

OPPERVLAKKIGE AFSPOELING VAN GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN: achtergronddocumentatie bij de tool IMAP

▶▶ KIWK 2022-34



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT

▶▶ KIWK IN HET KORT

Dit rapport is geschreven in het kader van het project **Gewasbescherming** van de Kennisimpuls Waterkwaliteit.

In de Kennisimpuls werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstituten aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders en andere partijen de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Kennisimpuls Waterkwaliteit.

Beter weten wat er speelt en wat er kan.

▶▶ COLOFON

Opdrachtgever

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK)

Auteurs

Auteurs Roel Kruijne (WUR, WEnR), Marcel Wenneker (WUR, BU Open Teelten), Wim Beltman (WUR, WEnR), Saskia Houben (WUR, BU Open Teelten)

Gebuikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Gewasbescherming

Aaldrik Tiktak	Planbureau voor de Leefomgeving, voorzitter
Maarten van der Ploeg	RIWA
André Bannink	RIWA
Rosa Sjerps	Oasen
Dennis Kalf	Rijkswaterstaat WVL
Marian van Dongen	Waterschap Hunze en Aa's
Anton Dries	Provincie Drenthe
Annette Beems	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Joan Meijerink	Waterschap Zuiderzeeland
Coen van Dijk	Waterschap Rivierenland
Arina Nikkels	Waterschap Vallei en Veluwe
Niels Lenting	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Klaas Jilderda	Nefyto
Janco van Gelderen	Provincie Utrecht
Matthijs ten Harkel	Provincie Noord Brabant
Jaco van Bruchem	LTO
Petra Geenen	Ctgb

Vormgeving

Shapeshifter.nl | Utrecht

STOWA-rapportnummer

2022-34

ISBN

978.90.5773.933.4

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is kosteloos verkrijgbaar.

Disclaimer

Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteur(s) en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

▶▶ VOORWOORD

Geachte lezer,

In de Delta Aanpak Waterkwaliteit zijn aanvullende maatregelen geformuleerd die ervoor moeten zorgen dat de waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 gehaald worden. Naast de uitvoering van de verschillende maatregelen is kennis nodig om tot een effectieve verbetering van de waterkwaliteit te komen. Sinds 2018 krijgt dit vorm in de Kennisimpuls Waterkwaliteit (KIWK). Eind 2017 heeft een vertegenwoordiging van belanghebbenden negen prioritaire kennisbehoeften geformuleerd voor de KIWK. Eén daarvan betreft het inzicht welke emissieroutes de oorzaak zijn van waterkwaliteitsproblemen met gewasbeschermingsmiddelen. De doelstelling van het onderzoek in het thema *Gewasbescherming, minder naar het water*, is dan ook om de belangrijkste emissieroutes in kaart te brengen en van daaruit aangrijpingspunten voor emissiereductie te identificeren.

Een van de kennishiaten betreft de emissie van gewasbeschermingsmiddelen via oppervlakkige afspoeling vanaf percelen. De rapportage over dit onderdeel van het onderzoek bestaat uit twee Deltafacts en voorliggend achtergrondrapport. In dit rapport is beschreven welke beschikbare kennis en bestaande gegevensbestanden zijn gecombineerd in een tool voor telers en adviseurs. De inzichten in dit rapport vormen de basis voor de tool IMAP, die de teler ondersteunt bij het maken van een afweging tussen maatregelen om afstroming van water en emissie van gewasbeschermingsmiddelen via oppervlakkige afspoeling vanaf hun percelen te verminderen. Het onderhavige rapport en de Deltafacts zijn goedgekeurd door de gebruikerscommissie van het thema *Gewasbescherming, minder naar het water*.

Dit rapport bevat een uitgebreide samenvatting en de achtergronddocumentatie van de tool IMAP (*Inzicht in Maatregelen tegen Afspoeling van Middelen vanaf Percelen*). De tool helpt om het bewustzijn van de risico's op afstroming en afspoeling te vergroten en om passende maatregelen te vinden om het probleem aan te pakken. De kaarten geven een gedetailleerd beeld van de risico's en de verklarende factoren van het geselecteerde perceel. IMAP bevat informatie over ca. 265.000 percelen die volgens de Basisregistratie Gewaspercelen van 2020 in gebruik zijn voor de open teelt van éénjarige gewassen. In IMAP is informatie beschikbaar over een lijst met maatregelen met verschillende invalshoeken. Deze maatregelen zijn geformuleerd door een team van experts uit de praktijk. De gebruiker van de tool is de teler of de adviseur die bekend is met de situatie van het perceel. De tool wordt gehost op het platform www.farmmaps.eu/nl en is gratis en vrij te gebruiken.

Een laagdrempelige introductie tot het onderwerp emissie via oppervlakkige afstroming vanaf percelen en tot het gebruik van IMAP om de risico plekken van een specifiek perceel te kunnen bestuderen, is beschikbaar in de vorm van een eLearning module (<https://youtu.be/K4ar1Sqm6bw>).

Aaldrik Tiktak

Voorzitter gebruikerscommissie Gewasbescherming

►► SAMENVATTING

In het oppervlaktewater worden structureel resten van gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen in concentraties die de waterkwaliteitsnormen overschrijden. Als onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater verstevigen de kennisinstituten onder de paraplu van de Kennisimpuls (KIWK) de onderlinge samenwerking. Het doel is de ontwikkeling van efficiënte oplossingen voor waterkwaliteitsproblemen op verschillende ruimtelijke schalen. Bestaande kennis wordt beter ontsloten, inzichtelijk en praktisch toepasbaar gemaakt. Hierbij werken de kennisinstellingen nauw samen met adviesbureaus, en met belanghebbenden en deskundigen uit de regio en van het Rijk.

In Fase 1 van het KIWK-thema Gewasbeschermingsmiddelen is de bestaande kennis over de bijdrage van verschillende emissieroutes in kaart gebracht en zijn de kennislacunes benoemd. Het blijkt dat er nog onvoldoende perspectief is op een kwantitatief inzicht in alle emissieroutes en daaraan te koppelen maatregelen voor emissiereductie en verbetering van de waterkwaliteit. De Gebruikerscommissie heeft in 2020 opdracht gegeven een 'tool' te ontwikkelen voor telers die belangstelling hebben voor maatregelen om de emissie via oppervlakkige afspoeling vanaf hun perceel te verminderen. De rapportage over dit onderdeel van Fase 2 bestaat uit twee Deltafacts en een technische rapportage. Het onderwerp van deze voorliggende rapportage betreft: 1) de risico-kaarten van afstroming van water en afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen vanaf landbouwpercelen in de tool IMAP; 2) de validatie van de risico-kaarten door middel van een veldonderzoek in twee pilotgebieden; en 3) opties voor maatregelen om de emissie via afspoeling te reduceren, die het beste passen binnen het handelingsperspectief en geschikt zijn als *Good Practice* voor telers.

De tool IMAP - Inzicht in Maatregelen tegen Afspoeling van Middelen vanaf Percelen

Dit onderdeel van Fase 2 is uitgevoerd onder leiding van Wageningen Environmental Research en Wageningen Plant Research, in samenwerking met Envista Consultancy, akkerweb, Deltares, Delphy en het Centrum voor Landbouw en Milieu. Het programma van eisen maakt onderscheid tussen de stakeholders van het project en de eindgebruikers van de tool. De eindgebruiker is de teler of adviseur, die bekend is met de situatie van het perceel. De tool wordt gehost op het platform Farmmaps. De tool heeft een gedeelte met kaarten en een gedeelte met maatregelen. Het kaartgedeelte omvat een aantal perceelkenmerken en kaarten van risico-indicatoren en verklarende factoren van een perceel. De risico-kaarten zijn:

1. de risico-index voor oppervlakkige afstroming van water in de wintersituatie,
2. de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem,
3. de beschikbare ruimte voor berging van water op het maaiveld,
4. het afstromingspatroon van water over het maaiveld (zomersituatie),
5. de afstroompunten op de rand van het perceel met een sloot, en
6. de kaart van het risico op ondergrondverdichting.

Een sessie in de tool heeft betrekking op één perceel. De risico-kaarten van het geselecteerde perceel zijn het resultaat van vooraf uitgevoerde berekeningen. De kaarten geven de gebruiker inzicht in de kwetsbare plekken op het geselecteerde perceel en dienen als hulpmiddel bij het maken van een afweging tussen verschillende soorten maatregelen. Er zijn risico-kaarten beschikbaar voor ca. 265 duizend percelen met een éénjarig gewas in de open teelt volgens de BRP versie 2020. De resultaten voor het geselecteerde perceel worden gedurende een sessie in IMAP opgevraagd en getoond aan de gebruiker.

In expert meetings en interviews met stakeholders/experts, adviseurs en telers zijn passende en haalbare maatregelen besproken om de afstroming van water en de emissie door afspoeling vanaf percelen te verminderen. Het resultaat is een 'groslijst' van maatregelen die zijn ondergebracht in categorieën die elk voor een andere aanpak staan. De grondsoort, het grondwaterregime en het gewas op het geselecteerde perceel bepalen welke maatregelen op het scherm worden getoond. Bij elke kaart en elke maatregel is een korte toelichting beschikbaar. Voor een aantal maatregelen is bovendien een cijfer beschikbaar van de effectiviteit; de reductie van de hoeveelheid afstromend water ten opzichte van de referentie zonder maatregel. Deze cijfers zijn verkregen uit de resultaten van berekeningen met het bodemhydrologisch model SWAP, voor de meest gangbare combinaties van bodemtype, grondwaterregime en gewas. Uit deze resultaten blijkt dat de effectiviteit

van de reductiemaatregel microdammen in aardappelruggen beduidend lager is dan de effectiviteit van de twee andere reductiemaatregelen; buffering van water langs de rand van het perceel; en verbetering van de infiltratie van water in de bodem. Deze cijfers van de effectiviteit van specifieke maatregelen zijn een voorspelling voor het landbouwareaal met een bepaalde combinatie van bodemtype en grondwaterregime. Dit areaal omvat een populatie van percelen die onderling kunnen verschillen in de kwetsbaarheid voor afstroming - om deze reden geldt het cijfer voor de effectiviteit als een indicatie.

VALIDATIE VAN DE RISICO-KAARTEN IN IMAP

Het veldonderzoek is uitgevoerd op percelen in het beheersgebied van Waterschap Vechtstomen en Waterschap Zuiderzeeland. Op 10 bedrijven is een gesprek gevoerd met de teler over het gebruik en de situatie van twee percelen met betrekking tot het onderwerp afstroming. Naast een aantal veldwaarnemingen zijn op vier locaties per perceel metingen gedaan van de infiltratiecapaciteit van de toplaag van de bodem en van het verloop van de indringingsweerstand met de diepte. Twee locaties zijn gekozen op representatieve plekken in het perceel. De twee andere locaties, de kwetsbare plekken, zijn geselecteerd op basis van informatie van de teler en eigen waarneming. Bij voorkeur zijn dit slecht doorlatende plekken of laagtes. Bij het ontbreken van geschikte, slecht doorlaatbare plekken of laagtes, zijn de kwetsbare locaties gekozen op een van de kopakkers.

De risico-kaarten zijn gevalideerd door te beschrijven hoe het kaartbeeld zich verhoudt tot de metingen en waarnemingen in het veld. Hier zijn de conclusies geformuleerd in de beantwoording van de onderzoeksvragen.

1e onderzoeksvraag: Zijn de percelen met de hoogste risico-index op de kaarten inderdaad representatief voor de worst-case?

Binnen de groep van 20 onderzochte percelen kan de gemiddelde risico-index (wintersituatie) worden verklaard uit de combinatie van bodemeigenschappen, grondwaterregime en de afstand tot de sloot langs de rand van het perceel. Verschillende combinaties van deze verklarende factoren kunnen leiden tot dezelfde score van gemiddelde risico-index (wintersituatie). Het perceelkenmerk van de gemiddelde risico-index (wintersituatie) geeft een goede indicatie van de kwetsbaarheid. Het is niet onderzocht in welke mate en op welke schaal de maximale score binnen deze groep van percelen wordt overschreden in andere delen van het beheersgebied of daar buiten.

2e onderzoeksvraag: In hoeverre komen de kaarten op deze hoog-risico locaties overeen met de situatie in het veld (geometrie, basisgegevens, stroombanen)?

Geometrie: Gedurende de looptijd van het project zijn drie van de tien onderzochte percelen in Zuiderzeeland opgesplitst of uitgebreid. Dit soort veranderingen kunnen een deel van de vooraf berekende risico-kaarten van een perceel onbruikbaar maken. De ligging van sloten en droogvallende greppels langs de randen van de onderzochte percelen komt overeen met de Topografische Kaart van Nederland, schaal 1 : 10.000 en is voor zover bekend gedurende de looptijd van het project niet veranderd.

Basisgegevens: De spreiding van de gemeten infiltratiecapaciteit is groot. Het gemiddelde en de mediaan zijn lager voor de groep meetpunten kwetsbaar dan voor de groep meetpunten representatief (alle onderzochte percelen). De heterogeniteit van de bodems van de onderzochte percelen is in Vechtstromen groter dan in Zuiderzeeland. Het verschil tussen de infiltratiecapaciteit in de meetpunten kwetsbaar en representatief is in Vechtstromen groter dan in Zuiderzeeland.

De gemeten infiltratiecapaciteit van de bodem op de onderzochte percelen is over het algemeen hoger dan de waterverzadigde doorlatendheid volgens de bodemtypenkaart. Een mogelijke verklaring voor de relatief hoge waarden van de infiltratiecapaciteit is dat de metingen zijn gedaan aan het begin van het groeiseizoen - kort na een grondbewerking waarbij de bodem is losgewerkt. Tijdens het groeiseizoen zal de infiltratiecapaciteit dalen als gevolg van de impact van de neerslag en eventueel als gevolg van berijding. Op een deel van de percelen in Zuiderzeeland is het optreden van preferente stroming via scheuren in het kleidek (gerijpte klei) een tweede, mogelijke verklaring voor de relatief hoge waarden van de infiltratiecapaciteit. Deze scheuren kunnen in verbinding staan met de onderliggende veen- of zandlaag. De ontwatering van deze percelen verloopt voor een deel via deze zand- of veenlaag.

Stroombanen: Het afstromingspatroon over maaiveld is de weergave op kaart van het risico in de zomersituatie. Dit patroon is berekend op basis van de hoogtekaart en de aangrenzende sloten - de bodem heeft geen invloed op het afstromingspatroon (zomersituatie). Op de meeste percelen in Vechtstromen loopt het afstromingspatroon in de richting van de helling naar de laaggelegen randen met een aangrenzende sloot. Op alle onderzochte percelen in Vechtstromen zijn langs de randen sporen van afstroming waargenomen. In Vechtstromen is sprake van een goede overeenkomst tussen de sporen van afstroming of laagten langs de randen van het perceel en de weergave van het afstromingspatroon op kaart.

Op de onderzochte percelen in Zuiderzeeland is het beeld van het risico op afstroming en afspoeling in de zomersituatie divers. Op percelen die bol liggen volgt het afstromingspatroon de richting van de drainbuizen of de maaiveldgreppels. Op percelen die hol liggen eindigt het afstromingspatroon in veel gevallen in een punt op de rand zónder aangrenzende sloot. Op percelen met een strook langs de rand die hoger ligt ten opzichte van de rest van het perceel, zijn minder afstroompunten berekend. Dit geldt ook op enkele percelen met een dun kleidek (gerijpte klei) op een doorlatende ondergrond. Op de onderzochte percelen in Zuiderzeeland zijn vrijwel geen sporen van afstroming of laagten langs de randen waargenomen. De diversiteit van de onderzochte percelen in Zuiderzeeland is groot, voor wat betreft het risico op afstroming in de zomersituatie. Voor deze groep percelen is geen sprake van een goede overeenkomst tussen de sporen van afstroming of laagten langs de randen van het perceel en de weergave van het afstromingspatroon op kaart.

3e onderzoeksvraag: Biedt dat voldoende aanknopingspunten om opties voor maatregelen te kunnen bespreken?

In expertmeetings met stakeholders/experts zijn passende en haalbare maatregelen besproken om de afstroming van water en de emissie door afspoeling vanaf percelen te verminderen. De expertgroep werd vertegenwoordigd vanuit CLM, Delphy, INAGRO, LTO/BO-Akkerbouw, LTO-Noord, Nefyto, Unie van Waterschappen en WUR. Door deze expertgroep is een ‘groslijst met handelingsopties’ opgesteld.

Afspoeling kan volgens experts niet volledig vermeden worden, maar kan wel aanzienlijk verminderd worden door passende maatregelen te treffen. De inpasbaarheid en de haalbaarheid/toepasbaarheid van maatregelen zullen verschillen per bedrijf en perceel. Of zoals door een expert gesteld: “we kunnen niet verwachten dat een greppel het probleem oplost, we moeten maatregelen combineren”. Net als bij andere teeltdoelen kan veel bereikt worden met een geïntegreerde aanpak waarbij vanuit verschillende invalshoeken het probleem wordt aangepakt met maatregelen die passen bij de specifieke situatie.

Opties voor maatregelen en *Good practices* voor telers om de emissie via afspoeling te reduceren

Door telers worden al allerlei maatregelen toegepast om de bodemkwaliteit op peil te houden of te verbeteren (en daarmee afspoeling te voorkomen), of maatregelen toegepast specifiek om afspoeling van percelen te voorkomen. Interviews met telers uit verschillende regio's in Nederland werden gehouden om de toepasbaarheid, effectiviteit en ervaringen met maatregelen inzichtelijk te krijgen. De interviews leveren inzicht in het perspectief van telers en adviseurs, in de maatregelen die telers al nemen en die (in)direct kunnen leiden tot een reductie van de oppervlakkige afspoeling, en in de beweegredenen voor telers om een bepaalde maatregelen al of niet toe te passen. Bij dit laatste worden werkbaarheid en betaalbaarheid van de maatregelen vaak genoemd als beweegredenen. Vanuit deze lijst zijn maatregelen genoemd die als *good practices* bestempeld kunnen worden. Deze *good practices* zijn opgenomen in het maatregelendeel van IMAP.

Uit de interviews komt naar voren dat veel maatregelen in alle regio's toepasbaar zijn maar zoals verwacht zijn een aantal maatregelen regio-specifiek of vooral interessant voor bepaalde teelten. Ook zijn er maatregelen die misschien wel overal goed toegepast kunnen worden maar die niet bij elk bedrijf nodig zijn zoals bodemverdichting opheffen met een woeltand.

AANBEVELINGEN

Een wijziging in de vorm van het perceel kan een deel van de vooraf berekende risico-kaarten onbruikbaar maken. Dit is te ondervangen door de risico-kaarten tijdens een sessie te berekenen voor het perceel dat de gebruiker heeft geselecteerd. Aanbevolen wordt om in een volgende versie van IMAP een procedure te implementeren om de risico-kaarten tijdens de sessie te berekenen en het resultaat direct op het scherm te tonen.

Aanbevolen wordt om de kavelsloten die als invoer zijn gebruikt in de berekening van de risico-kaarten zichtbaar te maken op de achtergrond van het platform of in de tool zelf. Dit maakt de interpretatie van de risico-kaarten in IMAP eenvoudiger.

Aanbevolen wordt om de huidige set kaarten in de tool uit te breiden met de kaart van de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG), de afstandenkaart en de bodemtypenkaart volgens BOFEK2020. Dit sluit beter aan bij de invoer en maakt de interpretatie van de risico-kaarten eenvoudiger.

Nu de tool IMAP is opgeleverd, ontbreekt het nog aan praktijkervaring van telers met dit product. Aanbevolen wordt om het draagvlak van de IMAP tool onder telers te vergroten en om de feedback van gebruikers op een systematische manier te verwerken.

