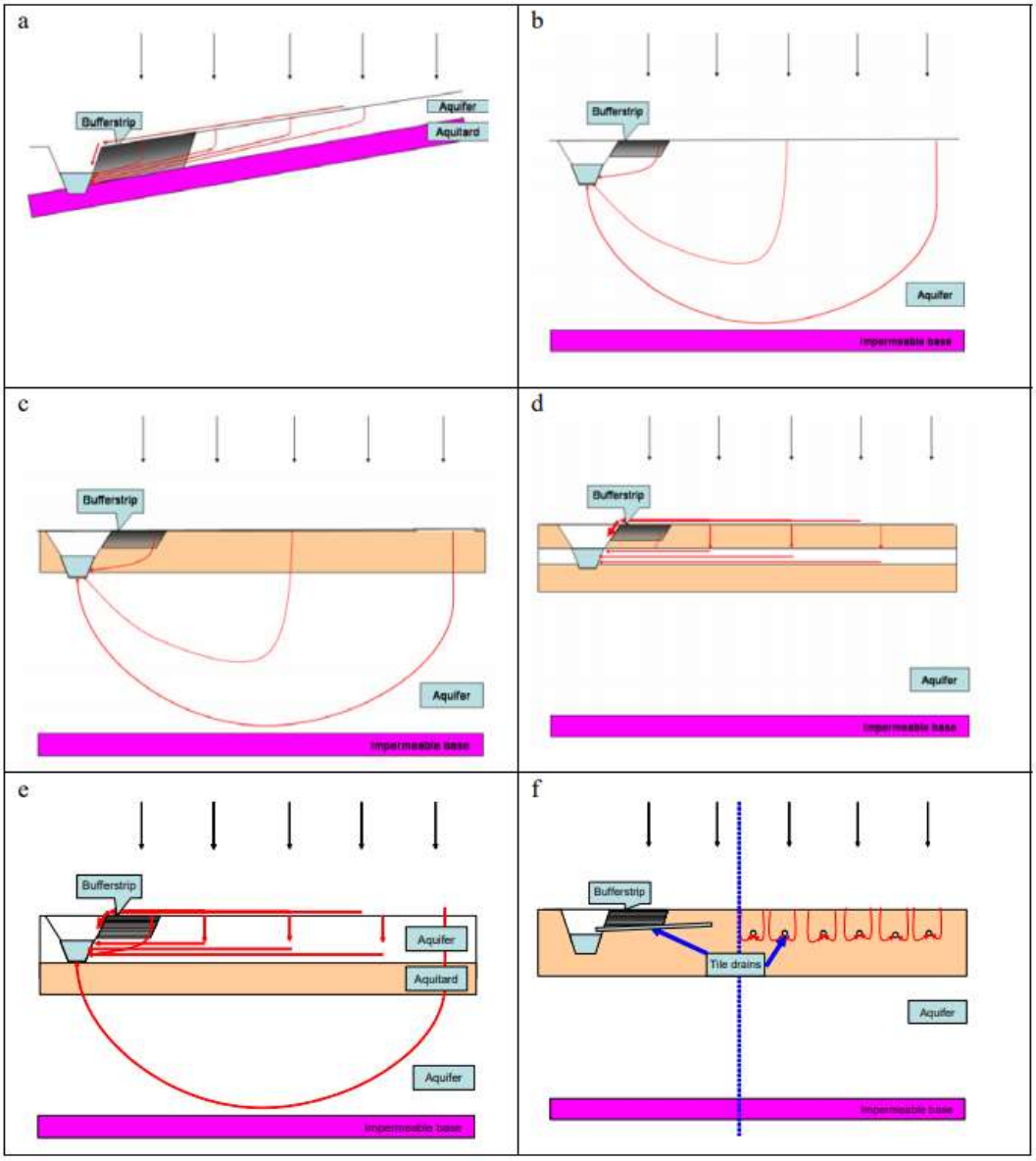
Behalve deze genoemde effecten kan een gewasbeschermings- en mestvrije strook een functie hebben in het beperken van morsverliezen. Bij het transport van organische mest en het toepassen van organische mest en kunstmest is het soms niet te voorkomen dat kleine hoeveelheden in het oppervlaktewater terechtkomen. Het inrichten van een gewasbeschermings- en mestvrije strook draagt bij aan het verder beperken van risico's op morsverliezen.

4.3 Hydrologische kenmerken

Van Bakel et al (2007) onderscheidt zes geohydrologische profieltypen om de grondwaterstroming nabij en onder een gewasbeschermings- en mestvrije strook op de perceelrand mee te karakteriseren:

a) ondiep grondwatersysteem in een hellend gebied
b) diep grondwatersysteem
c) diep grondwatersysteem afgedekt met een slecht doorlatende deklaag
d) Holland profiel in deklaag
e) twee watervoerende pakketten gescheiden door een ondiepe slecht doorlatende laag
f) dikke slecht doorlatende deklaag, veelal gedraineerd

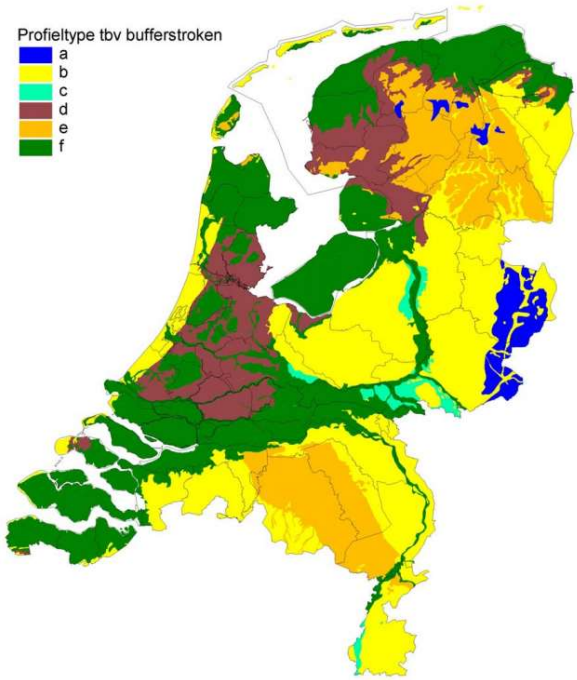
Het stromingspatroon van grondwater door en langs perceelranden is voor deze situaties schematisch weergegeven in Figuur 5. Een kaart van Nederland met de indeling van deze zes profieltypen is te zien in Figuur 6.



Figuur 5: Schematische weergave van zes onderscheiden geohydrologische profielen voor het karakteriseren van de stroombanen van het grondwater (rode lijnen) nabij en onder gewasbeschermings- en mestvrije stroken (bufferstrip). Kenmerken zijn de helling van het perceel (a), de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag (aquitard (orange layers); c, d, e, f) al dan niet in combinatie met buisdrainage (tile drains; f), en de diepte van de hydrologische basis (impermeable base). Bij elk profiel zijn de stroombanen en verblijftijden van het water met daarin opgeloste nutriënten op een andere manier van invloed op de effectiviteit van de bemestingsvrije strook (Bron: Van Bakel et al, 2007).