▶▶ INHOUD

	Kennisimpuls Waterkwaliteit in het kort	2
	Voorwoord	4
	Samenvatting	5
1	INLEIDING	10
1.1	Kennisimpuls Waterkwaliteit	10
1.2	KIWK-thema Gewasbeschermingsmiddelen	10
1.3	Producten	11
1.4	Leeswijzer	11
2	WEBTOOL IMAP	12
2.1	Programma van eisen	12
2.2	Overzicht van de invoergegevens	12
2.3	Risico-kaarten	12
2.4	Perceelkenmerken in IMAP	14
2.5	Gebruik van de risico-kaarten en perceelkenmerken in IMAP	15
2.6	Groslijst van maatregelen	16
2.7	Reductiecijfers voor specifieke maatregelen	17
3	VALIDATIE OP PERCELEN	19
3.1	Protocol Validatie maaiveldafvoer op percelen	19
3.2	Database resultaten veldonderzoek	19
3.3	Opzet veldonderzoek	19
3.4	Resultaten veldonderzoek	19
3.5	Discussie, conclusies en aanbevelingen veldonderzoek	19
3.6	Validatie van de risico-kaarten in IMAP	19
4	HANDELINGSOPTIES EN GOOD PRACTICES	20
4.1	Expertmeetings - groslijst maatregelen en good practices	21
4.2	Interviews telers/adviseurs	23
5	BRONNEN	31
6	BIJLAGEN	33
	Bijlage 1 Programma van Eisen	
	Bijlage 2 Parameters van de risico-index (wintersituatie)	
	Bijlage 3 Kaarten en kenmerken van de validatiepercelen	
	Bijlage 4 Groslijst van maatregelen	
	Bijlage 5 Reductiecijfers voor specifieke maatregelen	
	Bijlage 6 Protocol Validatie maaiveldafvoer op percelen	
	Bijlage 7 Database resultaten veldonderzoek	
	Bijlage 8 Opzet veldonderzoek	
	Bijlage 9 Resultaten veldonderzoek	
	Bijlage 10 Discussie, conclusies en aanbevelingen veldonderzoek	
	Bijlage 11 Validatie van de risico-kaarten	
	Bijlage 12 Interviews telers/adviseurs	
	Bijlage 13 Andere initiatieven en praktijkervaringen afspoeling percelen	

▶▶ 1 INLEIDING

1.1 KENNISIMPULS WATERKWALITEIT

Binnen de Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen samen aan de verbetering van de waterkwaliteit. Deze samenwerking is voortgekomen uit de constatering dat de waterkwaliteit in grote delen van het land de afgelopen jaren duidelijk is verbeterd, maar dat niet alle doelen van de KRW voor 2027 gehaald lijken te worden. In ons oppervlaktewater worden structureel resten van gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen in concentraties die de waterkwaliteitsnormen overschrijden. Als onderdeel van de Delta-aanpak verstevigen de kennisinstellingen onder de paraplu van de Kennisimpuls de onderlinge samenwerking, met als doel de ontwikkeling van efficiënte oplossingen voor waterkwaliteitsproblemen op verschillende ruimtelijke schalen. De kennisinstellingen gaan hiertoe bestaande kennis ontsluiten, inzichtelijk maken en praktisch toepasbaar maken. Hierbij werken de kennisinstellingen nauw samen met adviesbureaus, en met belanghebbenden en deskundigen uit de regio en van het Rijk.

1.2 KIWK-THEMA GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN

In het thema Gewasbeschermingsmiddelen ([Gewasbescherming: minder middelen naar het water | Kennisimpuls Waterkwaliteit](#)) is in Fase 1 de bestaande, deels versnipperde, kennis over de bijdrage van verschillende emissieroutes in kaart gebracht.

Er zijn verschillende routes waarlangs residuen van gewasbeschermingsmiddelen in de sloot langs het perceel of in de sloot langs het erf terecht kunnen komen. In het kort zijn dit:

- drift (depositie van druppels spuitvloeistof tijdens de bespuiting),
- atmosferische depositie via transport in de gasfase (op korte afstand van de bron),
- afspoeling via transport van water over het maaiveld (run-off of afstroming),
- laterale uitspoeling via de bodemmatrix (bodemvocht, bovenste grondwater),
- afvoer via preferente stroming (macroporiën in scheurende kleigronden, drainsleuven) en de drainpijp,
- uitspoeling richting het grondwater,
- en lozingen en verliezen vanaf het erf.

De rapportage over Fase 1 laat zien dat er diverse kennislacunes zijn wat betreft emissieroutes en dat deze emissies in veel gevallen niet te kwantificeren zijn. Daardoor is er nog onvoldoende perspectief op een kwantitatief inzicht in alle emissieroutes en daaraan te koppelen maatregelen voor emissiereductie en verbetering van de waterkwaliteit. Waar het gaat om het terugdringen van normoverschrijdingen spelen ook andere factoren dan emissieroutes een rol: zoals de wijze van toetsen aan de normen, de kwaliteit van de monitoring, *skills* en *know-how* bij toepassing, en kennisvalorisatie binnen overheden.

De Gebruikerscommissie heeft in 2020 opdracht gegeven een ‘tool’ te ontwikkelen voor telers die belangstelling hebben voor maatregelen om de emissie via oppervlakkige afspoeling vanaf hun perceel te verminderen. Het projectvoorstel Fase 2 geeft een beschrijving van de benodigde activiteiten in het Werkpakket 2. Dit bestaat uit drie onderdelen;

- 2.1 Ontwikkelen en beschikbaar stellen in een webtool; van risico-kaarten van afstroming van water en afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen vanaf landbouwpercelen.
- 2.2 Valideren van de risico-kaarten op kwetsbare percelen met een selectie uit de belangrijkste teelten in een pilot gebied.
- 2.3 Opties formuleren voor maatregelen om de emissie via afspoeling te reduceren, die het beste passen binnen het handelingsperspectief en geschikt zijn als Best Practices voor telers. Draagvlak staat daarbij centraal, maar ook werkbaarheid en betaalbaarheid.

De projectleiding van het consortium KIWK GBM Fase 2 ligt bij RIVM. De projectleiding van het betreffende Werkpakket 2 ligt bij Wageningen Environmental Research. Binnen dit werkpakket ligt de verantwoordelijkheid voor WP2.1 en 2.2 bij

WEnR en ligt de verantwoordelijkheid voor WP2.3 bij Wageningen Plant Research. Deltares heeft een bijdrage geleverd aan onderdeel WP2.2 (Veldonderzoek; [Bijlagen 6 t/m 10](#)). In opdracht van consortium partners hebben Envista Consultancy, Delphy en CLM een bijdrage geleverd aan dit werkpakket. De tool IMAP wordt gehost op het platform Farmmaps.

1.3 PRODUCTEN

Dit technisch rapport, en de Deltafacts over de tool en over de handelingsopties, zijn beschikbaar op de website van de [Kennisimpuls Waterkwaliteit](#).

TABEL 1

Producten KIWK GBM Fase 2, Werkpakket 2

Nr	Product	Hoofdstuk, sectie
2.1a	Programma van eisen	2.1, Bijlage 1
2.1d	Webtool IMAP	H. 2
2.2a	Protocol	H. 3, Bijlage 6
2.2b	Database met resultaten validatie percelen	H. 3, Bijlage 7
2.3b, 2.3g	Workshops	H. 4, Bijlage 12 - 14
2.4a	Rapport	Dit rapport
2.4b	Deltafact (2.1 en 2.2)	Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater STOWA
2.4c	Deltafact (2.3)	Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater - Handelingsopties en Good practices STOWA

In een meerwerkopdracht heeft WPR in samenwerking met het KIWK thema Validatie een e-Learning module ontwikkeld. Deze module biedt een laagdrempelige instructie voor de gebruiker van de tool IMAP. De module is beschikbaar via de IMAP product-pagina op het platform FarmMaps.

1.4 LEESWIJZER

Deze rapportage geeft technisch-inhoudelijke achtergrondinformatie over de tool IMAP ([H. 2](#)), het veldonderzoek op landbouwpercelen in twee pilotgebieden ([H. 3](#)), en over de lijst met handelingsopties en *Good practices* voor telers ([H. 4](#)). Dit zijn de drie onderdelen van Werkpakket 2. Het rapport is opgebouwd uit zelfstandige modules, in de vorm van bijlagen die de onderdelen van het ontwikkel- en validatieproces documenteren.

▶▶ 2 WEBTOOL IMAP

2.1 PROGRAMMA VAN EISEN

Aan het begin van het project is een heldere omschrijving gemaakt van de behoefte, de uitwerking en de eisen aan de tool IMAP. In het programma van eisen is het onderscheid gemaakt tussen de stakeholders van het project en de eindgebruikers van de tool (Bijlage 1). De eindgebruiker is de teler of adviseur van een akkerbouwbedrijf, die bekend is met de situatie op de locatie van het perceel.

2.2 OVERZICHT VAN DE INVOERGEGEVENS

De kaarten in IMAP zijn gebaseerd op een aantal geografische bestanden;

- Landbouwpercelen met een éénjarig gewas open teelt, volgens de Basisregistratie Percelen (BRP versie 2020),
- Aangrenzende sloten volgens de Topografische kaart 1 : 10 000,
- Maaiveldhoogte volgens het Algemeen Hoogtebestand Nederland AHN3 (5 m resolutie),
- Bodemtypen volgens de Bodemfysische Eenheden Kaart (BOFEK2020; 25 m resolutie),
- Bodemkenmerken volgens de bouwstenen van de Staring Reeks 2018 (25 m resolutie),
- Grondwaterstanden volgens Gt- en GHG kaarten (25 m resolutie),
- Het risico op ondergrondverdichting in de praktijk (25 m resolutie)

De BOFEK2020-schematisatie (Heinen *et al.*, 2021) bestaat uit 79 clusters van bodemeenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Voor elk cluster (BOFEK-eenheid; in het vervolg bodemtype genoemd) is een dominante bodemeenheid beschikbaar met een profiel dat bestaat uit een bouwsteen voor de bovengrond en een aantal bouwstenen voor de ondergrond. Van deze bouwstenen zijn gemiddelde waarden beschikbaar voor bodemfysische bodemkenmerken zoals; textuur, organische stof, waterverzadigde doorlatendheid. De waterverzadigde doorlatendheid en de bodemvochtkarakteristieken van de bouwsteen zijn gebaseerd op metingen in het lab (Staringreeks 2018; Heinen *et al.*, 2020). Het grondwaterstandregime en de gemiddelde hoogste grondwaterstand zijn ontleend aan de Gt- en GHG kaarten volgens (Van der Gaast *et al.*, 2010). De kaart van het risico op ondergrondverdichting is ontleend aan (Van den Akker *et al.*, 2013). Buisdrainage is beschikbaar gemaakt in de vorm van een perceelkenmerk. Dit gegeven is gebaseerd op de buisdrainagekaart (Massop *et al.*, 2021).

2.3 RISICO-KAARTEN

Een sessie in IMAP heeft betrekking op één perceel. De tool heeft een gedeelte met kaarten en een gedeelte met maatregelen. Het kaartgedeelte omvat een aantal risico-indicatoren en verklarende factoren van een perceel. De risico-kaarten zijn:

1. de risico-index voor oppervlakkige afstroming van water in de wintersituatie,
2. de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem,
3. de beschikbare ruimte voor berging van water op het maaiveld,
4. het afstromingspatroon van water over het maaiveld (zomersituatie),
5. de afstroompunten op de rand van het perceel met een sloot, en
6. de kaart van het risico op ondergrondverdichting.

De risico-kaarten van het geselecteerde perceel zijn het resultaat van vooraf uitgevoerde berekeningen. De kaarten zijn bedoeld om inzicht te geven in de kwetsbare plekken binnen zijn perceel en om te dienen als hulpmiddel bij het maken van een afweging tussen verschillende soorten van maatregelen (H. 4).

De risico-kaarten zijn beschikbaar voor de percelen met een gewas dat binnen het toepassingsgebied van de tool valt. Dit zijn de éénjarige gewassen in de open teelt. De resultaten voor deze 255 duizend percelen zijn in de vorm van puntgegevens opgeslagen op een WUR-server. Deze gegevens worden gedurende een sessie in IMAP opgevraagd en getoond aan de gebruiker.

Bijlage 3 bevat afbeeldingen van de validatiepercelen uit het veldonderzoek (H. 3); van de topografische kaart met de meetpunten en van de risico-kaarten. In deze sectie worden de risico-kaarten beschreven.

2.3.1 Risico-index voor afstroming van water in de wintersituatie

In de risico-index (wintersituatie) zijn drie factoren gecombineerd: de beschikbare ruimte voor berging in de bodem; de waterverzadigde doorlatendheid, en de afstand van het punt tot de dichtstbijzijnde sloot langs de rand van het perceel. De beschikbare ruimte voor berging in de bodem (Sectie 2.3.2) en de waterverzadigde doorlatendheid zijn in kaartvorm beschikbaar in IMAP. De waterverzadigde doorlatendheid (m/d) is een eigenschap van de bovengrond die kan worden beschouwd als theoretische, maximum waarde voor de actuele infiltratiecapaciteit van de bodem. De risico-index (wintersituatie) heeft geen dimensies en de waardering volgt uit de classificatie voor elk van deze drie onderdelen volgens Massop *et al.*, 2014 (Bijlage 2). De klassegrenzen voor de drie onderdelen zijn arbitrair.

2.3.2 Beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem

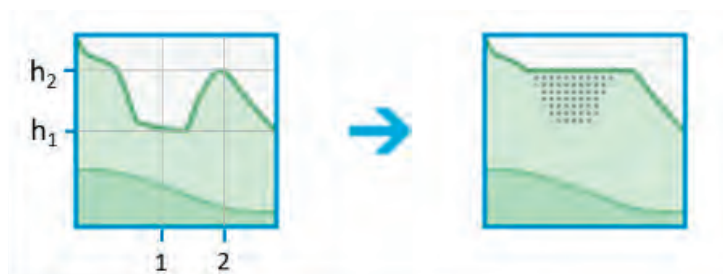
Ruimte voor berging van water in de bodem is beschikbaar in de poriën van de bodemmatrix, in de laag tussen maaiveld en de grondwaterspiegel (de onverzadigde zone). Deze ruimte is berekend als het verschil tussen het poriënvolume en het bodemvocht volume in de laag tussen maaiveld en de gemiddelde hoogste grondwaterstand GHG; bij een stationaire, neerwaartse flux van 2 mm/d. Deze toestand komt overeen met het gemiddelde neerslagoverschot in de winter. Er is gebruik gemaakt van de GHG-kaart en de bodemvocht karakteristieken van het bodemprofiel volgens BOFEK2020. Er is geen rekening gehouden met factoren zoals bodemverdichting of de aanwezigheid van een schijngrondwaterspiegel. De beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem is onderdeel van de risico-index (wintersituatie). De invoer is gegeven in Bijlage 2.

2.3.3 Beschikbare ruimte voor berging van water op het maaiveld

Ruimte voor berging van water op het maaiveld is beschikbaar in de afvoerloze laagten binnen het perceel. Een afvoerloze laagte is een punt zonder afvoerrichting (punt 1 in Figuur 1). Het punt heeft maximaal 8 aangrenzende punten. De overloop van de afvoerloze laagte is het aangrenzende punt met de laagste maaiveldhoogte (punt 2). De opgevulde hoogte is het verschil tussen de overloop en de afvoerloze laagte ($h_2 - h_1$). De beschikbare ruimte voor berging van water op het maaiveld is gelijk aan de opgevulde hoogte.

FIGUUR 1

Doorsnede met de maaiveldhoogte in twee aangrenzende punten: De beschikbare ruimte voor berging op het maaiveld is bepaald door opvulling van de afvoerloze laagte in punt 1 tot de overloop (maaiveldhoogte in punt 2).



Deze risico-kaart is gebaseerd op AHN3 (5 m resolutie DTM). Op min of meer vlakke percelen toont deze kaart de lage plekken waar plassen op het land kunnen staan. Het risico op oppervlakkige afstroming is hoger als zo'n lage plek zich dicht bij de sloot bevindt. Op (licht) hellende percelen daarentegen neemt het aantal van dit soort plekken af en zijn op deze kaart uitsluitend opgevulde hoogten in geïsoleerde punten te zien. Van deze risico-indicator is geen classificatie voorhanden. Het gemiddelde van de beschikbare berging op het maaiveld heeft als perceelkenmerk geen betekenis.

2.3.4 Afstromingspatroon van water over het maaiveld (zomersituatie)

De afstromingskaart laat zien hoe het water over maaiveld stroomt tijdens een bui met een neerslagintensiteit die groter is dan de actuele infiltratiecapaciteit van de bodem. Deze situatie is representatief voor de zomersituatie. Het patroon van afstromend water is gebaseerd op het verval volgens de punten op de hoogtekaart, waarbij de maaiveldhoogte in de afvoerlose laagte (h_1) is vervangen door de hoogte van de overloop (h_2 ; [Figuur 1](#)). Het water stroomt naar een aangrenzend punt via het pad dat eindigt in een punt langs een van de randen van het perceel. De visualisatie van dit pad noemen we het afstromingspatroon. De neerslagintensiteit, de infiltratiecapaciteit van de bodem en eventueel oppervlakkig instromend water zijn geen onderdeel van de berekening van het afstromingspatroon.

2.3.5 Afstroompunten op de rand van het perceel met een sloot

De top-5 afstroompunten langs de rand van het perceel worden getoond in samenhang met de kaart van het afstromingspatroon. Van elk afgebeeld afstroompunt is het oppervlak van het vanggebied gegeven (percentage van het perceeloppervlak; de ondergrens is 1%). Er zijn percelen waar het afstromingspatroon eindigt in een punt langs de rand van het perceel waar volgens de basiskaarten geen sloot aanwezig is. De afstromingskaart geeft aan dat op dit punt het water het perceel verlaat; het punt voldoet echter niet aan de definitie van een afstroompunt. Over de situatie buiten de randen van het perceel zijn in IMAP geen gegevens voorhanden. De gebruiker zelf kent deze situatie en is het beste in staat om de betekenis van het afstromingspatroon en de afvoerpunten te beoordelen.

2.3.6 Kaart van het risico op ondergrondverdichting

De kaart van het risico op ondergrondverdichting (Van den Akker *et al.*, 2013) geeft een inschatting van het risico op verdichting en aantasting van de structuur van de bodemlagen direct beneden de bouwvoor. De auteurs van deze kaart geven aan dat het risico op locatie (perceel) wordt bepaald door de combinatie van bodemeigenschappen en de praktijk. De legenda van de kaart bevat zeven klassen: vijf gradaties van Zeer beperkt tot Zeer groot, en de klassen “Beperkt door veenlagen” en “Van nature dicht”.

Een deel van de maatregelen in IMAP gaat over bodemverdichting en herstel van de bodemstructuur. Bodemverdichting is geen onderdeel van de kaart van de risico-index (wintersituatie) of van de kaart van de beschikbare ruimte voor berging in de bodem; deze risico-kaarten zijn immers gebaseerd op theoretische waarden voor bodemeigenschappen die in het lab zijn bepaald.

2.4 PERCEELKENMERKEN IN IMAP

De tool IMAP is ontwikkeld voor gebruik op het platform Farmmaps. Telers met een account op Farmmaps kunnen een bedrijf aanmaken en vervolgens hun percelen toevoegen. Naast praktische informatie, zoals de weersverwachting op locatie, is een aantal perceelkenmerken beschikbaar op het platform; zoals het oppervlak, en het gewas, zaaidatum en oogstdatum die de gebruiker heeft geselecteerd.

De volgende perceelkenmerken zijn beschikbaar in IMAP ([Figuur 2](#));

- het gemiddelde van de risico-index (wintersituatie) in de punten binnen het perceel (-).
- ruimtelijk gemiddelde van de GHG in de punten binnen het perceel (cm-mv.)
- dominante waarde van de grondwatertrap/Gt in de punten binnen het perceel (-)
- aanwezigheid van buisdrainage volgens de buisdrainagekaart (Massop *et al.*, 2012)
- de gemiddelde helling van het maaiveld binnen het perceel (%)

Gewas, bodemtype en Gt bepalen welke opties voor maatregelen tijdens de sessie voor het perceel worden getoond.

FIGUUR 2

Kenmerken van het geselecteerde perceel. Links: Het gemiddelde van de risico-index (wintersituatie); zichtbaar in Farmmaps op de tegel van IMAP. Rechts: Het gemiddelde van de GHG, de dominante Gt, buisdrainage, en de gemiddelde helling worden getoond na het openen van IMAP.



2.5 GEBUIK VAN DE RISICO-KAARTEN EN PERCELKENMERKEN IN IMAP

In deze sectie wordt een aantal kwaliteitsaspecten van de risico kaarten in IMAP besproken. De risico-kaarten zijn bedoeld om de kwetsbare plekken binnen het perceel en de belangrijkste verklarende factoren te bestuderen. De weergave van het ruimtelijk patroon met de relatieve verschillen tussen plekken binnen het perceel zijn voor dit doel het belangrijkste. De kwaliteit van het ruimtelijk patroon binnen het perceel hangt samen met de nauwkeurigheid van objecten op de basiskaarten (BRP, TOP10) en met de bodem- en grondwaterstandskaarten (BOFEK2020, GHG). Deze kaarten zijn primair ontwikkeld voor toepassing op landelijke en regionale schaal. In de nieuwe versie BOFEK2020 is de berekening van het kaartvlak van de clusters van bodemeenheden verbeterd ten opzichte van de vorige versie BOFEK2012. Voor beide versies geldt dat de grenzen tussen de kaartvlakken op de schaal van het perceel mogelijk niet goed overeenkomen met de werkelijkheid. Aan elk kaartvlak is een bodemprofiel toegekend met gemiddelde waarden voor een aantal bodem-fysische eigenschappen. Dit zijn gemiddelden voor grote aantallen percelen. Deze kunnen afwijken van de situatie op een specifiek perceel binnen de populatie.