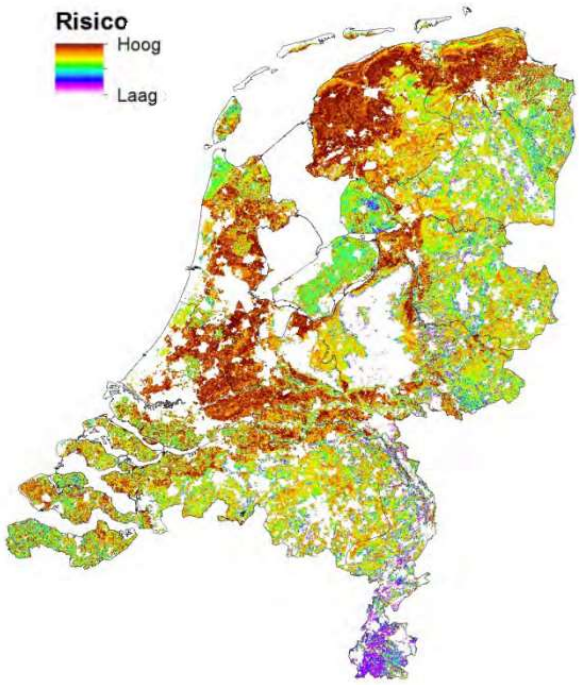
Effectiviteit van de gewasbeschermings- en mestvrije strook wordt voor nutriënten uitgedrukt als vermindering van de nutriëntenvracht door de strook gedeeld door de nutriëntenvracht in de referentiesituatie. Dit getal kan worden uitgedrukt als percentage. Voor een relatie van de effectiviteit met de breedte van de gewasbeschermings- en mestvrije strook wordt in analogie met klassieke drainageformules uitgegaan van de relatieve afstand: te berekenen als B/(½L). Hierin is B de breedte van de bufferstrook en ½L de helft van de breedte van het perceel. Een representatieve waarde voor de afstand tussen waterlopen wordt verkregen door de lengte van alle waterlopen in

een bepaald gebied te sommeren en vervolgens het oppervlak van het gebied te delen door de gesommeerde waterlooplengte. Dit geeft een gemiddeld beeld voor het beschouwde gebied. Deze opschaling is nodig omdat de nauwkeurigheid onvoldoende is om het effect per afzonderlijk perceel te bepalen. We werken met een soort representatieve slootafstand voor een gebied met een omvang in de orde van enkele duizenden hectare. De schaal en grootheid op de x-as worden bepaald in het vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek. Deze gebieden worden geaggregeerd naar landelijke schaal. De berekening hangt samen met de kenmerken van waterlopen en gebieden die hierin worden meegenomen en tevens met het gewas.



Figuur 6: Ligging van de zes geohydrologische profieltypen a t/m f (zie Figuur 5) om de grondwaterstroming nabij en onder bemestingsvrije perceelranden te karakteriseren (bron: Van Bakel et al, 2007).

Voor niet-hellende gebieden is het vormen van plassen op het maaiveld bij hevige of langdurige regenval een indicator voor het risico op oppervlakkige afspoeling van nutriënten (Figuur 7).



Figuur 7: Risico op het vormen van plassen op het maaiveld bij hevige of langdurige regenval (Bron: Massop et al, 2014).

In het algemeen is de grootste effectiviteit van een gewasbeschermings- en mestvrije strook voor nutriënten te verwachten voor:

- hellende gebieden met een ondiep grondwater systeem (gebiedstype a in Figuur 5)
- percelen met een ondiepe grondwaterstand en een ondiepe laag van geringe dikte waardoor het neerslagoverschot wordt afgevoerd (natte veengebieden; gebiedstype d)
- percelen met een hoog risico op oppervlakkige afstroming waarbij een strook met ruigere vegetatie wordt aangelegd

In een eventueel vervolg wordt deze algemene verwachting uitgewerkt in een relatie tussen de effectiviteit en de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook voor nutriënten.

4.4 Emissieroutes

Voor nutriënten geldt in algemene zin dat de samenhang van de koolstof-, stikstof- en fosforkringloop op het perceel, de toediening van verschillende soorten mest (inclusief kunstmest), gewasopname, de aanwezigheid van achtergrondbelasting en atmosferische depositie van invloed zijn op het transport van nutriënten richting oppervlaktewater. Belangrijke emissieroutes van nutriënten vanaf het perceel naar het oppervlaktewater zijn: afspoeling van stoffen in oplossing en transport van stoffen in suspensie met oppervlakkig afstromend water; greppelafvoer op graslandpercelen; uitspoeling via ondiepe grondwaterstroming; en afvoer via drainagebuizen (Tabel 2). Er zijn methoden ontwikkeld om deze bronnen en emissieroutes van nutriënten te combineren in één rekenschema op landelijke schaal; waarbij de deeltermen op de stofbalans zoals afspoeling en uitspoeling bij elkaar worden opgesteld (*lumped sum*).

Van der Salm (2006) bespreekt de resultaten voor een aantal afvoercomponenten afzonderlijk, op basis van een reeks uitgebreide veldmetingen op een graslandperceel op zware klei. Voor zowel voor N als P was de verhouding in de vracht via greppelafvoer en drainagebuizen 3 : 1. Dit soort lokale resultaten zijn niet zonder meer te vertalen naar andere percelen met vergelijkbare kenmerken. Verder staan in Tabel 2 het type concentratie waarin de belasting wordt uitgedrukt en het soort resultaten, en een indicatie van het verband tussen de breedte en de effectiviteit van een gewasbeschermings- en mestvrije strook. Opgemerkt wordt dat het begrip belasting in de literatuur over nutriënten en waterkwaliteit en die over gewasbeschermingsmiddelen en waterkwaliteit betrekking heeft op een ander soort concentraties (zie evt. de Begrippenlijst).

Tabel 2: De belangrijkste emissieroutes van nutriënten; met de vracht en de relatieve verblijftijd, de belasting en het type concentratie (in het zomerhalfjaar ZHJ, winterhalfjaar WHJ, en 3-jarig gemiddelde), het soort resultaten, en het verband met de afstand tot de sloot en daarmee de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook.