In eerdere projecten zijn prototypes van de risico-kaarten vergeleken met de situatie op een beperkt aantal (grasland) percelen (Massop *et al.*, 2012ab). Voor dit project zijn percelen op een ForwardFarming locatie ([Bayer Crop Science - NL - Innovaties](#)) gebruikt als voorbeeld in de 1e fase van de ontwikkeling van de tool. Bij vergelijking van het resultaat met een prototype uit 2015 werd duidelijk dat de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem tot een factor 10 verschilt. Dit bleek het gevolg van een verbetering van de invoer: de waarden voor de bodem-fysische eigenschappen in het origineel (Staringreeks 2012) zijn in IMAP vervangen door de waarden volgens de Staringreeks 2018. In beide versies was het ruimtelijk patroon van beide kaartversies wel hetzelfde. Dit voorbeeld illustreert dat de onzekerheid in de absolute uitkomsten groot kunnen zijn. Om deze reden zijn de risico-kaarten niet geschikt om een voorspelling te doen van het volume afstromend water of van de hoeveelheid emissie via oppervlakkige afspoeling vanaf het perceel.

Ontwateringsmiddelen

In de punten langs de randen van het perceel wordt de waarde van de risico-index vooral bepaald door de ligging van de aangrenzende sloot. In TOP10 zijn deze elementen vastgelegd in de vorm van de hartlijn van een smalle sloot of de waterrand van een brede sloot (Bijlage 2). Op een aantal validatiepercelen sluit het afstromingspatroon minder goed aan op de aangrenzende sloten volgens de topografische kaart. Een verklaring is bijvoorbeeld dat het beginpunt van een kopsloot niet goed is vastgelegd op kaart. Een andere verklaring is de aanwezigheid van ontwateringsmiddelen van een type dat simpelweg ontbreekt op de kaart; denk aan drainagebuizen of maaiveldgreppels. Wat de ontwatering van het perceel betreft, is de gebruiker het beste in staat om te beoordelen of de weergave op kaart voldoende overeenkomt met de situatie van het perceel.

Perceelranden zonder aangrenzende sloot

Op de kaart van de risico-index (wintersituatie) zijn perceelranden zónder sloot herkenbaar aan de punten in de nabijheid van de rand. In deze punten is de waarde van de risico-index laag of zeer laag. In de punten langs de rand mét een aangrenzende sloot is de waarde van de risico-index gemiddeld tot zeer hoog (Figuur 2). In het veldonderzoek is de aanwezigheid van sloten en greppels langs de randen genoteerd. Deze informatie is vergeleken met de invoer van de risicokaart (de sloten volgens de topografische kaart).

Het pad waarlangs het water over het maaiveld stroomt kan uitkomen in een punt op de rand van het perceel waar binnen de zoekafstand geen sloot is gevonden (Bijlage 2). Dat punt voldoet niet aan de definitie van een afstroompunt. Het water kan vanuit dat punt via het maaiveld naar een ander punt buiten het perceel stromen. Op de validatiepercelen in Zuiderzeeland komt dit vaker voor dan op de validatiepercelen in Vechtstromen. Afgezien van de aangrenzende sloten, zijn in een IMAP sessie geen gegevens van buiten de randen van het geselecteerde perceel voorhanden.

Op percelen met rand(en) waar geen sloot aanwezig is kan mogelijk water over het maaiveld oppervlakkig instromen. Dit is niet onderzocht op de validatiepercelen en is geen onderdeel van de risico-kaarten in IMAP.

Afwijkende geometrie van percelen en aangrenzende waterlopen

De percelen zijn gebaseerd op de BRP versie 2020. Er zijn percelen die qua vorm en/of ligging ten opzichte van aangrenzende sloten afwijken van de weergave op de kaarten in IMAP. De geometrie van het perceel heeft een effect op de drie risico kaarten die gebruik maken van de afstand tot de aangrenzende sloot; t.w. de kaart van de risico-index (wintersituatie), de kaart van het afstromingspatroon, en de afstroompunten. Deze risico-kaarten zijn alleen geldig voor de geometrie van het perceel volgens BRP en de aangrenzende sloten volgens de topografische kaart. De geometrie van het perceel heeft geen invloed op de drie andere risicokaarten in IMAP; t.w. de kaart van de beschikbare berging in de bodem, de kaart van de beschikbare berging op het maaiveld, en de kaart van het risico op ondergrondverdichting.

Bij de oplevering van IMAP (april 2022) kunnen in Farmmaps BRP-percelen van 2021 geselecteerd worden. De berekeningen zijn vooraf uitgevoerd voor BRP-percelen van 2020. Het verschil kan tijdens in sessie in IMAP leiden tot afwijkende kaarten; bijvoorbeeld met gedeeltelijke dekking van het perceel, of dekking van twee percelen. Dit wordt niet expliciet vermeld.

2.6 Groslijst van maatregelen

In expert meetings en interviews met stakeholders/experts, adviseurs en telers zijn passende en haalbare maatregelen besproken om de afstroming van water en de emissie door afspoeling vanaf percelen te verminderen. Het resultaat is een 'groslijst' van 42 maatregelen die zijn ondergebracht in 11 categorieën (Sectie 4.1).

De situatie van het perceel bepaalt welke maatregelen op scherm worden getoond. Dit ligt vast met het gewas/bouwplan (opgegeven door de gebruiker), de grondsoort/bodemtype, en het grondwaterregime (volgens de basiskaarten). Bij elke maatregel is een toelichting gegeven. Voor de lezer die geen gebruik maakt van IMAP is deze informatie opgenomen in [Bijlage 4](#).

2.7 REDUCTIECIJFERS VOOR SPECIFIEKE MAATREGELEN

Voor een aantal maatregelen is een cijfer beschikbaar voor de reductie van de hoeveelheid afstromend water; de effectiviteit. Deze cijfers zijn verkregen uit de resultaten van berekeningen met het bodemhydrologisch model SWAP, voor de meest gangbare combinaties van bodemtype, grondwaterregime, en de gewassen aardappel, mais, suikerbieten, zaaiuien, wintertarwe (Beltman *et al.*, 2021; Heinen *et al.*, 2022). De methodiek maakt gebruik van de afstroming tijdens het groeiseizoen (april t/m oktober voor aardappel, mais, suikerbieten, zaaiuien; oktober t/m augustus voor wintertarwe). De reductiemaatregelen in het rekenschema zijn:

1. microdammen in aardappelruggen ('microdammen'),
2. buffering van water in een strook of een greppel evenwijdig aan de sloot ('buffering'),
3. verbetering van de infiltratiecapaciteit van de bodem ('verbetering infiltratie').

De modelberekeningen zijn uitgevoerd met een reeks van 20 weerjaren; voor de referentie (situatie zonder reductiemaatregel) en voor de situatie met reductiemaatregel. De 1^e versie van het rekenschema is voor dit project uitgebreid met combinaties met ondiepe grondwaterstand in de winter (Gt III, V). In [Tabel 1](#) is een voorbeeld gegeven van de cijfers voor de effectiviteit van reductiemaatregel 2 (buffering) in wintertarwe. [Bijlage 5](#) bevat een overzicht van alle beschikbare reductiecijfers.

De gemiddelde cijfers in [Tabel 2](#) geven een idee van de voorspelde effectiviteit van deze specifieke reductiemaatregelen.

TABEL 1

Effectiviteit (reductie van de hoeveelheid afstroming in %) van reductiemaatregel buffering; voor gangbare combinaties van bodemtype en grondwaterregimes (Gt); gewas wintertarwe.

BOFEK-2020	Grondwatertrap / Gt						grondsoort	Omschrijving BOFEK2020-eenheid
	III	IV	V	VI	VII	VIII		
2002	57	12	49	9	*	-	moer	Moerige gronden met veenkoloniaal dek
3015	62	15	59	2	*	-	zand	Zwak lemige zandgronden
3021	67	13	60	15	34	-	zand	Sterk lemige zandgronden
4014	84	78	80	80	78	-	klei	Kleigronden (lichte zavel) op homogene ondergrond
4018	77	65	82	75	77	-	klei	Kleigronden (zwarte zavel) op homogene ondergrond (soms met veen)
4019	77	61	78	70	71	-	klei	Kleigronden (klei) op homogene ondergrond (soms met veen)
5007	-	-	-	-	-	76	leem	Leemgronden: siltige leem

* scenario zonder afstroming incidenten; - niet-gangbare combinatie (geen berekeningen uitgevoerd)

TABEL 2

Gemiddelde effectiviteit van drie reductiemaatregelen in aardappel en van twee reductiemaatregelen in de groep gewassen die bestaat uit mais, suikerbiet, wintertarwe en zaaiuien.

Gewassen	aantal combinaties	reductiemaatregel		
		microdammen	buffering	verbetering infiltratie
Aardappel	25	14	70	48
mais, suikerbiet, wintertarwe, zaaiuien	107	-	66	53

Voor het gewas aardappel zijn cijfers beschikbaar van de effectiviteit van alle drie de reductiemaatregelen. De effectiviteit van reductiemaatregel microdammen is 14%, van reductiemaatregel buffering 70% en van reductiemaatregel verbetering infiltratie 48% (gemiddelde waarden voor 25 combinaties). Voor de gewassen mais, suikerbieten, zaaiuien en wintertarwe gezamenlijk, is de effectiviteit van reductiemaatregel buffering gemiddeld 66% en van reductiemaatregel verbetering infiltratie gemiddeld 53%.

Uit deze resultaten blijkt dat de effectiviteit van de reductiemaatregel microdammen beduidend lager is dan de effectiviteit van de twee andere reductiemaatregelen. De resultaten geven een voorspelling van de effectiviteit van specifieke maatregelen voor het areaal met een bepaalde combinatie van bodemtype en grondwaterregime. Dit areaal omvat een populatie van percelen die onderling kunnen verschillen in de kwetsbaarheid voor afstroming. Het cijfer voor de effectiviteit geldt om deze reden als een indicatie.

De reductiecijfers zijn geëxtrapoleerd naar 2, 3 en 12 maatregelen op de 'groslijst' van maatregelen in IMAP (reductiemaatregel 1, 2 en 3 resp.). Zie evt. [Bijlage 5](#). Voor de 25 resterende maatregelen op de 'groslijst' zijn geen reductiecijfers beschikbaar. Deels zijn dit meer algemeen geformuleerde maatregelen, die bijvoorbeeld passen bij de principes van geïntegreerde gewasbescherming. Dat soort maatregelen draagt bij aan een goede bodemkwaliteit en plantgezondheid en kan leiden tot minder afhankelijkheid en minder gebruik van (chemische) gewasbeschermingsmiddelen. Indirect kan dit bijdragen aan een reductie van de emissies. Voor dit soort (indirecte) maatregelen zijn geen cijfers van de effectiviteit voorhanden.

▶▶ 3 VALIDATIE OP PERCELEN

In dit hoofdstuk wordt verwezen naar [Bijlagen 6 t/m 10](#). In deze bijlagen zijn het protocol, de opzet en de resultaten van het veldonderzoek gedocumenteerd, en zijn de discussie en conclusies en een aantal aanbevelingen gegeven.

3.1 PROTOCOL VALIDATIE MAAVELDAFVOER OP PERCELEN

In het veldonderzoek op de validatiepercelen is een gesprek gevoerd met de teler en zijn een aantal standaard veldwaarnemingen en veldmetingen verricht. Deze zijn beschreven in het protocol (Bijlage 6). Het veldwerk omvat metingen van de infiltratiecapaciteit van de toplaag van de bodem en metingen van het verloop van de indringingsweerstand met de diepte.

3.2 DATABASE RESULTATEN VELDONDERZOEK

De resultaten van de veldwaarnemingen en de veldmetingen zijn opgeslagen in een Acces database. Een korte beschrijving van de structuur is gegeven in [Bijlage 7](#).

3.3 OPZET VELDONDERZOEK

Opzet en doel van het veldonderzoek zijn uitgewerkt in [Bijlage 8](#). Het doel is om de risico kaarten in IMAP te valideren, door te beschrijven hoe het kaartbeeld zich verhoudt tot de metingen en waarnemingen in het veld. De validatie heeft betrekking op de geometrie van percelen met de aangrenzende sloten (*reality check*) en op een aantal verklarende factoren. De onderzoeksvragen zijn toegespitst op de weergave van de risico-kaarten en perceelkenmerken in IMAP:

1. Zijn de percelen met de hoogste risico-index op de kaarten inderdaad representatief voor de worst-case?
2. In hoeverre komen de kaarten op deze hoog-risico locaties overeen met de situatie in het veld (geometrie, basisgegevens, stroombanen)?
3. Biedt dat voldoende aanknopingspunten om opties voor maatregelen te kunnen bespreken?

In de voorbereiding van het veldonderzoek is een keuze gemaakt uit een set van potentieel geschikte percelen waarin drie gradaties van kwetsbaarheid vertegenwoordigd zijn. De selectie bestaat uit een verzameling percelen die behoren tot de groep *gemiddeld kwetsbaar* en *kwetsbaar* (vooraf ingeschat).

3.4 RESULTATEN VELDONDERZOEK

In [Bijlage 9](#) zijn de resultaten van het veldonderzoek op de validatiepercelen in vier tabellen ondergebracht. Dit betreft:

1. het gewas en de groundbewerking;
2. mondelinge informatie van de teler en observaties van de veldmedewerkers;
3. de gemeten grondwaterstand, infiltratiecapaciteit en indringingsweerstand; en
4. een systematische vergelijking van deze resultaten met de risico-kaarten en de perceelkenmerken in IMAP.

3.5 DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VELDONDERZOEK

In [Bijlage 10](#) is een interpretatie van de resultaten van het veldonderzoek gegeven. Dit gaat over de situatie van de percelen, de waarneming van sporen van afstroming in het veld vergeleken met het afstromingspatroon en de afstroompunten volgens kaart, de meetresultaten (grondwaterstand, infiltratiecapaciteit), en een nader onderzoek naar de correlatie tussen de infiltratiecapaciteit en andere meetresultaten of karakteristieken van de percelen. De laatste sectie van [Bijlage 10](#) bevat de conclusies en aanbevelingen uit het veldonderzoek.

3.6 VALIDATIE VAN DE RISICO-KAARTEN IN IMAP

In [Bijlage 11](#) worden de overeenkomsten en de verschillen besproken; tussen de resultaten van het veldonderzoek en de risico-kaarten en perceelkenmerken in IMAP. De laatste sectie van [Bijlage 10](#) bevat een aantal conclusies en aanbevelingen voor het vervolg in de ontwikkeling van de tool.

►► 4 HANDELINGSOPTIES EN GOOD PRACTICES

In ons oppervlaktewater worden regelmatig restanten van gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen in concentraties die de waterkwaliteitsnormen overschrijden. In dit onderdeel van het project zijn de kennis en de huidige adviezen over afspoeling bijeengebracht en is toegewerkt naar praktijkgerichte opties om de kennis beter te benutten en om bruikbare kennis inzichtelijk te maken.

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen op verschillende manieren in de sloot langs het perceel terecht komen. In het kort zijn dit:

- spuitdrift (depositie van druppels spuitvloeistof tijdens de bespuiting),
- atmosferische depositie (transport in de gasfase tijdens de bespuiting),
- oppervlakkige afspoeling (transport van water met daarin opgeloste stof over het maaiveld),
- laterale uitspoeling (transport van water met daarin opgeloste stof via de bodemmatrix),
- drainpijpafvoer (preferente stroming via de drainsleuven en via de macroporiën van scheurende kleigronden),
- afvoer via tijdelijke greppels (deze zijn gegraven om overtollig water kwijt te raken dat niet snel genoeg in de bodem kan infiltreren),
- en lozingen en afspoeling vanaf het erf (puntemissies).

Oppervlakkige afspoeling

Emissies van gewasbeschermingsmiddelen vormen een potentieel risico voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Afstroming van water is een relatief kleine post op de waterbalans van het perceel, maar de concentraties van stoffen (nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen) in het afstromende water kunnen hoog zijn. In de zomer kunnen oppervlakkige afstroming en afspoeling optreden tijdens flinke regenbuien, als de neerslagintensiteit hoger is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem. In de winter kunnen deze processen optreden tijdens perioden met neerslag, als de grondwaterstand is gestegen tot aan maaiveld.

Oppervlakkige afspoeling vanaf percelen is een proces dat afhangt van een aantal factoren. De kans op afstroming van water en afspoeling van stoffen bij een specifieke bui is afhankelijk van de infiltratiecapaciteit van de bovengrond en van de waterdoorlatendheid van de bodem. Deze eigenschappen kunnen sterk variëren binnen het perceel. Bovendien kunnen deze bodemeigenschappen veranderen tijdens het groeiseizoen onder invloed van de praktijk (grondbewerking, berijding) en het weer. In de winter is de hogere grondwaterstand in combinatie met veel neerslag een verklarende factor voor het risico op afstroming en afspoeling.

Afstroming en afspoeling worden meestal veroorzaakt door flinke regenbuien, weinig organische stof in de bodem (afhankelijk van bodemsoort) in combinatie met bodemverdichting, hellingen in het perceel of het graven van greppels naar de sloot om een overschot aan neerslag op dat moment af te voeren (Figuur 4.1 en 4.2). Zolang het water op het perceel blijft, waar het tijd krijgt om te infiltreren voordat het in de sloot langs de rand van het perceel eindigt, is er geen sprake van afstroming en afspoeling.

FIGUUR 4.1

Invloed van (rij-)sporen (foto DJ Feenstra/DAW).



FIGUUR 4.2

Oppervlakkige afstroming (<http://www.topps-life.org>).



4.1 EXPERTMEETINGS - GROSLIJST MAATREGELEN EN GOOD PRACTICES

In expertmeetings met stakeholders/experts zijn passende en haalbare maatregelen besproken om de afstroming van water en de emissie door afspoeling vanaf percelen te verminderen. De expertgroep werd vertegenwoordigd vanuit CLM, Delphy, INAGRO, LTO/BO-Akkerbouw, LTO-Noord, Nefyto, Unie van Waterschappen en WUR. Door deze expertgroep is een ‘groslijst met handelingsopties’ opgesteld (Tabel 4.1 en Bijlage 4 ‘Groslijst van maatregelen’).

Afspoeling kan volgens experts niet volledig vermeden worden, maar kan wel aanzienlijk verminderd worden door passende maatregelen te treffen. De inpasbaarheid en de haalbaarheid/toepasbaarheid van maatregelen zullen verschillen per bedrijf en perceel. Of zoals door een expert gesteld: “we kunnen niet verwachten dat een greppel het probleem oplost, we moeten maatregelen combineren”. Net als bij andere teeltdoelen kan veel bereikt worden met een geïntegreerde aanpak waarbij vanuit verschillende invalshoeken het probleem wordt aangepakt met maatregelen die passen bij de specifieke situatie. De *good practices* (Tabel 4.1) zijn daarin verdeeld over de volgende categorieën:

- Organische stofbeheer,
- Bodemstructuur verbeteren,
- Waterdoorlatendheid bodem verbeteren,
- Bodemverdichting beperken,

- Irrigatie en waterbeheer,
- Erosiestoppers,
- Buffering afstromend water,
- Watervoering via sporen beperken,
- Verminderen middelengebruik,
- Planning bespuiting / werkzaamheden,
- Alternatieve teeltstrategieën.

Binnen deze categorieën zijn maatregelen verzameld vanuit eerder onderzoek en de praktijk. Deze maatregelen zijn aan de expertgroep voorgelegd en bediscussieerd om de lijst aan handelingsopties compleet te maken en het onderscheid te maken in effectiviteit en praktische toepasbaarheid van de maatregelen onder verschillende omstandigheden. De effectiviteit blijkt voor de meeste maatregelen nog niet gekwantificeerd te zijn maar vanuit praktijkervaringen hebben we wel kunnen bespreken wat in welke situatie (bijv. grondsoort, regio, reliëf etc.) beter toepasbaar is. Dit is verder uitgewerkt door dezelfde lijst door te nemen met telers uit verschillende regio's tijdens interviews (Sectie 4.2).