Emissieroute [1])	Vracht (verblijftijd)	Belasting (type concentraties)	Resultaten	Verband met de afstand tot de sloot / de breedte van de strook
Afspoeling	N & P (kort)	ZHJ, WHJ, 3-jr voor N en voor P	Kwantitatief (*lumped sum*)	Aanwezig
Greppelafvoer (grasland)				Niet bepaald
Uitspoeling	N & P (lang)			Zwak
Drainage			Kwantitatief	Zwak

Er zijn ook emissieroutes van nutriënten die niet in Tabel 2 zijn opgenomen, bijvoorbeeld omdat er minder over bekend is of omdat een bijdrage aan de effectiviteit van een gewasbeschermings- en mestvrije strook vooral afhangt van de praktijk en de inrichting en het beheer van de strook. Voorbeelden zijn de (indirecte) emissie van bladmeststoffen, het meemesten van de sloten, het optreden van morsverliezen. In een eventueel vervolg kunnen deze mogelijke bronnen in beschouwing genomen worden.

4.5 Aanbeveling voor basis-scenario en opties voor verfijning in vervolgonderzoek

Sinds 2000 is een verplichting van een mestvrijstrook langs waterlopen van kracht. De basis-scenario's in een verdiepend onderzoek gaan uit van de op dat moment geldende wet- en regelgeving. Er wordt gebruik gemaakt van berekeningen volgens de opzet die eerder werd gemaakt in opdracht van het Ministerie van LVVN om de effectiviteit van bemestingsvrije stoken op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater te kunnen bepalen (Van Boekel et al., 2023; Groenendijk et al, 2023). In deze scenario's zijn combinaties van landgebruik, grondsoort, grondwaterklasse, aanwezigheid van buisdrainage, aanwezigheid van keileem, en fosfaattoestand vastgelegd. Een aantal van genoemde factoren kan in een eventueel verdiepend onderzoek anders worden ingevuld. Bovendien worden varianten met een andere breedte toegevoegd aan het rekenschema. Dit hangt samen met de door te rekenen gewassen.

In eerdere studies (Van Boekel et al, 2021; Groenendijk et al, 2023) is gebruik gemaakt van een methode waarmee het oppervlak aan bufferstrook op een perceel werd berekend met een procedure waarin voor alle percelen in het Basis Registratie Percelen bestand werd bepaald welk deel van de omtrek grenst aan een waterloop.

Sinds de verplichting van de mestvrije stroken volgens de Derogatiebeschikking 2022 is door RVO gewerkt aan het intekenen van bufferstroken op de percelen van 'MijnPercelen'. Het verdient de voorkeur om voor een verdiepende studie naar de harmonisatie van gewasbeschermings- en

mestvrije stroken uit te gaan van deze gegevens voor de definitie van de referentiesituatie. Vervolgens worden de rekenregels voor het effect een mestvrije strook op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater toegepast.

Optie voor verfijning van de scenario's voor nutriënten is een verbetering van de huidige methodiek voor het inschatten van het risico van oppervlakkige afspoeling vanaf percelen. In de indicatieve begroting staat deze optie in combinatie met het onderdeel gewasbeschermingsmiddelen.

Opties voor verfijning van de scenario's voor nutriënten:

1. Verfijning en verbetering van de rekenregels door het inbrengen van informatie over de risico's op de afstroming van water vanaf percelen (Aanvulling 2 in Hoofdstuk 7)
2. Analyse van de gevoeligheid van de effecten voor een alternatieve breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook (Aanvulling 3 in Hoofdstuk 7)
3. Onderzoek naar emissieroutes waarover minder bekend is of die relatief weinig bijdragen aan de belasting van het oppervlaktewater. Voorbeelden zijn de (indirecte) emissie van bladmeststoffen, het meemesten van de sloten (Aanvulling 5 in Hoofdstuk 7)

5 Bedrijfseconomische effecten volgens de basis-scenario's

Voorgesteld wordt om in een verdiepend onderzoek de eenheid van de berekening te baseren op het perceel. Er is geen standaard model voor de berekening van kosten en baten van een gewasbeschermings- en mestvrije strook (bufferstrook) voorhanden. We stellen voor om een *partial budgeting* methode toe te passen, waarin de verandering in kosten en (directe) baten ten opzichte van de referentiesituatie kunnen worden bepaald. De economische kosten bestaan uit de vermindering in opbrengst. Daarnaast bestaan de kosten uit vermindering van de mestplaatsingsruimte. De baten bestaan uit de besparing op gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten en eventuele andere directe kosten, zoals brandstof e.d.

De uitwerking hiervan kan plaatsvinden op basis van *desk research*, waarbij gebruik gemaakt wordt van onderzoek dat in het afgelopen decennium heeft plaatsgevonden. Voor zover er geen studies bekend zijn zal dit aangevuld worden met *expert judgement*. Dat zal afhankelijk zijn van de mate waarin differentiatie naar gewas, grondsoort en regio nodig is. Het aantal combinaties en hun relevante kenmerken worden duidelijk zodra de basis-scenario's zijn gedefinieerd en de eerste resultaten beschikbaar zijn. In deze verkenning kan uitsluitend een indicatieve begroting voor de economische effecten van de basis-scenario's gemaakt worden.

Economische berekeningen vinden plaats voor elke variant in de breedte ten opzichte van de referentie (de vereiste breedte volgens de toelating van gewasbeschermingsmiddelen), waarbij keuzes worden gemaakt in:

- Door te rekenen gewassen (Hoofdstuk 2)
- Verschillende grondsoorten en/of regio's
- Het beheer van de strook als teeltvrije en/of gewasbeschermings- en mestvrije zone
- Het aantal varianten voor de breedte van de strook.

In lijn met beide onderwerpen voor de waterkwaliteit, worden de effecten (verandering in kosten en opbrengsten) opgeschaald naar landelijk niveau.

De berekeningen zullen van een toelichting worden voorzien betreffende de uitgangspunten, aannamen, gebruikte data en expertise, en wellicht een eenvoudig rekenmodel.

Het aantal combinaties van een vorm van beheer en breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook is nog niet bekend. Om deze reden is het nog niet mogelijk om opties voor verfijning te benoemen.

6. Gebruik van kaartgegevens

In het verkennend onderzoek zijn de belangrijkste kaarten bekeken in het softwarepakket QGIS. De ervaring leert dat de percelenkaart (BRP) elk jaar wijzigingen vertoont ten opzichte van vorige versies. Denk aan de vorm van percelen, landgebruik- of gewasclassificaties, en attributen van (nieuwe) objecten. In BRP versie 2023 zijn bijvoorbeeld eco-activiteiten en ingetekende waterlopen toegevoegd. Het aantal wijzigingen op kaart verschilt per landschapsregio. De implicaties van zulke toevoegingen voor een eventueel vervolg in de vorm van het verdiepend onderzoek zijn voor Wageningen Research in deze verkenning niet goed in te schatten. Het voorstel is om gebruik te maken van de nieuwste BRP percelenkaart en van de actuele TOP10NL-kaart voor de gegevens over de perceelsloten. Verder is de kaart met LandbouwDeelgebieden bekeken die in het Landelijk Waterkwaliteitsmodel gebruikt wordt, en de kaart met Eco-activiteiten die door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) specifiek voor het project “Doorrekening mestbeleid en effecten op stikstof en fosforbelasting van oppervlaktewater” ter beschikking is gesteld. (De tabel met beheersvormen en eco-functies is specifiek voor het genoemde project verkregen en is op dit moment van schrijven nog niet zonder toestemming voor andere doeleinden te gebruiken.) Andere, aanvullende bronnen zijn de Grootschalige Basiskaart Percelen en de kaart met landschapsregio’s of de kaart met hydrotypen. Dit zijn geohydrologisch uniforme regio’s met gemiddelde waarden voor het dwarsprofiel van de perceelsloten (Figuur 6 in Hoofdstuk Nutriënten).

Voorgesteld wordt om deze kaarten in een verdiepend onderzoek te bewerken tot een ruimtelijke schematisatie die geschikt is om de berekeningen voor zowel gewasbeschermingsmiddelen als nutriënten te doorlopen voor de geselecteerde gewassen. In een verdiepend onderzoek is sprake van (her)gebruik van onderzoeksresultaten en methoden die op verschillende kaartversies zijn gebaseerd. Vanuit beide onderdelen worden deels andere eisen gesteld aan de nauwkeurigheid van kaartgegevens. Vooral de geometrie van objecten langs de perceelrand met sloot is belangrijk. In de aanloop van deze verkenning heeft het Ministerie van LVVN de suggestie gedaan om voor dit onderdeel van het verdiepend onderzoek samen te werken met RVO. Voor een verdiepende studie naar de harmonisatie van bufferstroken zouden we voor de definitie van de referentiesituatie van deze gegevens gebruik willen maken. Hiertoe kan het Ministerie van LVVN een aanbeveling doen aan de data-houders.

Het voorstel is om een expert van WEnR Team Earth Informatics of Team Applied Spatial Knowledge bij dit GIS-onderdeel te betrekken. Deze expert helpt bij het opstellen van het programma van eisen en de specificaties van de gegevensobjecten, en begeleidt de levering van de benodigde gegevens. De reproduceerbaarheid van de uitkomsten van berekeningen in het verdiepend onderzoek wordt geborgd in een technisch document. Er kan een protocol geschreven worden waarin de verschillende stappen in de selectie en bewerking van de gegevensobjecten zijn vastgelegd. Denk aan regels voor het de-selecteren van niet-relevante objecten, het clusteren van objecten, het bepalen van de afstand tussen objecten van verschillende soort (vlak en lijn), en van de maximale afstand die bepaalt wat een aangrenzende sloot is. In de toekomst kan de procedure met een nieuwe versie van de basiskaarten volgens dit protocol herhaald worden.

7. Aanpak verdiepend onderzoek

In dit hoofdstuk worden de onderdelen beschreven die zijn opgenomen in de indicatieve begroting van een mogelijk vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek (Hoofdstuk 8).

7.1 Bewerking kaartgegevens

Ons voorstel is om voor het gebruik van de best beschikbare kaartgegevens samen te werken met RVO en om een expert van WEnR Team Earth Informatics of WEnR Team Applied Spatial Knowledge bij dit onderdeel te betrekken (Hoofdstuk 6). Hiertoe kan het Ministerie van LVVN een aanbeveling doen aan de data-houders.

7.2 Basis-scenario's waterkwaliteit

Voor het onderdeel gewasbeschermingsmiddelen wordt voorgesteld om in het basis-scenario uit te gaan van de emissie via drift en atmosferische depositie (vracht en blootstellingsconcentratie). Het verband tussen de breedte van de strook en de effectiviteit wordt bepaald met driftfuncties voor de situatie met kort gras in de gewasbeschermings- en mestvrije strook. Voor stroken met een specifiek vanggewas zijn onvoldoende gegevens beschikbaar.

Voor het onderdeel nutriënten geldt als basis-scenario de opzet die eerder werd gemaakt door WEnR in opdracht van het Ministerie van LVVN om de effectiviteit van bemestingsvrije stoken op de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater te kunnen bepalen (Van Boekel et al., 2023; Groenendijk et al, 2023). De onderliggende kaartgegevens worden gecontroleerd en onderling in overeenstemming gebracht met die van het onderdeel gewasbescherming in de Nationale Milieu Indicator NMI 5. Het rekenschema wordt aangepast voor het landgebruik en gecombineerd of uitgebreid met varianten voor verschillende breedten.

7.3 Bedrijfseconomische effecten

Economische berekeningen vinden plaats voor ieder van de scenario's ten opzichte van het referentiescenario (gewassen, grondsoort, regio's, de vorm van beheer van de gewasbeschermings- en mestvrije strook, en het aantal varianten voor de breedte van de strook). Op basis van deze notitie is het nog niet mogelijk om opties voor verfijning te benoemen.

7.4 Opties voor verfijning

Voor het onderdeel gewasbeschermingsmiddelen zijn vier opties voor verfijning begroot; voor de watergebonden emissieroutes via de drainpijp en via afstroming, een gevoeligheidsanalyse, en effecten op niet-doelwitorganismen in de gewasbeschermings- en mestvrije strook. Voor het onderdeel nutriënten zijn drie opties voor verfijning begroot; een voor afstroming, een gevoeligheidsanalyse, en een voor 'minder bekende, kleine' routes.

1. Indicatoren voor de emissie en de blootstellingsconcentratie via drainagebuizen. Update van de module die werd ontwikkeld voor de Eindevaluatie van de Nota Duurzame Gewas-bescherming (EDG2010).
2. Indicatoren voor het optreden van afstroming; bv. aantal events en volume; of plasvorming (gewasbescherming en nutriënten)
3. Gevoeligheidsanalyse van de effecten voor de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook (gewasbescherming en nutriënten)
4. Effecten op niet-doelwit organismen: Beschrijvend o.b.v. literatuuronderzoek (gewasbescherming)

5. Onderzoek naar emissieroutes waarover minder bekend is of die relatief weinig bijdragen aan de belasting van het oppervlaktewater (nutriënten).

De resultaten van Optie 1 kunnen toegevoegd worden aan de berekeningen op landelijke schaal volgens de basis-scenario's; op voorwaarde dat een nieuwe versie van deze module tijdig gereed is voor gebruik (zie Tekstbox NMI 5).