TABEL 4.1

Categorieën met maatregelen ter voorkoming of reductie van oppervlakkige afspoeling (Good practices - zie ook Bijlage 4 Groslijst van maatregelen, met een toelichting per maatregel).

Categorie	Maatregel
Organische stofbeheer	Groenbemesters na elke teelt
	Gewasresten achterlaten op het perceel
	Grond extensief bewerken met ondiep ploegen of NKG
	Stem organische stofaanvoer af op de balans stabiele en labiele organische stoffen
	Aanvoer van compost
	Aanvoer van organische mest
	Aanvoer van stro
Bodemstructuur	Vaste rijpaden
	Ruw zaai- of plantbed
	Hoog saldo-gewassen afwisselen met intensief (diep) wortelende gewassen en groenbemesters
	Gebruik van lichte machines
	Investeren in lichte machines
	Planning van werkzaamheden laten afhangen van de bodemconditie
Doorlatendheid bodem	Bodem nagenoeg jaarrond bedekt
	Infiltratiegeul of -greppel
Buffercapaciteit bodem	Ruggenteelt: Bodem bewerken met woeltand op zaaispoor
	Bodemverdichting voorkomen door:
	- bovenover rijden tijdens ploegen
	- bredere banden/ rupsen
	- bandenspanningwisselsysteem
	- land niet betreden wanneer 'te' nat
	- drainage
- ruim bouwplan (voorbeelden geven?)	
Bodemverdichting opheffen door woeltand (extensief onder droge omstandigheden)	

Categorie	Maatregel
Irrigatie en waterbeheer	Investeren in zuinige en goed controleerbare irrigatiesystemen (be- regening, druppelirrigatie, sprinkler).
	Teveel drainafvoer verminderen door irrigatie af te stemmen op de vochtbalans
	Regelbare drainage
Erosiestoppers	Drempels tussen de ruggen
	Verruigen van het bovenste gedeelte van de ruggen
	Drempels in/rond het perceel
	Stobalen, buffers of dijkjes in het perceel
Bufferzone (gras/kruiden) en infiltratiegreppels	Bufferzone
Opvangstructuren	Spaarbekkens
Watervoering via sporen beperken	Zaaisporen opheffen met culter of schijveneg
	Bandendruk - drukwisselsysteem
Duurzaam en aangepast gebruik van gewasbeschermingsmiddelen	Drift reducerende spuitdoppen
	Precisiebespuitingen
	Drift reducerende technieken (bijv. Wingsprayer)
	BOS
Planning van werkzaamheden	Gebruik van beslissingsondersteunend programma
	Gebruik van weerstation, afstemming maatregelen hierop
Alternatieve teeltstrategieën	Strokenteelt
	Beddenteelt
	Mengteelt
	Anders...

4.2 INTERVIEWS TELERS/ADVISEURS

Door telers worden al allerlei maatregelen toegepast om de bodemkwaliteit op peil te houden of te verbeteren (en daarmee direct/indirect afspoeling te voorkomen), of om afspoeling van percelen te voorkomen. De interviews werden gehouden om de toepasbaarheid, effectiviteit en ervaringen met maatregelen inzichtelijk te krijgen voor verschillende regio's. Doel van de interviews was ook om inzicht in het perspectief van telers en adviseurs te verkrijgen, de maatregelen die telers al nemen waarmee afspoeling wordt beperkt, de effectiviteit en toepasbaarheid van de maatregelen en vanuit welke beweegredenen maatregelen worden toegepast en welke niet, zoals werkbaarheid en betaalbaarheid van de maatregelen. Bovendien wilden we inzicht krijgen in de verschillen van toepasbaarheid en nut van maatregelen in verschillende regio's, rekening houdend met grondsoort, bouwplannen, reliëf etc.

Voor het toepassen van maatregelen geldt voor de teler: op dit perceel, voor welke situatie pas je deze maatregel toe, wat komt daarbij kijken en waar draagt het aan bij? Daarnaast gaat het om de bedrijfsvoering voor het bodem-/teeltsysteem. Individuele maatregelen zijn vaak minder effectief, hoewel een aantal specifieke maatregelen zoals de woeltand veel draagvlak hebben vanwege de eenvoudige toepassing.

In totaal zijn er 12 categorieën van maatregelen benoemd en een totaal van 37 specifieke maatregelen (zie ook [Bijlage 4](#) voor aanvullende informatie per maatregel). Deze maatregelen werden aan de telers voorgelegd en aan de hand van vragen ([Bijlage 12](#)) werd besproken welke maatregelen zij toepassen, wat daar de beweegredenen voor zijn en bijvoorbeeld wat voor zaken het toepassen ervan beperken. [Tabel 4.2](#) geeft de regio's aan waar de interviews zijn gehouden en het aantal geïnterviewden.

TABEL 4.2

Regio's waar de interviews over maatregelen tegen afspoeling zijn afgenomen.

Regio	Aantal telers geïnterviewd
Friesland	5
Zuidwest Nederland	5
West-Brabant	3
Flevoland	5
Veenkoloniën	5
Vechtstromen	3
Drenthe	5

4.2.1 Resultaten uit de interviews

Uit de interviews komt naar voren dat veel maatregelen in alle regio's toepasbaar zijn maar zoals verwacht zijn een aantal maatregelen regio-specifiek of vooral interessant voor bepaalde teelten. Ook zijn er maatregelen die misschien wel overal goed toegepast kunnen worden maar die niet bij elk bedrijf nodig zijn zoals bodemverdichting opheffen met een woeltand.

De maatregelen die in alle regio's het meest worden toegepast zijn (door meer dan 70% van de totale groep geïnterviewde telers):

- gewasresten achterlaten op het veld,
- aanvoer van organische mest,
- planning van werkzaamheden laten afhangen van de bodemconditie,
- het land niet betreden wanneer te nat,
- gebruik van bredere banden of rupsen,
- drainage.

Voor de meeste categorieën geldt dat er altijd wel een maatregel uit de categorie door relatief een groot aandeel van de geïnterviewden wordt toegepast, behalve de categorieën Alternatieve teeltstrategieën, Irrigatie en waterbeheer, Erosiestoppers en Opgangstructuren (spaarbekkens). Dit heeft er voor een deel mee te maken dat dit maatregelen betreft die niet in alle regio's toepasbaar of zinvol zijn (zoals strobalen tegen erosie), of die nog maar beperkt zijn onderzocht.

Een reden dat een bepaalde maatregel weinig wordt toegepast kan zijn dat telers op een andere manier met hetzelfde bezig zijn. Zo is dat het geval bij de maatregel bandenspanningwisselsysteem. Telers geven aan dat ze dit niet toepassen vanwege het in bezit hebben van meerdere trekkers met verschillende bandenspanningen, omdat ze de bandenspanning zelf steeds aanpassen of een loonwerker inschakelen die een bandenspanningwisselsysteem heeft. Ook werd voor enkele maatregelen een keerzijde aangegeven, zoals het nodig hebben van een zwaardere ploeg om bovenover te kunnen rijden tijdens het ploegen.

Veel gehoord in alle regio's is dat telers de bodemkwaliteit hoog in het vaandel hebben staan, dat zien we ook terug in de toegepaste maatregelen.

4.2.2 Regionale verschillen

Gekeken naar het aandeel van de maatregelen dat per regio door de geïnterviewde telers wordt toegepast, varieert dit sterk per regio en daarbinnen ook per teler: Variërend van slechts 11 tot ruim 57% van de maatregelen die worden toegepast. Opvallend is dat door de geïnterviewden in de Veenkoloniën de minste maatregelen van de groslijst worden toegepast, en dat ook in Flevoland het aantal wat beperkter is. Met 5 geïnterviewden per regio kunnen daar geen vergaande conclusies aan worden verbonden en is het interessanter om te kijken naar de beweegredenen en toelichtingen die erbij zijn gegeven.

Telers treffen veel maatregelen die afspoeling voorkomen, vaak vanuit beweegredenen zoals het behoud van de bodemkwaliteit. Wanneer echter ondanks deze inspanningen water op het land blijft staan, zullen de meeste telers wel zorgen dat dit wordt afgevoerd omdat het anders grote schade tot gevolg kan hebben voor de teelt. Tijdens de interviews kwam wel naar voren dat er ook gebruik wordt gemaakt van maatregelen die voorkomen dat dit water direct naar de sloot wordt afgevoerd.

4.2.3 Toelichting per regio

Friesland

In deze regio werden 5 interviews met telers gehouden. De bedrijfsgrootte varieerde tussen 110 en 240 ha. De hoofdteelten (in rotatie) waren wintertarwe, pootaardappelen, suikerbieten en uien. De grond was lichte zavel - klei. Een teler teelde grasland en snijmais.

Door de telers werden de volgende oorzaken van afspoeling genoemd:

- Door oude ruilverkaveling zijn slenken en koppen ontstaan doordat percelen vroeger erg bol werden gelegd.
- Intensieve buien.

De geïnterviewde telers werken op verschillende manieren aan het verminderen en voorkomen van afspoeling vanaf de percelen. Uitgangspunt is een goede bodem voor de teelt. Afspoeling wordt niet als een (groot) probleem ervaren, mede omdat de aardappelen in rotatie geteeld worden en de grond zo veel mogelijk bedekt wordt gehouden. Aardappelopslag is wel een aandachtspunt, daarvoor heb je eigenlijk kaal land nodig.

Een aantal telers is al jaren bezig met groenbemester, geven maximaal vaste mest en compost en hakselen stro. Daarnaast is er aandacht voor drainage, worden de percelen geëgaliseerd waardoor het aantal laagtes afneemt en er een betere ontwatering van het land ontstaat op een vroeger tijdstip in het voorjaar.

In laagtes vindt soms nog afstroming plaats en daarom egaliseren ze steeds meer percelen. Daardoor verslemt de grond heel makkelijk en is de infiltratie van de grond lastig.

Afstroming wordt vooral als probleem gezien omdat de wateroverlast verzuipende gewassen tot gevolg heeft (aardappelen, uien, peen). "Ik probeer de afstroming tegen te houden door zoveel mogelijk water vast te houden op het land. In tijd van droogte hebben we het water wel weer nodig."

Specifieke maatregelen die genoemd worden zijn:

- Laagtes opheffen door egalisatie, diepploegen etc..
- Uien op bedden (i.p.v. ruggenteelt), inzet van grasgroenbemester.
- Infiltratiesleuven aanleggen.
- Irrigatie in de aardappelen.
- Gebruik van woeltand.
- In de slenken moet een geultje.

De telers in dit gebied konden deelnemen aan bijvoorbeeld het project 'Aanpak Perceelsemissie Fryslân'. In dat project hebben zes Friese akkerbouwers een aantal maatregelen getest. Er is een aantal nieuwe maatregelen in ontwikkeling, en deze worden nog nader onderzocht. Het gaat dan om maatregelen zoals: duurzaam bodembeheer, leidend tot een betere bodemstructuur, betere indringing van regenwater, intensievere beworteling en fysieke maatregelen, die het afstromen van overvloedig regenwater tegengaan en daarmee een direct effect hebben. Het gaat om haalbare en effectieve maatregelen die passen binnen de bedrijfsvoering op het individuele bedrijf.

Zuidwest Nederland

De teelt in deze regio bestaat uit een rotatie van consumptieaardappelen met zaaiuien, suikerbieten, graszaad en granen. De bodem is voornamelijk zware zavel en soms lichte klei.

Door de telers in dit gebied worden vooral hevige neerslag (intensieve buien) en slemp als oorzaken van afspoeling genoemd. Het grootste risico op afspoeling is op lichte gronden. Op zwaardere gronden komt afspoeling nauwelijks voor. Door de telers wordt aangegeven dat afspoeling de laatste jaren niet of nauwelijks op hun percelen heeft plaatsgevonden. Puntemissie door erfafspoeling is volgens een aantal telers een groter probleem. Om eventuele afspoeling te voorkomen en de bodemkwaliteit te verbeteren worden drainage en bodemstructuur als zeer belangrijk benoemd. Voor bodemstructuur-verbetering wordt organische stof aangevoerd, overgeschakeld op niet kerende grondbewerking (NKG), groenbemesters geteeld en groenstroken langs watergangen aangelegd.

“Maatregelen die u wel graag zou toepassen maar in uw situatie niet kunnen of door bijvoorbeeld wet- en regelgeving lastig zijn” betreffen: Opvangstructuren, irrigatie en waterbeheer.

Goede maatregelen zijn: Planning werkzaamheden, buffercapaciteit, organischestofbeheer, bodemstructuur en watervoe-ring via sporen beperken.

Flevoland

In Flevoland werden 5 telers geïnterviewd (20-300 ha bedrijven). Op kleigrond wordt hier in rotatie: aardappel, uien, wintertarwe, gerst, suikerbieten, peen, witlof, graszaad en enkele diep wortelende gewassen in het bouwplan geteeld. De meeste percelen zijn vlak en hebben vaak ook een hoog gehalte organischestof. In dit gebied is men standaard veel groenbemesters aan het telen; bij aardappel de helft gras (rest tarwe), gras onder dekvrucht in de tarwe, na uien ook.

Maatregelen die worden genomen zijn:

- één van de percelen vanaf tocht af laten kilveren om overtollig water op het kopeind te kunnen zien.
- geen sleuven preventief graven; wel als noodmaatregel.
- eigenlijk niet zo mee bezig want middelen die gevonden worden zijn beperkt en niet afkomstig uit akkerbouw/van eigen bedrijf; “liever excessen aanpakken dan generieke regels”.

Van de maatregelen uit de lijst: Zitten er maatregelen bij die u wel graag zou toepassen maar in uw situatie niet kunnen of door bijvoorbeeld wet-/regelgeving lastig zijn?

- najaarsploegen en groenbemesters zijn een riskante combinatie; daaruit maak je een keuze voor een systeem dat “altijd kan”.

Goede maatregelen zijn hier:

- greppels parallel aan de sloot en buizen van greppel naar sloot; grotere hoeveelheden / extremen via dwarsgreppels;

Telers geven aan dat ze woelen liever voorkomen, want gewoelde grond is extra gevoelig voor verdichting; de woelpoot is al jaren niet gebruikt. Ruw zaaibed - zo grof als het kan; kluitjes zijn belangrijk voor afwatering en oogstbaarheid.

Telers in het gebied kunnen deelnemen aan het project De Groene Draad: <https://bodemenwaterflevoland.nl/projecten/groene-draad-in-het-klimaat>.

Met de grotere hoeveelheid neerslag die in Nederland voorspeld wordt in de winter komt de verwerking van de bouwvoor steeds meer in zicht. Structuuropbouw door planten (beworteling) en bodemleven is in een natter klimaat een alternatieve methode en biedt mogelijk meer zekerheid om dit doel te bereiken. Meer en meer telers hebben daarom interesse in het tijdens de winter bedekt houden van het land met groenbemesters of gewasresten. Maar jaarrond bedekt houden is echter meer dan alleen een groenbemester langer laten staan. Er komen meer keuzes en aanpassingen bij kijken met hierbij de nodige vragen: Hoe en wanneer voer ik de hoofdgrondbewerking uit (zoals niet-kerend, spitten, ondiep ploegen of direct na de graanoogst ploegen, etc.), wil ik afhankelijk zijn van glyfosaat, hoe kan ik het volggewas zaaien, etc.?

Het project ‘De Groene Draad in het Klimaat’ is opgestart om telers te stimuleren om groenbemesters als een integraal onderdeel van het bouwplan in te zetten. De inzet is dat de bodem jaarrond is bedekt, hetzij met een gewas of een groen-

bemester of resten daarvan. Het project ondersteunt telers bij het beantwoorden van vragen zoals:

- Hoe kan ik de bodem jaarrond bedekt houden, hetzij met een gewas of een groenbemester of resten daarvan, met behoud van opbrengsten.
- Waar liggen de mogelijkheden in mijn bouwplan om in de winter het land groen of bedekt te houden door een gewas of groenbemesters te telen?
- Welke groenbemesters(mengsels) passen hierbij en hoe maak ik zelf de juiste keuze?
- Wanneer en hoe kan ik de hoofdgrondbewerking het beste uitvoeren?
- Hoe zorg ik ervoor dat volggewassen geen last hebben van (ondergewerkte) gewasresten en welke risico's zijn er en hoe kan ik deze beperken?
- Welke meerwaarde hebben groenbemesters/vanggewassen voor mijn bedrijf qua bodemkwaliteit en economisch rendement, de biodiversiteit en mijn omgeving?

Veenkoloniën

In deze regio werden 5 telers geïnterviewd met akkerbouwbedrijven van 110 tot 465 ha (voornamelijk dalgrond met een hoog gehalte organischestof). De teelt bestaat voornamelijk uit een rotatieteelt van pootaardappelen, granen, uien, suikerbieten en graszaad. Afspoeling wordt niet als probleem gezien. De percelen zijn vaak geëgaliseerd (koppen en laagtes eruit). De meeste percelen zijn ook gedraineerd (zeker de laagtes). Maar in percelen met probleemplekken worden greppels aangelegd. Er komt steeds meer aandacht voor variatie in de bodem binnen percelen. Een aantal maatregelen die worden toegepast voor minder afspoeling zijn: aardappel later aanaarden, percelen jaarrond groen en/of groenbemesters.

Goede maatregelen zijn:

- Pootmachine nu met dammerdykes, vooral bedoeld om water vast te houden.
- In een Bayer-proef wordt geëxperimenteerd met kopakkergreppels; gebeurt nu nog niet maar zou een optie kunnen zijn.

Vechtstromen

In deze regio werden 3 telers specifiek bevraagd met bedrijven van ongeveer 50 ha waarbij de hoofdteelten mais, winter-tarwe en grasland op zandgrond waren. Door de telers wordt aangegeven dat afspoeling van percelen zelden voorkomt. Het ligt behoorlijk vlak en er is last van droogte. Alleen bij hevige regenbuien is het wel eens een probleem en dan wordt er alleen op bepaalde percelen een greppel getrokken. Als goed uitvoerbare maatregelen worden: groenbemesters, gewasresten laten liggen, bodemverdichting voorkomen, bandendrukwisselsysteem, en aanvoer van compost genoemd. Een teler had als opmerking: "Als ik NKG toepas heb ik glyfosaat nodig en dat doe ik liever niet. Vanwege de verplichte onderzaai bij mais moeten we nu glyfosaat gebruiken. Voorheen deden we dat niet".

Ervaringen met onderzaai in maïs zijn over het algemeen positief; een teler gaf aan dat na twee seizoenen het land beter begaanbaar is. Opvallend is ook de maatregel van een teler om onverteerde bladeren van de gemeente eens in de zoveel jaar aan te brengen (een laag van 10 cm dik, gemengd met kalk) en onder te werken met de ploeg. Daar heeft hij nu 'n 5 jaar goede ervaringen mee, gebaseerd op een mooi groen gewas.

Extensieve grondbewerking wordt zoveel mogelijk nagestreefd, hoofdzakelijk vanwege het structuurbehoud, vervolgens vanwege de vochthuishouding en tot slot om kosten te besparen. Telers die het nog niet hebben overwogen wel irrigatie en/of peilgestuurde drainage aan te schaffen vanwege toenemende droogte.

Afspoeling wordt in deze regio niet zozeer als probleem ervaren omdat het niet vaak voorkomt doordat de meeste grond vlak ligt en zand betreft.

West-Brabant

De telers in deze regio telen in rotatie aardappelen, uien, graszaad, winter-tarwe, suikerbieten en peen. Afspoeling wordt in het algemeen niet als probleem ervaren. Wel tijdens hoosbuien omdat het ook kan gaan verstikken wanneer de grond verzadigd raakt. Dan worden greppels geslagen, en dat neemt de laatste jaren toe, mede door de gewassen die geen water-

overlast verdragen. Diep wortelende gewassen worden als belangrijke maatregel genoemd om verdichting te voorkomen of verminderen. In het voorjaar een goed zaaibed maken is heel belangrijk om verslemping en afspoeling door het hele seizoen te voorkomen. Benoemd wordt dat veel percelen een 3 m groene akkerrand, permanent gezaaid, hebben. Daarnaast nog een 3,5 m strook (= totaal zo'n 6 m brede strook onbeteeld rond gewas).

Belangstelling voor NKG neemt toe. Succes hangt hierbij wel sterk af van hoe het wordt aangepakt en per bedrijf. Omstandigheden zijn wisselend en daarmee het succes ook. Ook hier wordt aangegeven dat de glyfosaatdiscussie een belangrijk nadeel van NKG is. Glyfosaat is nodig voor de bestrijding van wortelonkruiden; bij NKG wordt glyfosaat standaard gebruikt voor fijnzadige gewassen. Wanneer er geen vorst is geweest in de winter, wordt ook vaak glyfosaat ingezet om van onkruiden af te komen.