8 Indicatieve begroting

Dit hoofdstuk bevat een voorzichtige indicatieve begroting met de onderdelen van de basis-scenario's en vijf opties voor verfijning op basis van het prijspeil 2025 (WEnR intern tarief). Aan deze indicatieve begroting kunnen geen rechten ontleend worden. Het betreft een voorzichtige indicatieve begroting omdat het een integraal onderzoek betreft waarin onderzoeksmethoden voor gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten worden samengebracht op een manier die nog niet eerder is gedaan. Hiermee is rekening gehouden in de post voor overleg over de (tussen)resultaten van de verschillende onderdelen. Deze voorzichtige indicatieve begroting is gebaseerd op eerdere (niet-integrale) studies op het gebied van de waterkwaliteit in agrarische gebieden en op *expert judgement*.

De voorzichtige indicatieve begroting betreft werkzaamheden in het verdiepend onderzoek voor de bewerking van kaartgegevens in samenwerking met bronhouder RVO, het onderdeel gewasbescherming, het onderdeel nutriënten, en het onderdeel economie. Bij elk onderdeel van deze integrale, verdiepende studie is een bedrag opgenomen voor overleg tussen de expertises en voor overleg met een ambtelijke werkgroep.

Deze voorzichtige indicatieve begroting voor de basis-scenario's bedraagt €156.000,-. De indicatie van de kosten van de vijf opties voor verfijning van deze scenario's bedraagt €127.000,- voor de onderdelen gewasbescherming en nutriënten. In totaal bedraagt de voorzichtige indicatieve begroting voor alle onderdelen €283.000,- (bedragen ex. BTW; WEnR intern tarief 2025; ex BTW).

Tabel 3: Voorzichtige indicatieve begroting Verdiepende studie Harmonisatie Bufferstroken. Onderdelen van de basis-scenario's en vijf opties voor verfijning. WEnR Intern tarief 2025 (ex. BTW). Aan deze begroting kunnen geen rechten worden ontleend.

Fase	Onderdeel	Omschrijving	€	€	€
Basis	Kaarten	Specificatie gegevens, overleg WEnR en RVO, bewerken en koppelen met modellen	30000		
		Inzet RVO	-		
	Kaarten	subtotaal		30000	
Basis	GBM	Invoerbestanden maken	15000		
	GBM	Berekeningen drift en atmosferische depositie	8000		
	GBM	Uitkomsten bewerken en opschalen (vracht en belasting)	7000		
	N&P	Afstemmen van de rekenregels voor gewasbescherming en nutriënten	8000		
	N&P	Huidige uitkomsten bewerken en opschalen (belasting)	8000		
	GBM	Rapporteren	16000		
	alle	Overleg met ministeries en evt. andere partijen	10000		
		subtotaal		72000	
Basis	Economie				
		Uitwisselen informatie over breedte stroken, verandering fysieke opbrengst in de stroken, etc. voor de gewassen, grondsoorten en regio's	7500		
		Meedenken bij het opstellen van de basis-scenario's	2500		
		Invoergegevens verzamelen en gereed maken	10000		
		Berekeningen volgens het *partial budgeting* model	15000		
		Rapporteren	10000		

		Overleg met o.a. ministeries en projectpartners buiten WEcR	9000		
		subtotaal		54000	
	Subtotaal	**totaal Basis**			**156000**
Aanv. 1	GBM	Emissie via drainagebuizen			
	GBM	Berekeningen GeoPEARL, afleiden emissiefactoren voor de selectie van stoffen	30000		
	GBM	Uitkomsten bewerken (vracht en belasting)	4000		
	GBM	Samenhang watergebonden route en spray drift & atmosferische depositie; regionale schaal	3500		
	GBM	Rapporteren	5000		
	GBM	Overleg met ministeries	2500		
		totaal Aanv. 1		45000	
Aanv. 2	GWB, N&P	Verfijning en verbetering van de rekenregels over de risico's op afstroming van water vanaf percelen			
	GWB, N&P	Indicator voor oppervlakkige afspoeling; simulaties voor bodemeenheden en voor grasland; update methodiek RUME, IMAP; informatie over plasvorming	22000		
	GWB, N&P	Analyse van de resultaten, implementatie en doorrekenen effecten	8000		
	GWB, N&P	Samenhang risico's op afstroming van water en drift; in plaats en tijd	6000		
	N&P	Samenhang met uit- en afspoeling nutriënten	6000		
	GWB, N&P	Rapportage	7000		
	GWB, N&P	Overleg met ministeries	3000		
		totaal Aanv. 2		52000	
Aanv. 3	GWB, N&P	Gevoeligheidsanalyse van de effecten voor de breedte van een gbm- en mestvrije strook			
		Rekenwerk	7000		
		Rapportage	5000		
		Overleg met ministeries	1000		
		totaal Aanv. 3		13000	
Aanv. 4	NTO's	Effecten op niet-doelwit organismen (NTO's)			
		Literatuuronderzoek	9000		
		totaal Aanv. 4		9000	
Aanv. 5	N&P	Bijzondere emissieroutes nutriënten			
		Inventarisatie van de bronnen, inschatting van het efect van een gbm- en mestvrije strook	8000		
		totaal Aanv. 5		8000	
	Subtotaal	**Vijf opties voor verfijning / aanvulling**			**127000**
	Totaal	**Basis-scenario's en vijf opties voor verfijning**			**283000**

9 Discussie

Om de waterkwaliteit in Nederland te beschermen en te verbeteren zijn er meerdere voorschriften die beperkingen stellen aan gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en mest op stroken landbouwgrond die grenzen aan waterlopen. Er is een gedetailleerd stelsel ontstaan dat de uitvoering voor zowel de praktijk op het boerenerf als voor overheid en handhaving complex maakt. In 2023 heeft de toenmalige minister van LVVN aangegeven voornemens te zijn een integraal systeem voor het aanhouden van gewasbeschermings- en mestvrije stroken op landbouwgrond op te nemen in regelgeving. Dit leidt tot de behoefte aan een solide wetenschappelijke onderbouwing van de relatie tussen de effectiviteit en de breedte van de gewasbeschermingsvrije - en mestvrije strook langs waterlopen. Het beleid kan deze informatie gebruiken bij het samenstellen van een integraal, eenvoudig systeem voor het aanhouden van deze stroken.

Het onderzoek dat gericht is op verbetering van de waterkwaliteit in het agrarisch gebied beperkt zich meestal veelal tot gewasbeschermingsmiddelen of nutriënten. Integrale studies naar beide aspecten van waterkwaliteit zijn minder talrijk. Het doel van dit verkennend onderzoek is om inzichtelijk te maken wat mogelijk en haalbaar is voor een eventueel verdiepend onderzoek naar de effecten van gewasbeschermings- en mestvrije stroken op de waterkwaliteit en naar de bedrijfseconomische effecten.