Drenthe (lelietelers)

In Drenthe zijn vijf interviews afgenomen bij lelietelers. Vier van de vijf bedrijven teelden naast bloemgewassen ook akkerbouwgewassen. Er wordt vooral land gehuurd van veehouders voor de teelt van lelies (dus gras als voorvrucht), zodat ze schone, verse grond hebben. De lelie is een zeer hoog saldo-gewas. Om die reden kiest de teler met zorg de percelen uit voor het telen van de lelies. Op basis van eigen kennis, kennis van de telers in de omgeving en door te kijken na overvloedige regen bepaalt men of de percelen geschikt zijn voor de lelieteelt. Op die percelen ondervinden de telers geen problemen met perceelsafspoeling; na een heftige bui komt er geen noemenswaardige hoeveelheid water in de sloot, wel na meerdere buien. In deze regio gaat men verantwoord om met de huurpercelen; men investeert vaak in de percelen (grondwaterputten boren, drainage aanleggen) en wil daarom graag na een x aantal jaren weer terugkomen op het land. En het liefst wil men ook nog andere percelen van de veehouders huren.

Maatregelen die worden genomen om de kwaliteit van de percelen te behouden zijn: Losmaken van de onderlaag, daineren, aanleg van grondwaterputten, compost aan brengen en indien mogelijk vaste geitenmest. Lelietelers nemen veel maatregelen die in de groslijst staan: alle telers voeren organische stof aan, proberen bodemverdichting te voorkomen, werken waar nodig met erosiestoppers en werken aan het beperken van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Iedere teler heeft wel een extra maatregel toegevoegd. Nieuwe teeltstrategieën worden maar door één bedrijf geprobeerd maar waarschijnlijk wordt daar niets meer mee gedaan vanwege tegenvallende resultaten en de complexiteit om het uit te voeren.

In dit gebied wordt “zaaisporen opheffen met culter of schijvenegg (a)”, “drempel rond percelen (b)” en “regelbare drainage (a)” niet toegepast omdat dat a) niet zinvol is op deze grond of niet kan in dit gebied of b) niet nodig is. Doordat de teelt van lelies plaatsvindt op huurpercelen die niet dicht bij de vestigingen liggen, is gebruik van rupsvoertuigen niet praktisch.

Over spaarbekkens wordt nagedacht (opvang in waterafvoerende sloten) en is door een teler voorgelegd aan het waterschap. Het waterschap lijkt het beeld bij de telers te hebben neergelegd dat er een extra sloot gegraven moet worden waar het water eerst naartoe wordt afgevoerd voordat het in de waterafvoerende sloot komt. Dit idee heeft gezorgd voor een negatieve houding van de telers richting het waterschap.

4.2.4 Conclusies uit de interviews

Er is variatie tussen de regio's qua maatregelen en een kleine variatie binnen regio's. Beweegredenen komen vaak overeen met andere telers in het gebied. Beweegredenen hebben voornamelijk betrekking op goed bodembeheer dat essentieel is voor een goede teelt.

Afspoeling wordt op veel indirecte manieren voorkomen omdat telers daar vanwege uiteenlopende teeltdoelen (goede vochtthuishouding, goede bodemstructuur, verslemping voorkomen etc.) mee bezig zijn. Wanneer het ondanks deze preventie toch zo ver komt dat er plassen op het land ontstaan wordt er vaak wel voor gezorgd dat het water snel van het land verdwijnt, simpelweg omdat de opbrengstderiving in veel gevallen hoog is bij serieuze wateroverlast. Telers zijn be-

reidwillig om extra maatregelen te treffen ten behoeve van de waterkwaliteit zolang het praktisch goed past bij de lokale situatie, het meerwaarde voor het bedrijf heeft of dat het financieel uit kan.

In meerdere regio's gaven telers aan dat het een uitdaging is om de bodemkwaliteit goed te houden met voldoende organische stof omdat dat beperkt wordt door wetgeving.

4.2.5 Verwachtingen en wensen van telers t.a.v. de tool IMAP

Om de tool zodanig in elkaar te zetten dat telers er goed gebruik van kunnen maken zijn naast de interviews over maatregelen ook 5 telers geïnterviewd specifiek met betrekking tot de tool. Daarbij werd ingegaan op de grootste uitdagingen die er liggen op het gebied van bodem en water en wat daarbij zou kunnen helpen.

Telers missen bij veel maatregelen die ze treffen wat het daadwerkelijke effect is. Wanneer je meer inzicht hebt in het effect van een maatregel pas je het eerder toe, mits er natuurlijk een redelijk effect is. Als je dat van tevoren weet, helpt het in de afweging om het wel/niet te doen en nadien weet je of je het goed hebt gedaan en of je het een volgende keer anders moet doen. Veel akkerbouwers weten wel hoe iets anders kan maar omdat de meerwaarde van een andere aanpak moeilijk meetbaar is (bijv. extensief bouwplan) blijft het vaak liggen. Een orde van grootte van de effecten zou helpen om het bewustzijn te verhogen en de stap te maken naar een andere aanpak.

De meeste akkerbouwers weten wel welke percelen kwetsbaar zijn en waar binnen het perceel laagtes zitten. Verdere verschillen met precieze locaties in het perceel zijn meestal niet inzichtelijk. Van jaar tot jaar weet je wel met welke percelen je voorzichtig moet zijn; een groot deel van de akkerbouwers past hier de grondbewerking op aan. M.n. de omgang met machines (gebruik van zware machines) blijft een knelpunt voor de bodemkwaliteit en het bouwplan is een beperkende factor.

De behoefte aan meer inzicht in het perceel is wisselend; Waar de ene teler het altijd zou bekijken vanuit nieuwsgierigheid, heeft de ander er geen behoefte aan omdat hij al voldoende inzicht heeft. Andere telers geven aan dat ze alleen meer inzicht willen wanneer ze er vervolgens ook iets mee kunnen, d.w.z. de situatie verbeteren.

Het bewustzijn van afspoeling is ook wisselend; telers weten wel dat het plaatsvindt maar hoe het precies werkt en welke factoren daarbij spelen is niet voor iedereen duidelijk. Een teler geeft aan dat hij graag zou zien waar afstroming ontstaat en waardoor. Hoe werkt afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen, wanneer en welke factoren spelen daarin mee? Hoe gedragen bepaalde middelen zich hoe en hoe kan ik daar rekening mee houden? Waar zorg je zelf voor emissies en in welke proporties t.o.v. elkaar (erfemissie t.o.v. perceelsemissie, drift t.o.v. afspoeling)? Bij de vraag welke factoren aan afstroming ten grondslag liggen werden veel voorbeelden genoemd die overeen komen met de factoren die vanuit onderzoek bekend zijn; neerslagintensiteit, vlak teeltoppervlak, teeltsystemen (ruggenteelt vs. bedden), beregenen, bol leggen van het perceel, zware machines, verdichting, bodembewerking.

Telers gaan nu na of afstroming optreedt door het tussendoor te zien aan geultjes (met onkruid erin) en in spuitsporen. Sommige telers gaan na een hevige bui in het veld kijken; staat er water in de greppel, zijn er geultjes ontstaan?

Belangrijke aandachtspunten voor het gebruik van de tool zijn:

- Snelheid;
- Gemak van het invoeren;
- Eenmalig je gegevens invoeren;
- Meetbare gegevens van je perceel;
- Logischerwijs je eigen advies kunnen opmaken uit de info die de tool geeft;
- Bruikbaar in het veld;
- Veel apps vragen om opnieuw te registreren, dat weerhoudt je;
- Waarschuwingen krijgen bij bepaalde kansen/risico's;
- In hoeverre blijven het eigen gegevens?

De tool is zinvol als het je als teler ondersteunt in je besluitvorming, een bevestiging geeft van je aanpak, of helpt om je eigen plan te verifiëren. Bij voorkeur een kaartje waar je ziet wat de toestand is van je perceel en opties krijgt om iets mee te doen. Tijd, regelmatig gegevens moeten aanpassen, privacy van de gegevens, eigenwijsheid en een beperkte toegevoegde waarde t.o.v. eigen inzicht werden genoemd als mogelijke redenen om een tool niet te gebruiken.

Wanneer en waarvoor zou de IMAP tool worden gebruikt:

- Om zomaar eens te kijken;
- Als je iets vreemds ziet in het perceel waar je meer van wil weten;
- Vooraf aan het teeltseizoen, eens per jaar, voordat je gaat spuiten;
- Tussendoor wat kijken hoe het er voor staat, zie ik al resultaat van wat ik doe?;
- Voor keuze bodemmaatregelen, plaats-specifiek, en gewaskeuze;
- Aantonen dat je geen/weinig afspoeling hebt;
- Lage plekken in je perceel;
- Aanwijzingen voor wanneer je wat kan/moet doen;
- Niet alleen of/waar je afspoeling hebt maar ook waardoor, achtergrondinfo.

Deze input is zoveel mogelijk meegenomen in de ontwikkeling van de tool.

►► 5 BRONNEN

- 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.
- BOFEK2020: Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK2020). Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK2020) - WUR.
- Heinen, M., Brouwer, F., Teuling, C. & Walvoort, D. J. J., 2021. BOFEK2020 - Bodemfysische schematisatie van Nederland : update bodemfysische eenhedenkaart. Wageningen Environmental Research. 83 p. Wageningen Environmental Research; no. 3056.
- Heinen, M., Bakker, G. & Wösten, J. H. M., 2020. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks: Update 2018. Wageningen Environmental Research. 77 p. Wageningen Environmental Research rapport; no. 2978.
- Heinen, M., W.H.J. Beltman, H.T.L. Massop, P. Groenendijk, P.E. Dik en R. Sur (2022). Modeling effectiveness of two runoff mitigation measures in the Netherlands. *Sci. Total Environ.*, 839 156190, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156190>
- Kruijne, R., M. Wenneker, S. Houben, M. Montforts, W. Beltman en J. Vlaming, 2022. Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater. Deltafact, Stowa, Amersfoort. [Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater | STOWA](#)
- 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 pp.
- 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 \(wur.nl\)](#)
- Locher, W. P., H. de Bakker en G.G.L. Steur, 1987. Bodemkunde van Nederland: Leer- en Handboek op Hoger-Onderwijsniveau. Malmberg. <https://edepot.wur.nl/330160>
- Massop, H.T.L., I.G.A.M. Noij, W.M. Appels en A. van den Toorn, 2012a. Oppervlakkige afspoeling op landbouwgronden: metingen op zandgrond in Limburg. Alterra-rapport 2270. (<http://edepot.wur.nl/240818>)
- Massop, H.T.L., en I.G.A.M. Noij, 2012b. Oppervlakkige afspoeling op landbouwgronden: maatregelen op bedrijfsniveau. Alterra-rapport 2272. (<http://edepot.wur.nl/210597>)
- Massop, H. Th. L., C. Schuiling en A.A Veldhuizen, 2013. Buisdrainagekaart 2012 - Update landelijke buisdrainagekaarten voor het NHI op basis van de landbouwmetingen 2010. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 2381. 50 p.
- 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>)
- Massop, H. Th. L. en C. Schuiling, 2016. Buisdrainagekaart 2015; Update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwmetingen 2012. Wageningen, Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 2700. 54 p.
- Massop, H. T. L., P. J. T. van Bakel en P.G.B. de Louw, 2017. Maatgevende afvoer en maaiveldafvoer in waterschap Vechtstromen : beschouwing over de bruikbaarheid van afvoernormen voor bepaling van veranderingen in de waterhuishouding en het optreden van maaiveldafvoer. Wageningen Environmental Research rapport; No. 2839. <https://doi.org/10.18174/425042>
- Van den Akker, J.J.H., F. de Vries, G.D Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten, 2013. Risico-op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Alterra-rapport 2409, Alterra Wageningen UR, Wageningen, 2013.
- Van der Gaast, J.W.J., H.Th.L. Massop, R.J. Vroon en I.G. Staritsky, 2006. Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken. Wageningen, Alterra-rapport 1339.
- Van der Gaast, J.W.J., H.R.J. Vroon en H.Th.L. Massop, 2010. Grondwaterregime op basis van Karteerbare Kenmerken. Stowa, Amersfoort, Rapportnummer 2010-41, 74 pp.
- Verloop, K., G.J. Noij, I. Hoving en M. de Haan, 2018. BedrijfsWaterWijzer: versie 2018.01. Wageningen, Wageningen Plant Research, Rapport WPR-791 / Koeien en kansen, Rapport Nr. 80, 81 p. <https://doi.org/10.18174/455615>

- Van Bakel, P.J.T., P.G.B. de Louw, H.T.L. Massop en B. Worm, 2018. Maaiveldafvoer in Beeld. Stromingen : vakblad voor hydrologen, 32(2), 23-35. <https://edepot.wur.nl/465803>
- Van Tol-Leenders, D., M. Knotters, W. de Groot, P. Gerritsen, A. Reijneveld, F. van Egmond, H. Wösten en P. Kuikman, 2019. Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018): CC-NL. Wageningen Environmental Research rapport; No. 2974. <https://doi.org/10.18174/509781>
- Wenneker, M. S. Houben, R. Kruijne en M. Montforts, 2022. Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater -Handelingsopties en Good Practices. Deltafact, Stowa, Amersfoort. [Oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater - Handelingsopties en Good practices | STOWA](#)

▶▶ 6 BIJLAGEN

- Bijlage 1** Programma van Eisen
- Bijlage 2** Parameters van de risico-index (wintersituatie)
- Bijlage 3** Kaarten en kenmerken van de validatiepercelen
- Bijlage 4** Groslijst van maatregelen
- Bijlage 5** Reductiecijfers voor specifieke maatregelen
- Bijlage 6** Protocol Validatie maaiveldafvoer op percelen
- Bijlage 7** Database resultaten veldonderzoek
- Bijlage 8** Opzet veldonderzoek
- Bijlage 9** Resultaten veldonderzoek
- Bijlage 10** Discussie, conclusies en aanbevelingen veldonderzoek
- Bijlage 11** Validatie van de risico-kaarten
- Bijlage 12** Interviews telers/adviseurs
- Bijlage 13** Andere initiatieven en praktijkervaringen afspoeling percelen

Bijlage 1: Programma van Eisen

Behoefte	Uitwerking	Eisen (draft)
<p>KIWK/project stakeholders</p> <p>Het project/de projectstakeholders hebben als doel;</p> <p>a) grip te krijgen op oppervlakkige afspoeling van GBM vanaf landbouwpercelen om de overschrijding van de waterkwaliteitsnormen terug te dringen en</p> <p>b) het vasthouden (de retentie) van water te bevorderen.</p> <p>Er is behoefte aan een product waar eindgebruikers mee uit de voeten kunnen (in plaats van weer een rapport op de stapel) en dat handen en voeten geeft aan versnipperde informatie op het gebied van retentie van water, afstroming van water en afspoeling van GBM.</p> <p>De tool moet maatwerkoplossingen bieden in plaats van generieke beperkingen/ verplichtingen.</p>	<p>Webtool GBM: een tool voor akkerbouwers die hen inzicht geeft in het afspoelingsrisico binnen hun perceel en de factoren die bijdragen aan afspoeling.</p> <p>De tool biedt inzicht in een aantal opties voor maatregelen die afstroming en afspoeling kunnen beperken.</p>	<p>Eis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tool die te gebruiken is door akkerbouwers • De keuze voor een online webtool is reeds gemaakt. • FarmMaps (voorheen Akkerweb) platform heeft de voorkeur
<p>Eindgebruikers/akkerbouwers</p> <p>Akkerbouwers hebben een tool nodig die ze bewust maakt van de kwetsbaarheid van het perceel voor afspoeling van GBM.</p>	<p>Webtool GBM is een applicatie voor akkerbouwers en eigenaren van akkerbouwpercelen.</p> <p>De tool laat de eindgebruiker per perceel zien wat het risico op afspoeling is en wáár binnen het perceel de grootste kwetsbaarheden zitten.</p>	<p>Eis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eindgebruikers hebben toegang tot de actuele lijst met percelen van hun bedrijf. • Een sessie gaat over één perceel uit deze lijst. • De gemiddelde waarde van de risico-index van het <i>perceel als geheel</i> is te zien (als label, of percentiel in een populatie van percelen) • De meest kwetsbare plekken in het perceel zijn te zien d.m.v. de ruimtelijke verdeling van de risico index <i>binnen het perceel</i>.
<p>Er is behoefte aan een makkelijk toegankelijke tool, bij voorkeur op een reeds bekend platform, waarbinnen de privacy van de gegevens gewaarborgd is</p>	<p>De tool zelf draait als applicatie binnen FarmMaps en geeft geregistreerde eindgebruikers toegang tot de gegevens van hun eigen percelen. [voorbehoud privacy van gegevens]</p>	<p>Eis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alleen eindgebruikers met een account hebben toegang tot de gegevens. • Toegang tot niet-publieke gegevens is voldoende afgeschermd (nog

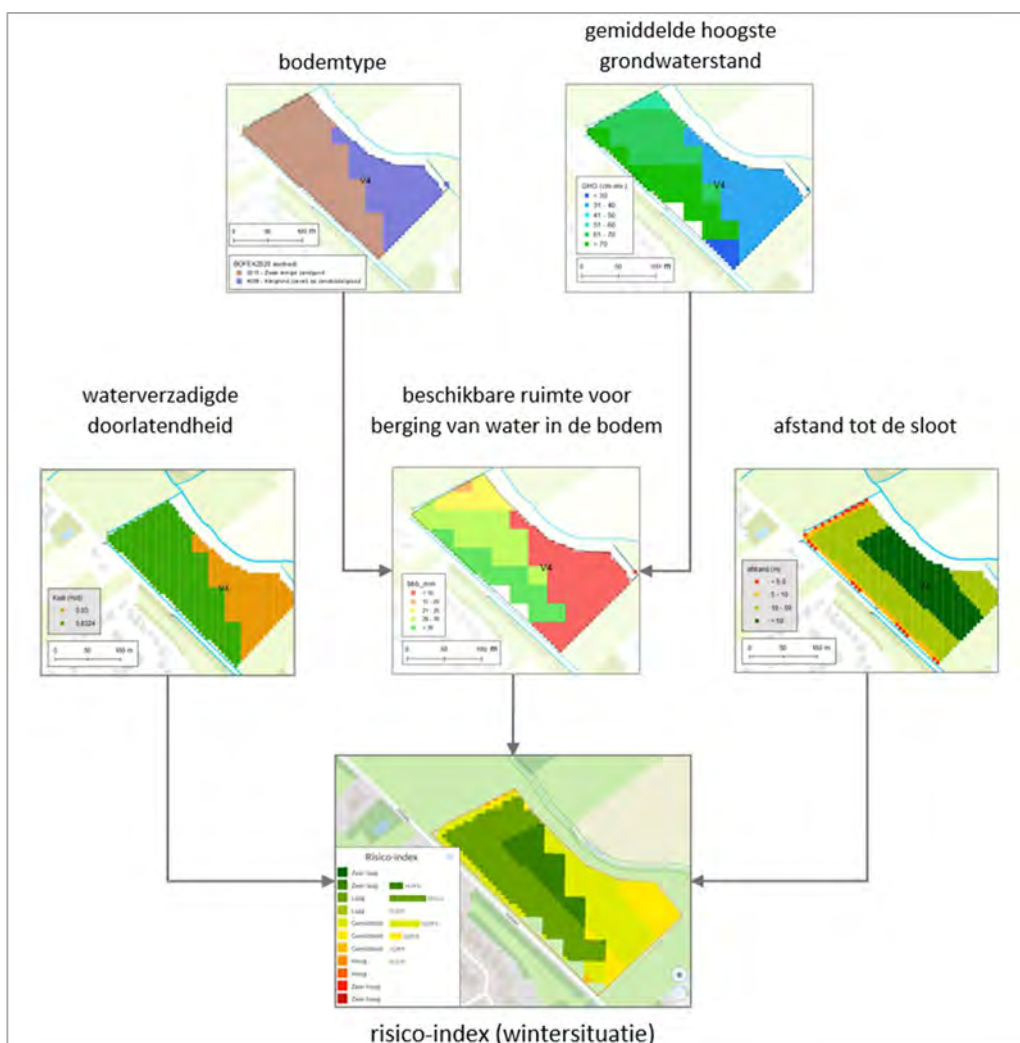
Behoefte	Uitwerking	Eisen (draft)
		uitwerken in afstemming met FarmMaps)
<p>De eindgebruiker heeft behoefte aan</p> <ul style="list-style-type: none"> a) voor zover mogelijk de meest actuele gegevens van het eigen perceel. b) gegevens die het risico op afspoeling verklaren en tonen waar binnen het perceel dat risico het grootst is. 	<p>Voor het perceel ziet de eindgebruiker</p> <ul style="list-style-type: none"> a) de meest recente basiskaarten en kenmerken (*), b) de afspoelingsrisico index voor het perceel als geheel en gedetailleerde ruimtelijke visualisaties, binnen het perceel van de factoren/processen (o.a. accumulatie, richting, *) die het afspoelingsrisico verklaren. 	<p>Eis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Per perceel zijn kaarten met <i>actuele basisdata*</i> beschikbaar. • Per perceel zijn kaarten met <i>afspoeling verklarende factoren/processen*</i> beschikbaar.
<p>De eindgebruiker wil de resultaten zien voor een teeltseizoen en waar mogelijk afhankelijk van gewas en/of teelttype.</p>	<p>De getoonde resultaten gelden voor een teeltseizoen en zijn o.a. afhankelijk van de door de eindgebruiker gekozen situatie (informatie over het gewas/teelttype, bodem, drainage, ..).</p>	<p>Eis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eindgebruiker kan de situatie van het perceel selecteren (kenmerken gewas/teelttype, bodem) • Getoonde kaarten zijn waar mogelijk specifiek voor de situatie van het perceel en voor de gemaakte keuze.
<p>Het moet voor de eindgebruikers inzichtelijk zijn met welke maatregelen ze het afspoelingsrisico kunnen beperken.</p>	<p>Op basis van de getoonde kaarten en de situatie van het perceel laat de tool zien welke mogelijke maatregelen het afspoelingsrisico kunnen beperken. Geordende lijst.</p>	<p>Eis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Per perceel en mogelijk gewas/teelttype toont de applicatie de mogelijke maatregelen die het afspoelingsrisico kunnen beperken: op volgorde van relevantie.