Selectie van gewassen en stoffen

Voorgesteld wordt om in het verdiepend onderzoek onderscheid te maken tussen basis-scenario's en opties voor verfijning. Een basis-scenario bestaat uit invoer, modelberekeningen voor het landelijk gewasareaal bij verschillende breedten van een gewasbeschermings- en mestvrije strook, en een samenvatting van de resultaten. De opties voor verfijning kunnen leiden tot aanvullende informatie in de vorm van modelresultaten over specifieke emissieroutes, de gevoeligheid van de uitkomsten voor bepaalde invoer, of een literatuuronderzoek. In deze verkenning is gebruik gemaakt van een voorstel voor selectie van gewassen en werkzame stoffen. Deze selectie wordt geacht representatief te zijn voor het huidige gebruik in de onbedekte teelt in de open grond. De selectie is gebaseerd op landelijke cijfers over het gebruik, afzetcijfers, de toelating, en informatie uit de Bestrijdingsmiddelenatlas over normoverschrijding. Aanbevolen wordt om in een eventueel vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek de selectie van werkzame stoffen te actualiseren.

Gewasbeschermingsmiddelen

De beschikbare kennis over de bijdrage van afzonderlijke emissieroutes aan de totale emissie van gewasbeschermingsmiddelen en de blootstellingsconcentraties verschilt voor de routes spray drift en atmosferische depositie, drainage, en oppervlakkige afspoeling. Het is mogelijk om het verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie en de blootstelling als gevolg van spray drift en atmosferische depositie te bepalen. Het proces spray drift is onafhankelijk van de stof en is sterk afhankelijk van de afstand tot de sloot. De resultaten voor deze twee emissieroutes zijn geschikt om het verband tussen de breedte en de effectiviteit inzichtelijk te maken. Vanuit het oogpunt van waterkwaliteit zijn de indicatoren voor de blootstellingsconcentratie het meest geschikt om het verband tussen de breedte en de effectiviteit te presenteren. Zowel de vracht als de blootstellingsconcentratie als gevolg van spray drift en atmosferische depositie zijn onderdeel van de resultaten van een verdiepend onderzoek.

Naar verwachting is er een zwak verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie van werkzame stoffen en eventuele metabolieten via drainagebuizen. De bijdrage van de emissie via drainage aan de totale emissie op jaarbasis is voor de meeste stoffen

groter dan die van de emissie via spray drift en atmosferische depositie. Naast het verschil in de vracht is ook het verloop in de tijd van de blootstelling van het waterleven voor de route drainage en routes spray drift en atmosferische depositie sterk verschillend. Het voorstel is om de resultaten voor de emissieroute spray drift en atmosferische depositie en die voor de emissieroute via drainage te combineren. Dit leidt tot beter inzicht in het verband tussen de breedte en de effectiviteit van de gewasbeschermings- en mestvrije strook.

Naar verwachting is er een sterk verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie van werkzame stoffen via afstroming vanaf landbouwpercelen. Het ontbreekt aan een landsdekkende methode om de emissie via deze route te berekenen. Een belangrijke oorzaak is het ontbreken van gegevens over de actuele infiltratiecapaciteit aan maaiveld. Het onderwerp oppervlakkige afspoeling is als een optie voor verfijning opgenomen in het voorstel. Dit deelonderzoek is gericht op een verdieping van de kennis over afstroming van water en afspoeling van stoffen (gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten) vanaf landbouwpercelen.

Het is niet mogelijk om de emissies via drift en atmosferische depositie, drainage, en oppervlakkige afspoeling in één rekenschema te combineren met het doel om het verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de totale emissie te schatten.

Nutriënten

Voor de kwantificering van diffuse belasting van oppervlaktewater met nutriënten wordt onderscheid gemaakt in:

1) **Uitspoeling via het bovenste grondwater**. Nutriënten worden voornamelijk verticaal meegevoerd met de stroming van het neerslagoverschot naar het ondiepe grondwater waar ze zich kunnen verspreiden. De mate waarin nutriënten verticaal naar het grondwater worden getransporteerd hangt sterk af van de mobiliteit. Stikstof is mobiel, fosfaat is slechts in geringe mate mobiel. Vanuit het bovenste grondwater treedt een deel uit naar oppervlaktewateren. Als sprake is van wegzijging treedt slechts een deel van het neerslagoverschot uit naar het oppervlaktewater. Als sprake is van kwel is de hoeveelheid water die uittreedt naar het oppervlaktewater groter dan het neerslagoverschot. Voor deze route is het effect van een bemestingsvrije strook sterk afhankelijk van verhouding van de breedte van de strook ten opzichte van de breedte van het perceel en de hydrologische omstandigheden. Doordat een deel van het uitstomende water in contact kan komen met de bodem onder de bemestingsvrije strook kan het zuiveringseffect groter zijn dan het effect van een verminderde mestgift op een perceel. Theoretische kennis over de verbanden is voorhanden en wordt toegepast in berekeningen van effecten van bemestingsmaatregelen. Het aantal validaties is gering (Noij et al, 2012) en een gevoeligheidsanalyse voor de toepassing in regionale en landelijke studies ontbreekt nog.

2) **Uitspoeling via drainbuizen**. Op gedraineerde percelen stroomt het overgrote deel van het neerslagoverschot naar de drainbuizen. Dit water komt niet in contact met de bodem onder een bemestingsvrije strook en in een dergelijke situatie is het zuiveringseffect gelijk aan het effect van een verminderde mestgift op een perceel en ook afhankelijk van de verhouding van de breedte van de strook ten opzichte van de breedte van het perceel.

3) **Afspoeling vanaf het maaiveld** treedt op bij hevige regenbuien en in regenrijke periodes waarin de grondwaterstand ondiep is. Het mechanisme van het transport van nutriënten naar oppervlaktewateren is gelijk aan dat van het transport van gewasbeschermingsmiddelen. Bij oppervlakkige afstroming in de winterperiode is de stikstofconcentratie van water in plassen op het

maaiveld en in de bovenste laag van de bodem doorgaans erg laag. Fosfaat kan daarentegen wel met afstromend water en met bodemdeeltjes (erosie) vanuit plassen en door geulen naar het oppervlaktewater worden getransporteerd. Een betrouwbare kwantificering van deze transportroute is nog niet voorhanden. Wel is duidelijk dat een bemestingsvrije strook het transport naar het oppervlaktewater vermindert en dat de reductie groter wordt naarmate de bemestingsvrije strook breder is, of voorzien is van ruigere vegetatie of een infiltratiegreppel. Een verdieping van kennis kan parallel verlopen aan de verdieping van de kennis van het transport van gewasbeschermingsmiddelen via deze route.

4) **'meemesten sloten'** door het morsen tijdens mesttransport of tijdens mesttoediening wordt in de Emissie Registratie beschreven door middel van emissiefactoren. Bij een Goede Landbouwpraktijk, waar ook het gebruik van een goed afgestelde kantstrooier bij hoort, is deze transportroute gering. Naarmate een bemestingsvrije strook breder is, neemt de omvang van deze route nog sterker af. Een verdieping van kennis hierover kan tot uitdrukking komen in een update van factoren in de Emissie Registratie.