Bijlage 2: Parameters van de risico-index (wintersituatie)

De risico-index voor oppervlakkige afspoeling (wintersituatie) in een punt bestaat uit drie onderdelen (Figuur 2-1):

1. de waterverzadigde doorlatendheid,
2. de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem,
3. en de afstand van het punt tot de sloot.

Voor elk van deze drie onderdelen is een indeling in 3 of 4 klassen beschikbaar (Massop et al 2012). De risico-index in het punt volgt uit de combinatie van deze drie klassen. De index is een heel getal zonder dimensies (0-10).



Figuur 2-1: Onderdelen van de risico-index (wintersituatie): Het bodemtype en de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand bepalen de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem. De waterverzadigde doorlatendheid, de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem en de afstand tot de sloot bepalen de risico-index (wintersituatie).

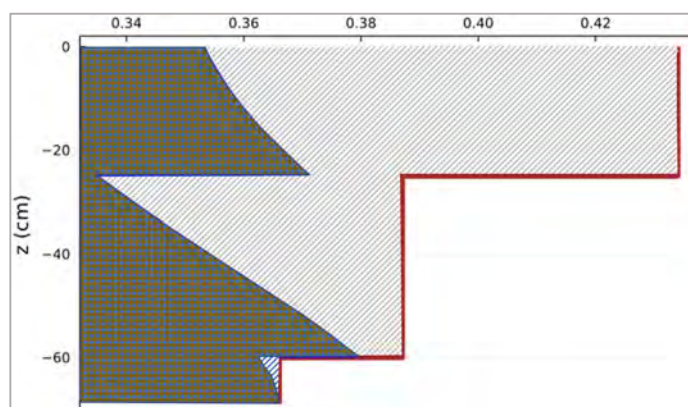
Tabel 2-1: Onderdelen van de risico-index (wintersituatie).

Omschrijving	aantal klassen	symbool	eenheden
Waterverzadigde doorlatendheid K_s (bij het ontbreken van veldgegevens over de actuele infiltratiecapaciteit)	4	K_s	m/d
Beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem, tussen maaiveld en GHG. Bij een gemiddelde neerwaartse infiltratieflux = 2 mm/d.	4	bbb	mm
Afstand tot de dichtstbijzijnde kavelsloot	3	d	m

Tabel 2-2: Klassen voor de waterverzadigde doorlatendheid in de risico-index (wintersituatie). Zie Tabel 2-8 en 2-9 voor de bodemgegevens.

Klasse	ondergrens (m/d)	bovengrens (m/d)	code
1	<	0.01	laag
2	0.01	0.1	gemiddeld
3	0.1	>	hoog

Ruimte voor berging van water in de bodem is beschikbaar in de poriën van de bodemmatrix, in de laag tussen maaiveld en de grondwaterspiegel (de onverzadigde zone). Deze ruimte is berekend als het verschil tussen het poriënvolume en het bodemvocht volume in de laag tussen maaiveld en de gemiddelde hoogste grondwaterstand GHG (bij een stationaire, neerwaartse flux van 2 mm/d). Zie Figuur 2-2.



Figuur 2-2: De beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem (gearceerd oppervlak in de grafiek) volgt uit het poriënvolume van de bodemlagen (het oppervlak links van de rode lijn) en het volume bodemvocht (donker gekleurd oppervlak). In dit voorbeeld (Bodemtype 3015 Zwak lemige zandgrond, GHG = 70 cm-mv., neerwaartse flux 2 mm/dag) is de ruimte = 29 mm (het bodemvochtprofiel is berekend met het model SWAP).

Tabel 2-3: Klassen voor de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem in de risico-index (wintersituatie).

Klasse	ondergrens (mm)	bovengrens (mm)	code
1	<	10	zeer gering
2	10	20	gering
3	20	40	matig
4	40	>	groot

Tabel 2-4: Klassen voor de afstand tot de dichtstbijzijnde sloot in de risico-index (wintersituatie).

klasse	ondergrens (m)	bovengrens (m)	code
1	<	2	zeer gering
2	2	10	gering
3	10	50	matig
4	50	>	groot

De Topografische Kaart van Nederland (TOP10) bevat sloten in vier breedteklassen. Drie van deze klassen zijn beschikbaar in de vorm van een hartlijn. De vierde klasse is beschikbaar in de vorm van de rand van het wateroppervlak (een brede sloot; Tabel 2-5). In het script wordt in elk punt op het perceel de kortste afstand tot de hartlijn of waterrand van de sloot bepaald (D). Vanuit het punt op het perceel is de afstand tot de waterrand korter dan de afstand tot de hartlijn. In de risico-index komt dit verschil in mindering op de afstand D ;

$$d = D - 0,5w \text{ (m)}$$

Het verschil ($0,5w$) is geschat aan de hand van de breedteklasse in TOP10.

Tabel 2-5: Breedteklassen van kavelsloten in TOP10; met de gemiddelde breedte, w , de TDN-code en de afstand tussen de hartlijn van de sloot en de waterrand.

categorie	TDN-code	Omschrijving in TOP10	w (m)	$0,5w$ (m)
1	600	hartlijn (greppel / droge sloot)	0	0
2	601	hartlijn (0,5-3 m breedte)	1.75	0.875
3	602	hartlijn (3-6 m breedte)	4.5	2.25
4	611	rand van wateroppervlak (sloot of anders; > 6 m breedte)	0	0

In de punten langs de rand van het perceel geldt een maximum voor de zoekafstand;

$$d_{\max} = \text{SQRT}(2 \times \text{resolutie}^2)$$

Met de 5 m resolutie van AHN3 is $d_{\max} = 7,07$ m. Een sloot met de waterrand op afstand groter dan d_{\max} wordt opgevat als 'niet aangrenzend' en heeft in het betreffende punt geen invloed op het risico. Dit is te zien in de punten langs de noordelijke rand van het perceel in Figuur 2-1.

Tabel 2-6: De waarde voor de risico-index (wintersituatie) voor combinaties van de klasse voor de beschikbare ruimte voor berging in de bodem, de infiltratiecapaciteit, en de afstand tot de dichtstbijzijnde sloot.

combinatie	bbb_kl	Ks_kl	d_kl	risico-index (-)
1	1	1	1	10
2	1	1	2	8
3	1	1	3	6
4	1	1	4	5
5	2	1	1	9
6	2	1	2	7
7	2	1	3	5
8	2	1	4	4

combinatie	bbb_kl	Ks_kl	d_kl	risico-index (-)
9	3	1	1	8
10	3	1	2	6
11	3	1	3	4
12	3	1	4	3
13	4	1	1	7
14	4	1	2	5
15	4	1	3	3
16	4	1	4	2
17	1	2	1	9
18	1	2	2	7
19	1	2	3	5
20	1	2	4	4
21	2	2	1	8
22	2	2	2	6
23	2	2	3	4
24	2	2	4	3
25	3	2	1	7
26	3	2	2	5
27	3	2	3	3
28	3	2	4	2
29	4	2	1	6
30	4	2	2	4
31	4	2	3	2
32	4	2	4	1
33	1	3	1	8
34	1	3	2	6
35	1	3	3	4
36	1	3	4	3
37	2	3	1	7
38	2	3	2	5
39	2	3	3	3
40	2	3	4	2
41	3	3	1	6
42	3	3	2	4
43	3	3	3	2
44	3	3	4	1
45	4	3	1	5
46	4	3	2	3
47	4	3	3	1
48	4	3	4	0

Tabel 2-7: Klassen voor de risico-index (wintersituatie) met de omschrijving zoals gebruikt in de legenda.

Klasse	ondergrens	bovengrens	omschrijving
1	0	1	zeer laag
2	2	3	laag
3	4	6	gemiddeld
4	7	8	hoog
5	9	10	zeer hoog

Tabel 2-8: Validatiepercelen met het cluster van bodemeenheden (BOFEK2020), de bodemeenheid volgens de Bodemkaart van Nederland op locatie, de grondsoort (BOFEK2020), de dominante bodemeenheid van het cluster (BOFEK2020), en de code van de bouwsteen voor de bovengrond (Staringreeks 2018)..

ID	BOFEK 2020	Oppervlak (%)	Bodemeenheid	Grondsoort	Omschrijving	Dominante bodemeenheid	Bouwsteen code
F1	3021	100	Sn13Av	zand	Sterk lemige zandgronden III	pZg23	B03
F2	3021	88	Sn13Av, kSn13Av	zand	Sterk lemige zandgronden III	pZg23	B03
	3002	12	kSn13Av	zand	Sterk lemige zandgronden met kleidek (eerdgronden en vaaggronden in zeezand)	kpZg23	B08
F3	3023	71	kHn21, Mn15Ap	zand	Zwak lemige zandgronden met kleidek (podzol- en eerdgronden)	kHn21	B08
	4022	29	Mn15Ap	klei	Kleigronden (zavel) op zandondergrond II	Rn52A	B08
F4	4022	68	Mn15Ap, kHn21	klei	Kleigronden (zavel) op zandondergrond II	Rn52A	B08
	3023	32	kHn21	zand	Zwak lemige zandgronden met kleidek (podzol- en eerdgronden)	kHn21	B08
F5	4002	96	Mn45Av	klei	Kleigronden (klei) op veen	Mv41C	B11
	4007	4	Mn45A	klei	Kleigronden (-zware- klei) homogeen of op zware klei tussenlaag of op veen	Mn45A	B11
F6	4002	100	Mn45Av	klei	Kleigronden (klei) op veen	Mv41C	B11
F7	4003	100	Mn35Av	klei	Kleigronden (klei) op homogene ondergrond (soms met veen) I	Mn35Av	B10
F8	4003	100	Mn35Av	klei	Kleigronden (klei) op homogene ondergrond (soms met veen) I	Mn35Av	B10
F9	4014	100	Mn35A	klei	Kleigronden (klei) op homogene ondergrond (soms met veen) II	Mn35A	B10
F10	4018	99	Mn25A	klei	Kleigronden (zware zavel) op homogene ondergrond (soms met veen) II	Mn25A	B09
	4014	1	Mn35A	klei	Kleigronden (klei) op homogene ondergrond (soms met veen) II	Mn35A	B10
V1	3002	50	pZg23, Hn21	zand	Sterk lemige zandgronden met kleidek (eerdgronden en vaaggronden in zeezand)	Hn21	B08
	3015	50	Hn21	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
V2	3002	71	pZg23, Hn21	zand	Sterk lemige zandgronden met kleidek (eerdgronden en vaaggronden in zeezand)	kpZg23	B08
	3015	29	Hn21	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
V3	4009	62	zpRn59, pZn23, Hn21	klei	Kleigronden (zavel) op zandondergrond I	Mn12A	B08
	3004	21	pZn23	zand	Sterk lemige zandgronden I	Hn23	B03
	3015	17	Hn21	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
V4	4009	92	zpRn59, Hn21	klei	Kleigronden (zavel) op zandondergrond I	Mn12A	B08
	3015	8	Hn21	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
V5	3007	59	cHn21, pZg23	zand	Zwak lemige zandgronden met cultuurdek	cHn21	B02
	3021	41	pZg23	zand	Sterk lemige zandgronden III	pZg23	B03
V6	3015	97	Hn21	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
	3021	3	pZg23	zand	Sterk lemige zandgronden III	pZg23	B03
V7	3015	86	Hn21/zEZ23/ pZg23, pZg23	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
	3021	14	pZg23	zand	Sterk lemige zandgronden III	pZg23	B03
V8	3012	93	zEZ21, Hn21, pZg23	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
	3015	7	Hn21	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02
	3021	< 1	pZg23	zand	Sterk lemige zandgronden III	pZg23	B03
V9	2001	100	zWz/pZn23	moer	Moerige gronden met zanddek	zWp	B02
V10	3015	100	Hn21	zand	Zwak lemige zandgronden III	Hn21	B02

Tabel 2-9: Bouwsteen van de bovengrond, met de waterverzadigde doorlatendheid en de porositeit.

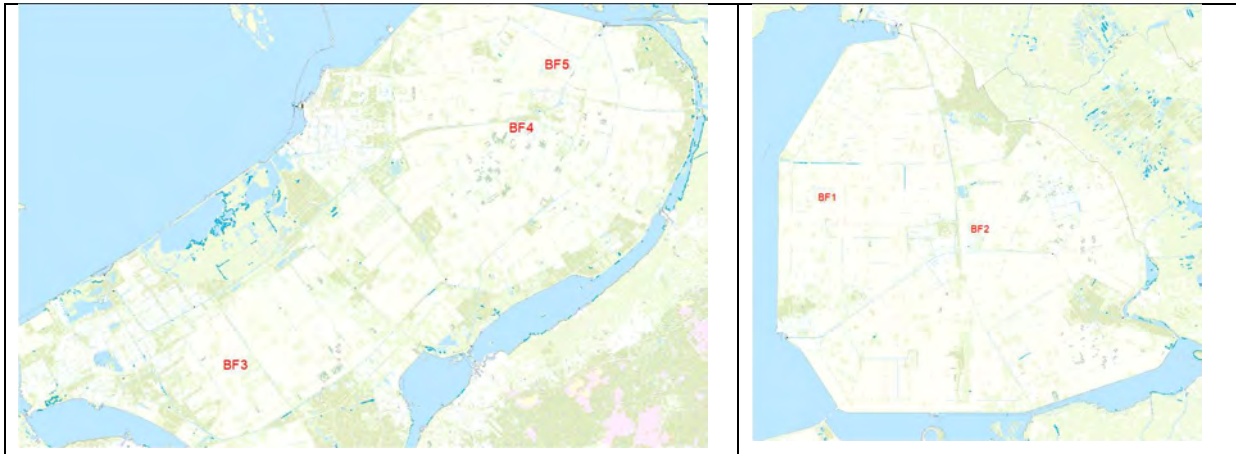
Bouwsteen code	omschrijving	K_{sat} (m/d)	Θ_s	pilotgebied (# percelen)	BOFEK2020-eenheden
B02	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0.8324	0.434	V (7)	2001, 3007, 3012, 3015
B03	Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0.191	0.443	Z (2)	3004, 3021
B08	Matig lichte zavel	0.03	0.433	V (3), Z (2)	3002, 3023, 4009, 4022
B09	Zware zavel	0.0175	0.430	Z (1)	4018
B10	Lichte klei	0.0383	0.448	Z (3)	4003, 4014
B11	Matig zware klei	0.0631	0.592	Z (2)	4002, 4007

Bijlage 3: Kaarten en kenmerken van de validatiepercelen

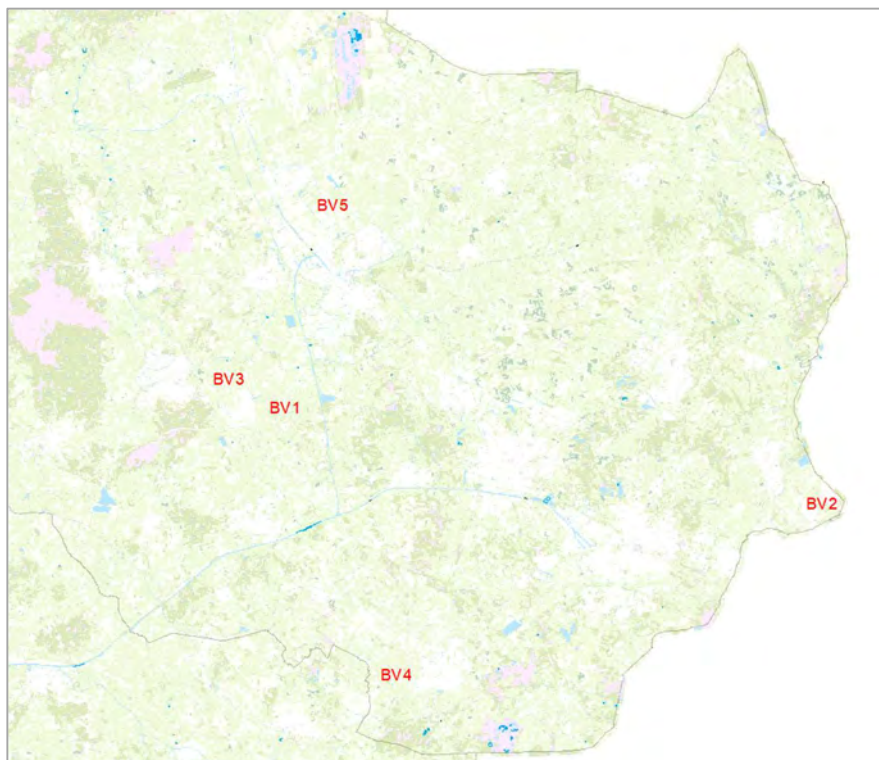
Inhoud Bijlage 3

- 3-1 Meetlocaties in Zuiderzeeland en Vechtstromen
- 3-2 Kaart validatieperceel met de meetpunten
- 3-3 Kaart maaiveldhoogte (AHN3)
- 3-4 Bodemtypenkaart (BOFEK2020)
- 3-5 Kaart beschikbare ruimte voor berging in de bodem
- 3-6 Tabel en kaart beschikbare berging op maaiveld
- 3-7 Tabel en kaart risico-index (wintersituatie)
- 3-8 Tabel met afstroompunten, kaart met afstromingspatroon (zomersituatie) en afstroompunten
- 3-9 Tabel Perceelkenmerken

3-1 Meetlocaties in Zuiderzeeland en Vechtstromen



Meetlocaties in het beheersgebied WS Zuiderzeeland (op elk bedrijf zijn 2 percelen onderzocht)

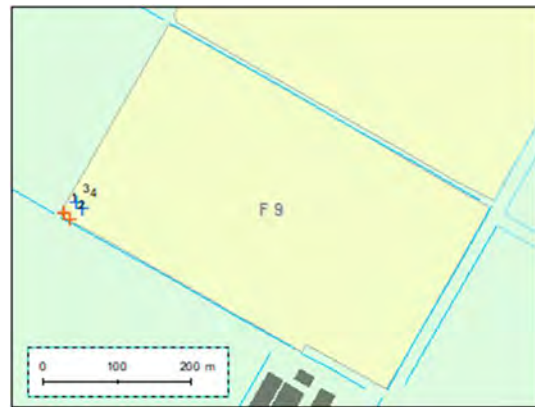
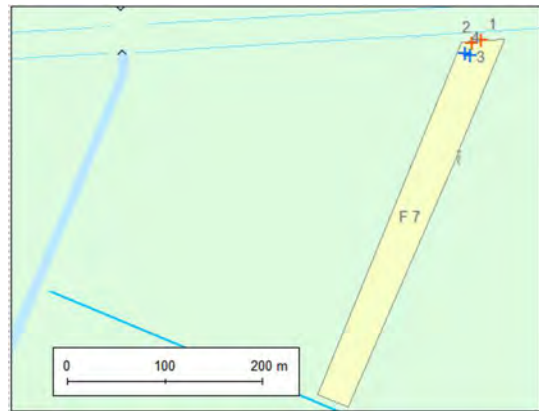


Meetlocaties in het beheersgebied WS Vechtstromen (op elk bedrijf zijn 2 percelen onderzocht)

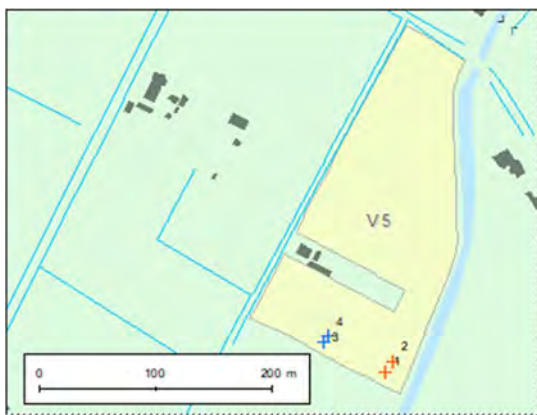
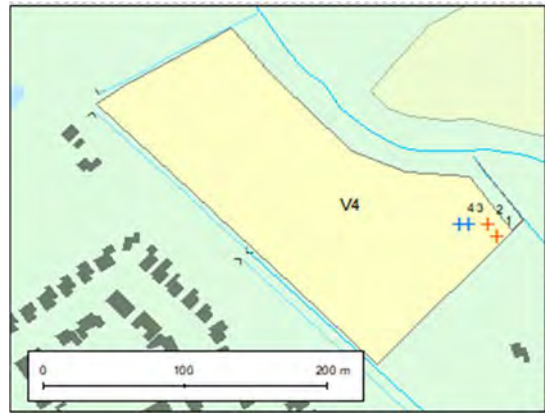
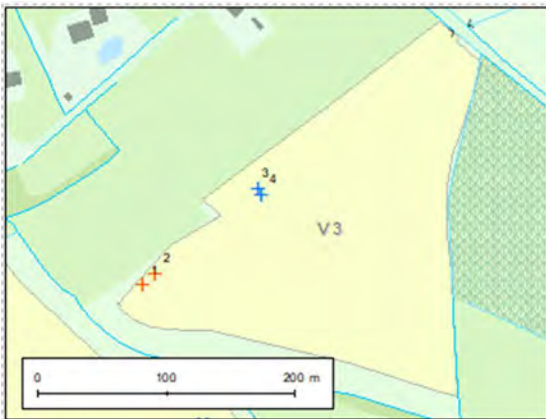
3-2 Kaart validatieperceel met de meetpunten

Op elk validatieperceel zijn 4 plekken gekozen om de indringingsweerstand en de infiltratiecapaciteit te meten: 2 kwetsbare plekken (rood; 1 & 2) en 2 representatieve plekken (blauw; 3 & 4).