Voor de kwantificering van het effect van gewasbeschermings- en mestvrije stroken is in eerste instantie behoefte aan een gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse van de rekenregels waarmee het effect van gewasbeschermings- en mestvrije stroken op de belasting van oppervlaktewater wordt geschat. Een onderdeel hiervan is het bepalen van de strooklengte grenzend aan waterlopen per perceel en de omrekening naar onbemeste strookoppervlakte per perceel.

Kaartgegevens

Modellen die geschikt zijn voor berekeningen op landelijke schaal maken op verschillende manier gebruik van dezelfde basiskaarten. Een van de redenen is dat voor gewasbescherming en nutriënten deels andere vormen van (agrarisch) landgebruik en andere eenheden van de bodemkaart relevant zijn. Er zijn ook verschillen in het gebruik van historische reeksen meteorologische gegevens. Aanbevolen wordt om de doorwerking van deze verschillen in de uitkomsten te onderzoeken. Aanbeveling is om tevens na te gaan in welke mate de resultaten robuust zijn vanuit het oogpunt van klimaatverandering.

Economie

De berekeningen volgens de basis-scenario's hebben betrekking op de gewassen gras, snijmais, consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe, zaaiui, tulp en peer. Het onderwerp economie kan pas uitgewerkt worden zodra bekend is welke mate van differentiatie naar gewas, grondsoort en regio nodig is. Het aantal varianten in het beheer van een gewasbeschermings- en mestvrije strook hangt bovendien samen met (de *range* van) de breedte. Het aantal combinaties en hun relevante kenmerken worden duidelijk zodra de specificaties van de basis-scenario's zijn vastgesteld en de eerste resultaten van een vervolg in de vorm van een verdiepend onderzoek beschikbaar zijn.

10 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn de conclusies van het verkennend onderzoek opgenomen over het onderdeel gewasbeschermingsmiddelen, het onderdeel nutriënten, en beide onderdelen gezamenlijk.

Gewasbeschermingsmiddelen

De beschikbare kennis over de bijdrage van afzonderlijke emissieroutes aan de totale emissie (vracht) en de blootstelling (concentraties) van gewasbeschermingsmiddelen verschilt voor de routes 1) spray drift en 2) atmosferische depositie, 3) afvoer via drainage, en 4) oppervlakkige afspoeling. Voor de watergebonden emissieroutes 3) en 4) geldt dat de resultaten in de internationale literatuur over effecten van bufferstroken in de Nederlandse situatie beperkt toepasbaar zijn.

Er is een sterk afnemend verband tussen de afstand en de emissie van gewasbeschermingsmiddelen via spray drift en atmosferische depositie. Het is mogelijk om het verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie en de blootstelling als gevolg van spray drift en atmosferische depositie te bepalen op basis van kwantitatieve uitkomsten van berekeningen.

Naar verwachting is er een zwak verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie via drainage. Afhankelijk van de stof, kan op jaarbasis de emissie via drainage veel groter zijn dan de emissie via drift en atmosferische depositie. Het is mogelijk om resultaten voor de emissieroute via drainage te combineren met de resultaten voor de emissieroutes spray drift en atmosferische depositie.

Naar verwachting is er een afnemend verband tussen de breedte van een gewasbeschermings- en mestvrije strook en de emissie via oppervlakkige afspoeling. Het ontbreekt echter aan een methode om de emissie van gewasbeschermingsmiddelen via deze route op landelijke schaal te berekenen. Het is op basis van huidige kennis niet mogelijk om de emissies via spray drift en atmosferische depositie, drainage en oppervlakkige afspoeling in één rekenschema te combineren met het doel om het verband tussen de breedte van zo’n strook en de totale emissie te schatten.

Nutriënten

Uit deze verkenning blijkt dat voor de kwantificering van diffuse belasting van oppervlaktewater met nutriënten het onderscheid in vier emissieroutes van belang is: (1) uitspoeling via het bovenste grondwater; (2) uitspoeling via drainbuizen; (3) afspoeling vanaf het maaiveld; en (4) ‘meemesten’ van sloten.

Uitspoeling via het bovenste grondwater: De mate waarin nutriënten verticaal naar het grondwater worden getransporteerd is voor stikstof groot en voor fosfaat gering. Voor deze route is het effect van een gewasbeschermings- en mestvrije strook sterk afhankelijk van de verhouding van de breedte van de strook ten opzichte van de breedte van het perceel en van de hydrologische omstandigheden in de vorm van wegzijging of kwel.

Uitspoeling via drainbuizen: Op gedraineerde percelen stroomt het grootste deel van het neerslagoverschot naar de drainbuizen. Dit water komt niet in contact met de bodem onder een gewasbeschermings- en mestvrije strook en in een dergelijke situatie is het zuiveringseffect van een strook gelijk aan het effect van een verminderde mestgift op een perceel.

Afspoeling vanaf het maaiveld treedt op bij hevige regenbuien en in regenrijke periodes waarin de grondwaterstand ondiep is. Het belang van oppervlakkige afstroming in de totale emissie van meststoffen naar het oppervlaktewater verschilt voor stikstof en voor fosfor en daarmee kan ook de

werking van een gewasbeschermings- en mestvrije strook verschillend zijn voor stikstof en voor fosfor.

Meemesten van sloten door het morsen tijdens mesttransport of tijdens mesttoediening is gering bij een goede landbouwpraktijk, waar ook het gebruik van een goed afgestelde kantstrooier bij hoort. Naarmate een gewasbeschermings- en mestvrije strook breder is, neemt de omvang van deze route nog sterker af.

Gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten samen

In deze verkenning, waarin onderwerpen voor het bepalen van het verband tussen de breedte en de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken zijn samengebracht, is gebleken dat een integraal onderzoek meer tijd voor uitwisseling en overleg vraagt dan oorspronkelijk voorzien.

Afhankelijk van de situatie, kan de relatie tussen de breedte en het effect van een gewasbeschermings- en mestvrije strook op de waterkwaliteit voor stikstof en voor fosfaat een andere vorm hebben. Ook voor gewasbeschermingsmiddelen is het effect afhankelijk van de toepassing van middelen in de teelt en van het gedrag van stoffen in het milieu.

Voor de kwantificering van het effect van gewasbeschermings- en mestvrije stroken is behoefte aan een gevoeligheidsanalyse en een inschatting van de onzekerheid van bestaande rekenregels waarmee het verband tussen de breedte van de strook en het effect op de belasting van oppervlaktewater wordt bepaald.