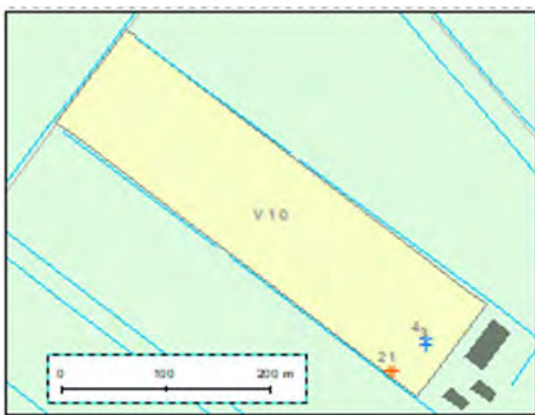
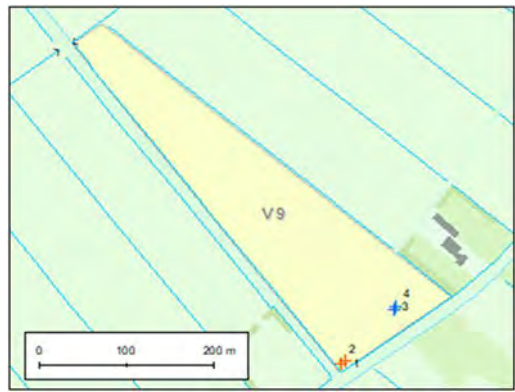
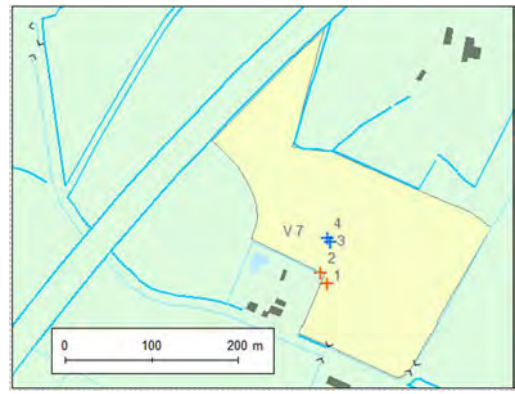
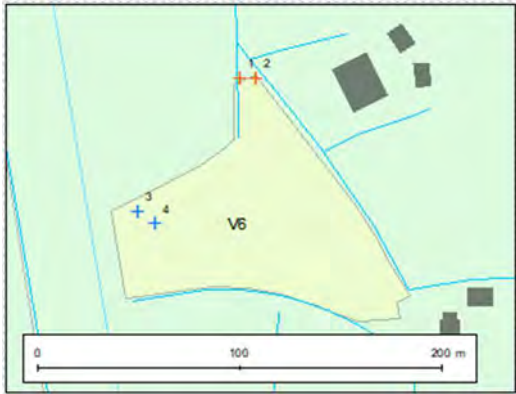




Percelen WS Zuiderzeeland F6 t/m F10; meetpunten 'kwetsbaar' (rood) en 'representatief' (blauw)



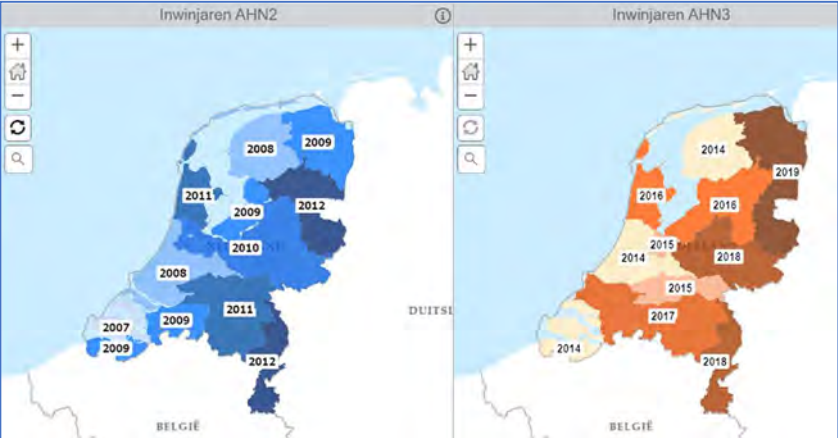
Percelen WS Vechtstromen V1 t/m V5; meetpunten 'kwetsbaar' (rood) en 'representatief' (blauw)

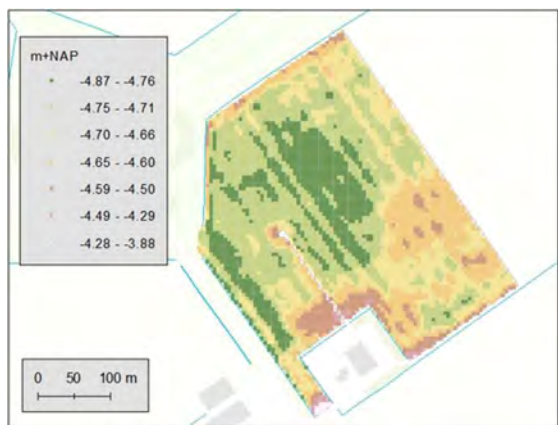
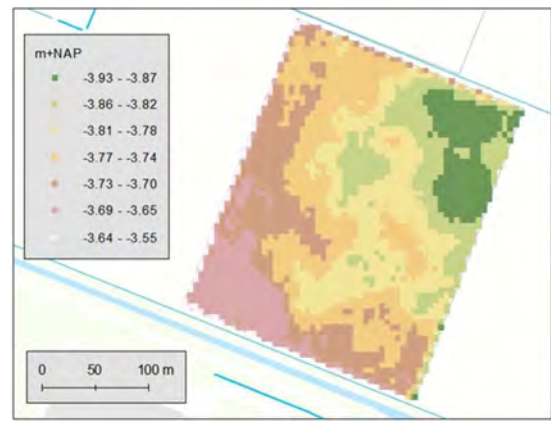
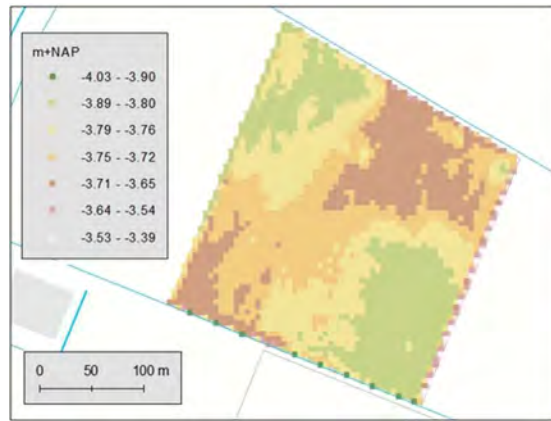
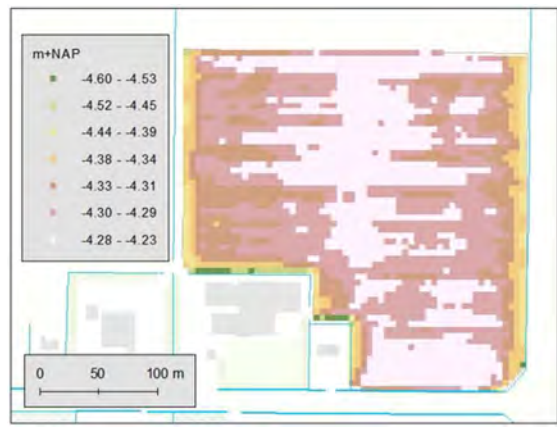
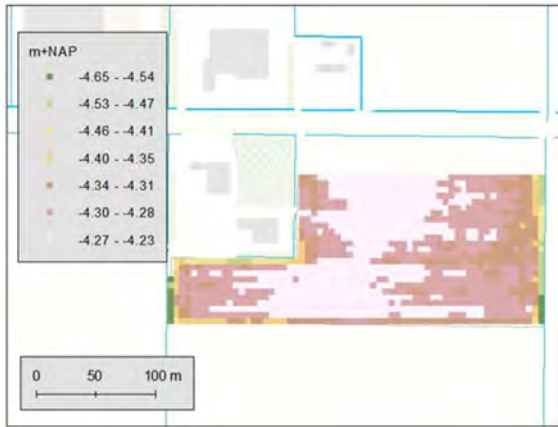


Perelen WS Vechtstromen V6 t/m V10; meetpunten 'kwetsbaar' (rood) en 'representatief' (blauw)

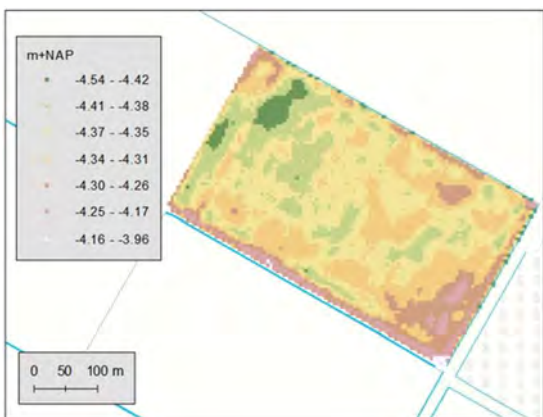
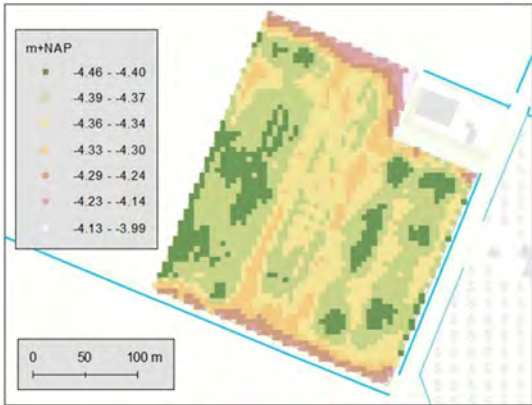
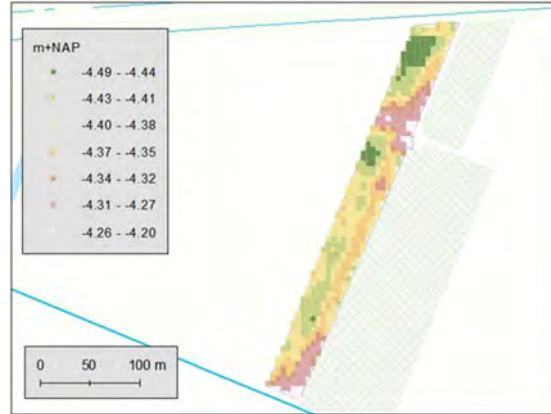
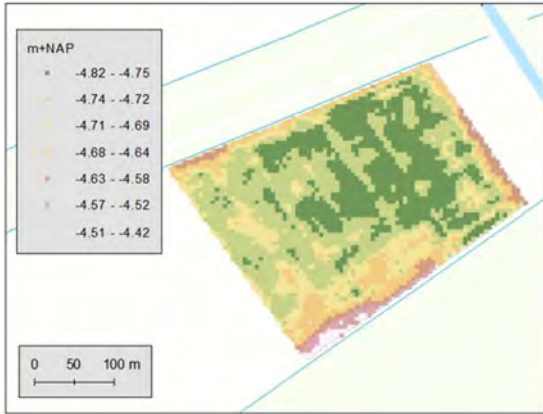
3-3 Kaart maaiveldhoogte (AHN3)

Actualiteit van het AHN (www.ahn.nl)

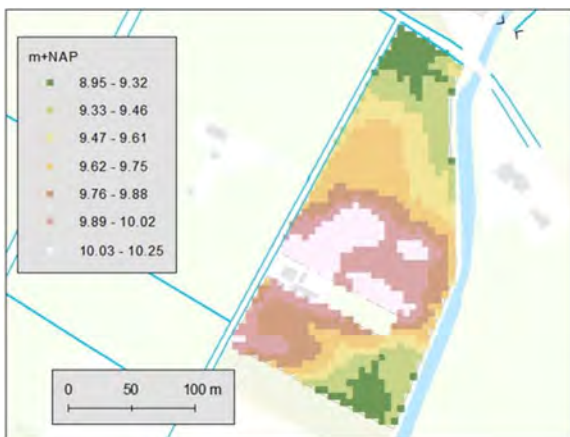
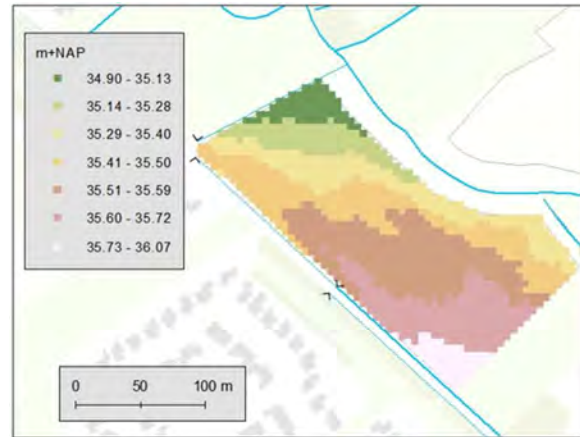
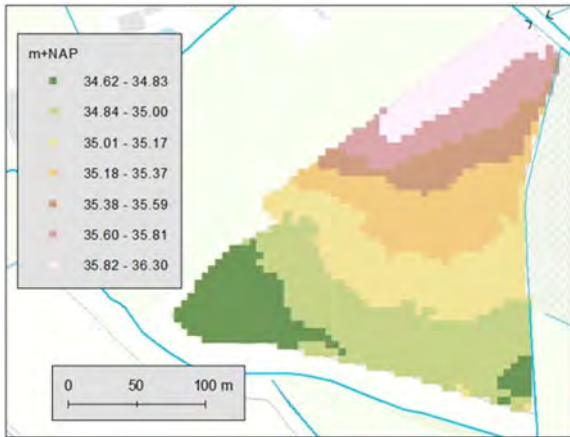
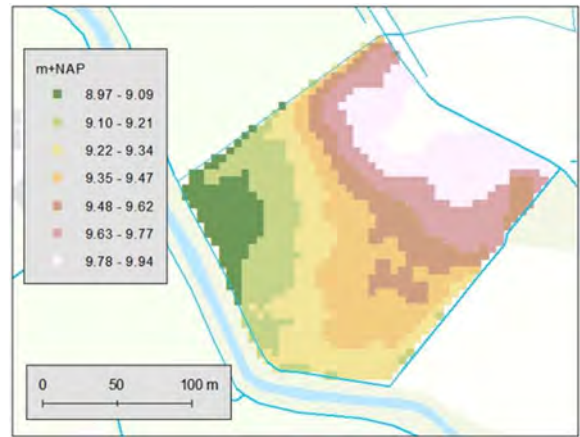
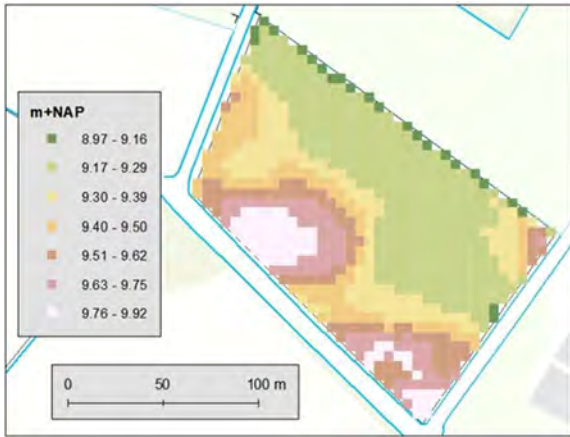




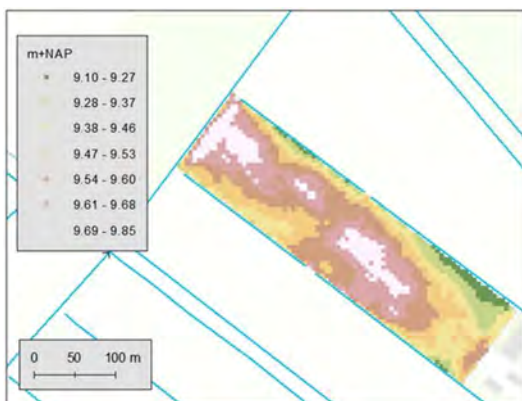
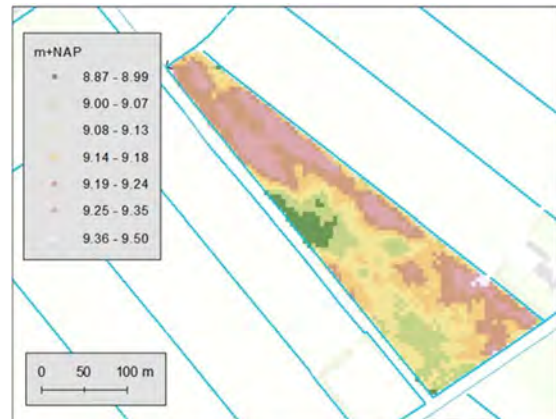
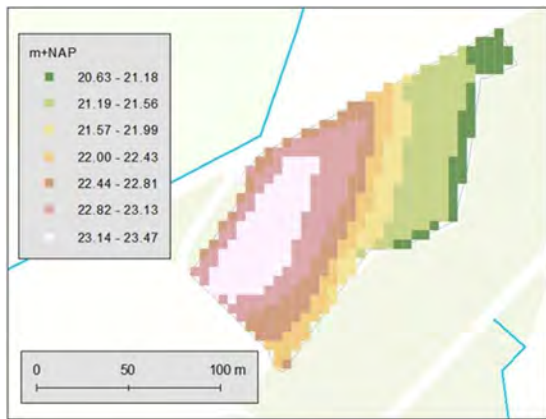
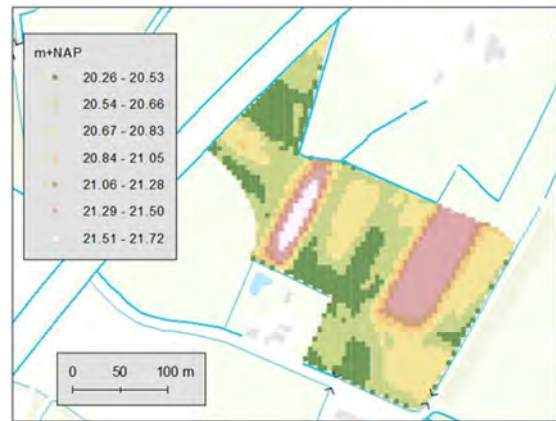
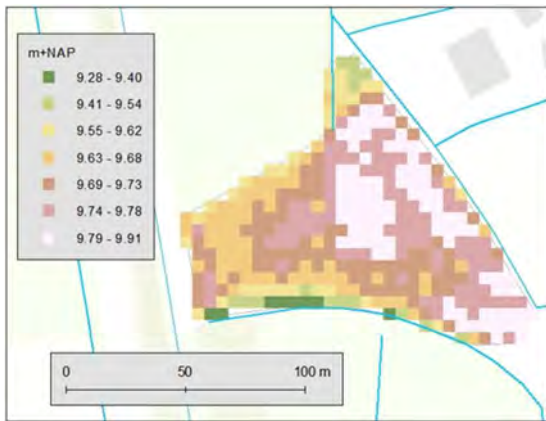
Maaiveldhoogte percelen WS Zuiderzeeland F1 t/m F5 (AHN3_5m_DTM_filled)