Het mechanisme van het transport via afstroming van water en sediment en afspoeling van stoffen naar oppervlaktewater is voor gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten gelijk. Een verdieping van de kennis over transport en emissie via deze route kan de onderbouwing van het verband tussen de breedte en de effectiviteit van gewasbeschermings- en mestvrije stroken ten goede komen en kan daarmee extra inzicht geven in de mogelijkheden de inrichting van zulke stroken te harmoniseren.

Literatuur

Adriaanse, P.I., R.C. van Leerdam en J.J.T.I. Boesten, 2016. The effect of the runoff size on the pesticide concentration in runoff water and in FOCUS streams simulated by PRZM and TOXSWA. Science of the Total Environment/STOTEN-21522, 14 pp.

Beltman, W., P. Dik, P. Groenendijk, M. Heinen, H. Massop, M. Mulder, A. Veldhuizen, R. Sur en T. Smit (2021). Modelling effectiveness of two runoff mitigation measures in the Netherlands. Poster presentation, SETAC EUROPE2021, 3-6 May 2021.

Besluit Activiteiten Leefomgeving, Artikel 4.723 en Tabel 4.723d, laatste wijziging 1 jul 2025. https://wetten.overheid.nl/BWBR0041330/2025-01-01

Groenendijk, P., T. Cals, J. Kros, L.V. Renaud, J.C. Voogd, 2023. Effecten van de afbouw van mestderogatie op emissies van ammoniak en broeikasgassen en op waterkwaliteit. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3274.

Kruijne, R., M. Wenneker, M. Montforts, J. de Weert & A. van Loon (2020a). Analyse van de bijdrage van verschillende emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen aan de waterkwaliteit. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (Stowa), Amersfoort, Kennisimpuls Waterkwaliteit, Rapport 2020-12, 107 p.

Kruijne, R., van Loon, A., Montforts, M., Tiktak, A., de Weert, J. & Wenneker, M., (2020b). Een inventarisatie van emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater en grondwater. Stichting toegepast Onderzoek Waterbeheer (Stowa), Amersfoort, Deltafact, 10 p. 535581 (wur.nl)

Kruijne, R., M. Wenneker, S. Houben, M. Montforts, W. Beltman en J. Vlaming, 2022a. Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater. Deltafact, Stowa, Amersfoort. Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater | STOWA

Kruijne, R., M. Wenneker, W. Beltman & S. Houben, 2022b. Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen: Achtergronddocumentatie bij de tool IMAP: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (Stowa). Amersfoort, Kennisimpuls Waterkwaliteit, Rapport 2022-34

Massop, H.T.L., J. Clement en C. Schuiling, 2014. Plassen op het land: een landsdekkende kaart van potentiële risicolocaties voor oppervlakkige afspoeling. Alterra-rapport 2546. (http://edepot.wur.nl/313588)

Noij, I.G.A.M., M. Heinen and P. Groenendijk, 2012. Effectiveness of non-fertilized buffer strips in the Netherlands. Final report of a combined field, model and cost-effectiveness study. Wageningen, Alterra, Alterra report 2290.

PBL, 2019. Geïntegreerde gewasbescherming nader beschouwd - Tussenevaluatie van de nota Gezonde Groei, Duurzame Oogst. Planbureau voor de leefomgeving, Den Haag)

Tiktak, A., P.I. Adriaanse, J.J.T.I. Boesten, J. Delsman, C. van Griethuysen, M.M.S. van ter Horst, J.B.H.J. Linders, A.M.A. van der Linden en J.C. van de Zande, 2011a. Edge-of field scenarios for exposure of water organisms in the Netherlands. Part 1: Field crops and downward spraying. RIVM report 607407002.

Tiktak, A., P.I. Adriaanse, J.J.T.I. Boesten, R.F.A. Hendriks and A.M.A. van der Linden, 2011b. Leaching of Plant Protection Products to field ditches in the Netherlands - Development of a PEARL drain pipe scenario for arable land. RIVM Report 607407003.

Van Bakel, J., H. Massop, en A. van Kekem. 2007. Selection of locations for research on unfertilized buff er strips: Hydrological and pedological characterization of the experimental locations. (In Dutch.) Alterra Rep. 1457. Alterra, Wageningen, the Netherlands.

Van Boekel, E.M.P.M., P. Groenendijk, J. Kros, L.V. Renaud, J.C. Voogd, G.H. Ros, Y. Fujita, G.J. Noij en W. van Dijk, 2023. Effecten van maatregelen in het Zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn: Milieueffectrapportage op planniveau. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3108.

Van der Linden. A.M.A., R. Kruijne, A. Tiktak en M.G. Vijver, 2012. Evaluatie van de nota Duurzame Gewasbescherming, Deelrapport Milieu, RIVM Rapport 607059001/2012

Van der Salm, C., J. Dolfing, J.W. van Groenigen, M. Heinen, G. Koopmans, J. Oenema, en A. van den Toorn, 2006. Monitoring van nutriëntenemissies op een melkveehouderijbedrijf in Waardenburg - Diffuse belasting van het oppervlaktewater met nutriënten vanuit grasland op een zware kleigrond. STOWA, Utrecht, Rapportnummer 2006-12, 90 p.

Zhang, X., X. Liu, M. Zhang, R.A. Dahlgren en M. Eitzel, 2010. A Review of Vegetated Buffers and a Meta-analysis of Their Mitigation Efficacy in Reducing Nonpoint Source Pollution. Journal of Environmental Quality, Vol. 20, Issue 1, pp. 76-84.

Bijlage: Begrippenlijst

Perceel

De strook tussen de insteek van het talud en de gewasrand is onderdeel van het perceel. De insteek van het talud geldt als de rand van het perceel.

Gewasbeschermings- en mestvrije strook

Een permanent aangehouden strook van een bepaalde breedte in het nog te ontwikkelen integrale stelsel. Om de waterkwaliteit te beschermen, worden op deze strook geen gewasbeschermingsmiddelen toegediend en wordt geen mest toegediend.

Bufferstrook

Een bufferstrook ligt op landbouwgrond en begint vanaf de insteek van een waterloop (met uitzondering van een flauw talud). De term 'bufferstrook' gebruiken we alleen in relatie tot de regelgeving.

Teeltvrije zone

Een strook vanaf de insteek van het talud tot aan de rand van het gewas of aan de hartlijn van de buitenste gewasrij (geen uitzondering van een flauw talud). De term 'teeltvrije zone' gebruiken we alleen in relatie tot de regelgeving.

Belasting

De concentratie werkzame stoffen of metabolieten van gewasbeschermingsmiddelen in de aangrenzende sloot (maximum piekconcentratie en maximum tijdgewogen concentratie over een periode van 21 dagen; op jaarbasis)

De nutriëntenconcentratie in het oppervlaktewater (in het zomerhalfjaar, in het winterhalfjaar WHJ, of het 3-jarig gemiddelde)

Emissie

De hoeveelheid (vracht) van stoffen naar de aangrenzende sloot (uitgedrukt in kg).