Maaiveldhoogte percelen WS Zuiderzeeland F6 t/m F10 (AHN3_5m_DTM_filled)



Maaiveldhoogte percelen WS Vechtstromen V1 t/m V5 (AHN3_5m_DTM_filled)

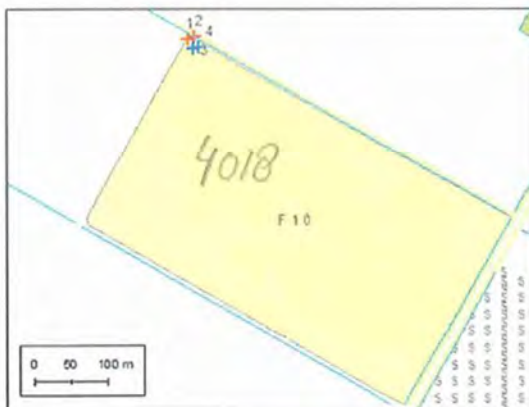
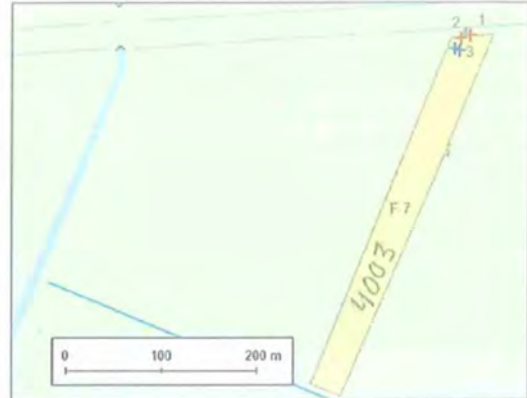


Maaiveldhoogte percelen WS Vechtstromen V6 t/m V10 (AHN3_5m_DTM_filled)

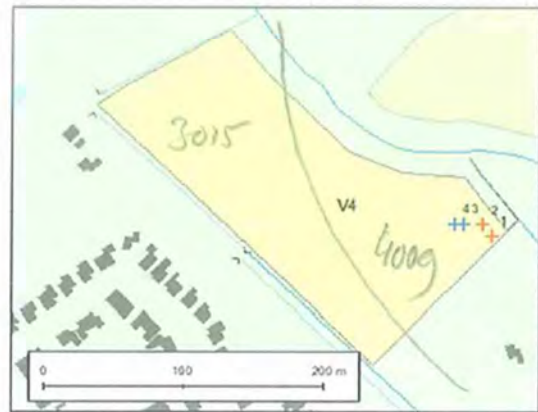
3-4 Bodemtypenkaart (BOFEK2020)



Clusters van bodemeenheden percelen WS Zuiderzeeland F1 t/m F5 (BOFEK2020)



Clusters van bodemeenheden percelen WS Zuiderzeeland F6 t/m F10 (BOFEK2020)



Clusters van bodemeenheden percelen WS Vechtstromen V1 t/m V5 (BOFEK2020)



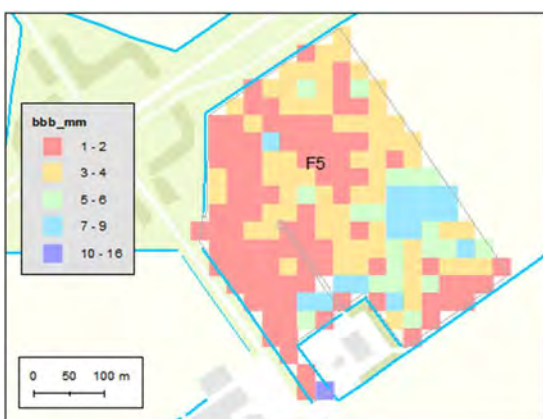
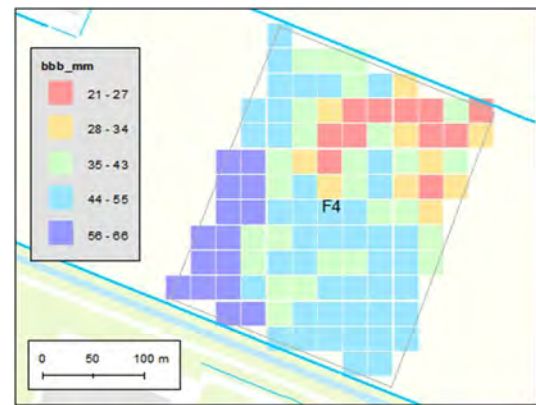
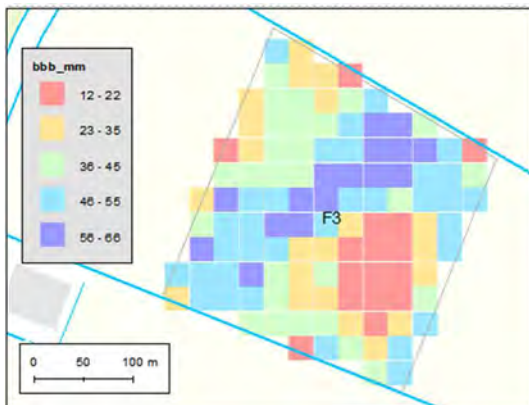
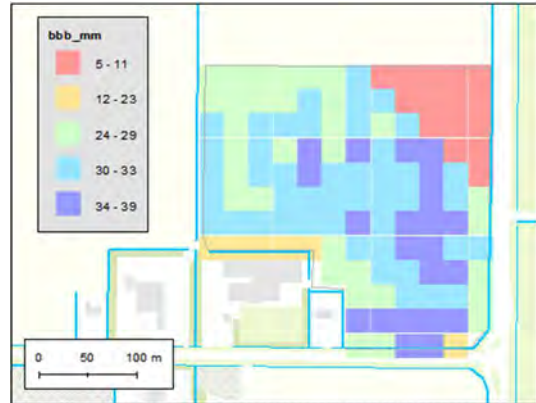
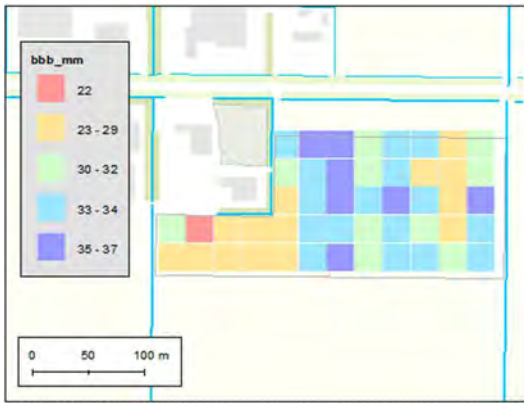
Clusters van bodemeenheden percelen WS Vechtstromen FV6 t/m V10 (BOFEK2020)

3-5 Kaart beschikbare ruimte voor berging in de bodem

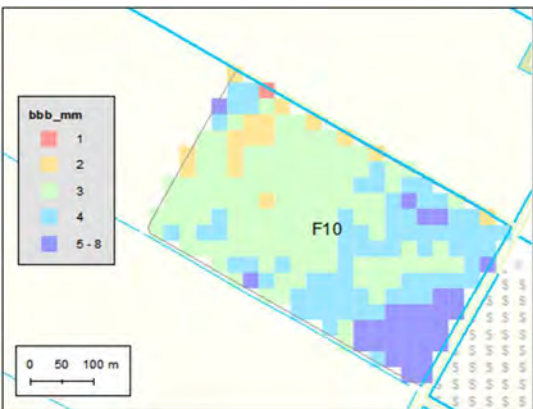
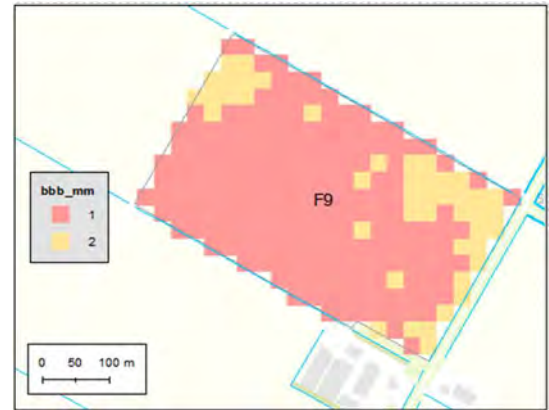
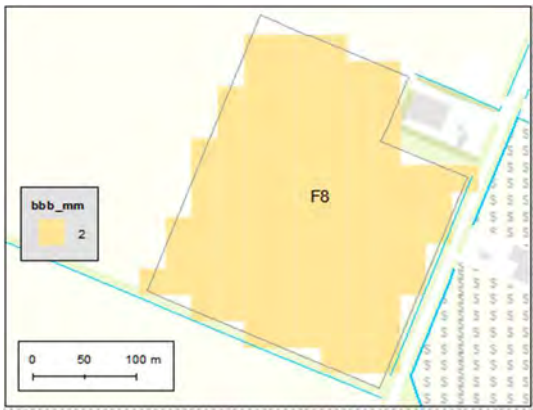
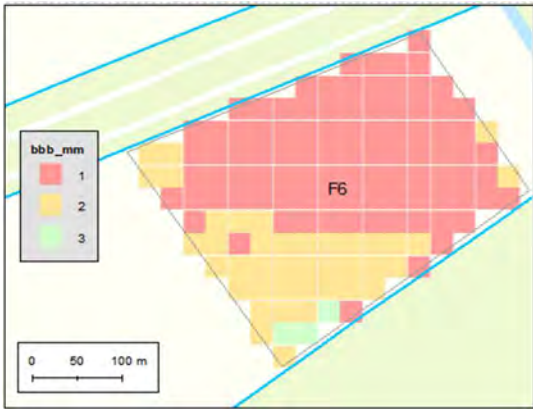
De beschikbare berging in de bodem is berekend voor de laag tussen maaiveld en de GHG, bij een stationaire, neerwaartse flux van 2 mm/d. Dit getal komt overeen met het gemiddelde neerslagoverschot in de winter. In de tabel is het gemiddelde van de beschikbare berging in de bodem gegeven. Dit perceelkenmerk wordt niet getoond in de tool.

Tabel: Het gemiddelde van de beschikbare berging in de bodem (gbbm_mm)

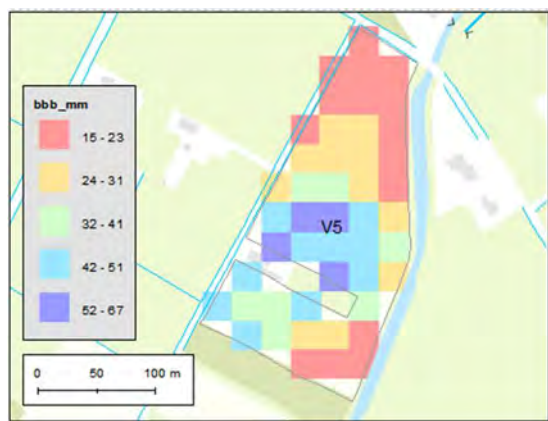
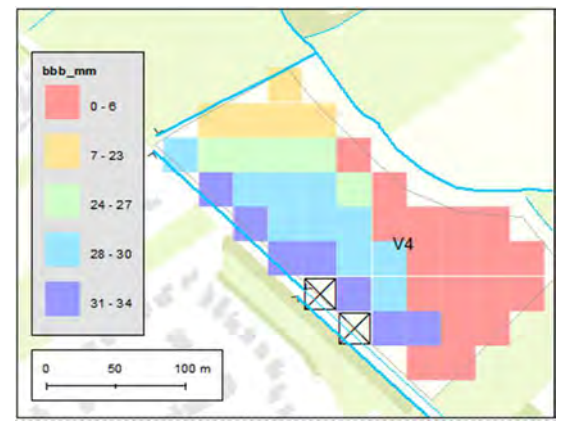
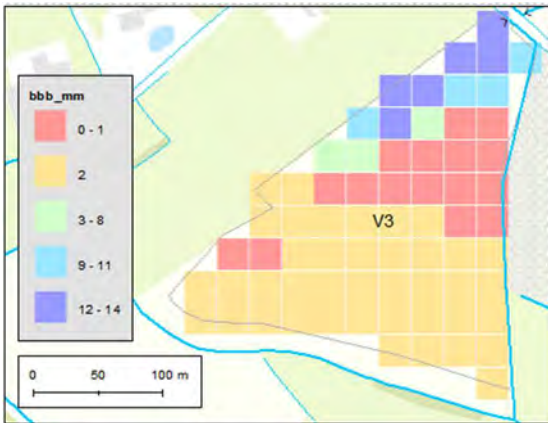
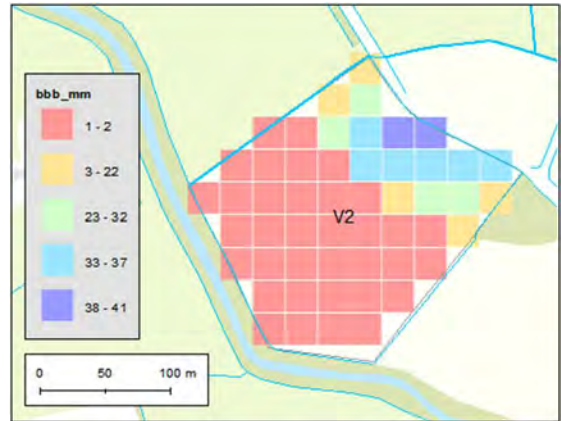
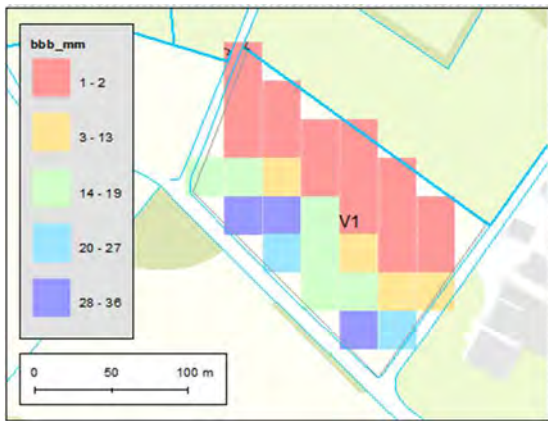
KIWK_ID	totaal (mm)	#punten	gbbm_mm
F1	39643	1264	31
F2	80140	2827	28
F3	118687	2839	42
F4	118570	2688	44
F5	15196	4821	3
F6	5286	3453	2
F7	981	604	2
F8	4227	2542	2
F9	8539	5888	1
F10	20277	5843	3
V1	8406	773	11
V2	13659	1335	10
V3	5789	1708	3
V4	19866	1157	17
V5	39640	1178	34
V6	8260	375	22
V7	1926	2084	1
V8	34168	538	64
V9	17366	1909	9
V10	66133	1931	34



Beschikbare berging in de bodem percelen WS Zuiderzeeland F1 t/m F5 (mm)

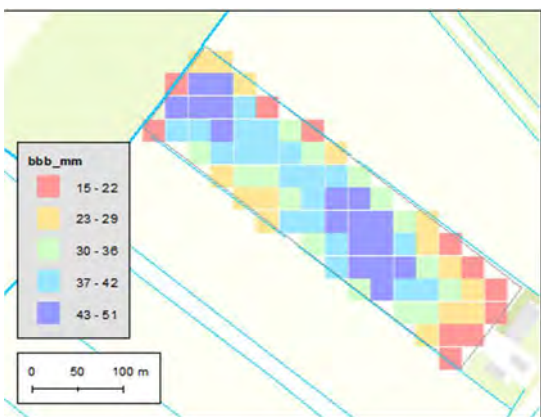
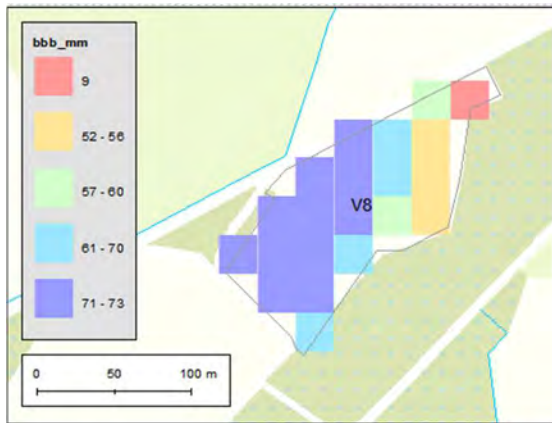
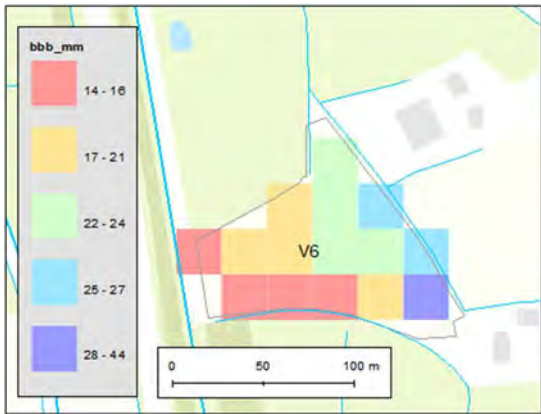


Beschikbare berging in de bodem percelen WS Zuiderzeeland F6 t/m F10 (mm)



-1 nodata

Beschikbare berging in de bodem percelen WS Vechtstromen V1 t/m V5 (mm)



 -1 nodata

Beschikbare berging in de bodem percelen WS Vechtstromen V6 t/m V10 (mm)

3-6 Tabel en kaart beschikbare berging op maaiveld

Een afvoerloze laagte is een punt op het maaiveld zonder afvoerrichting. In alle (max. 8) aangrenzende punten ligt het maaiveld hoger. De overloop van de afvoerloze laagte is het laagste maaiveldniveau in de aangrenzende punten. De opvulling in het punt – het verschil tussen de maaiveldhoogte in het punt en de overloop - is de beschikbare berging op maaiveld (bbm_mm).



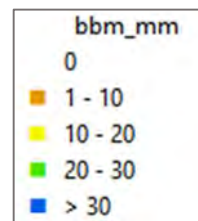
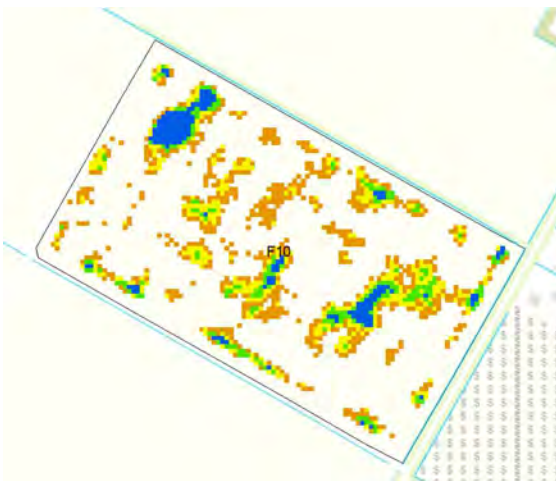
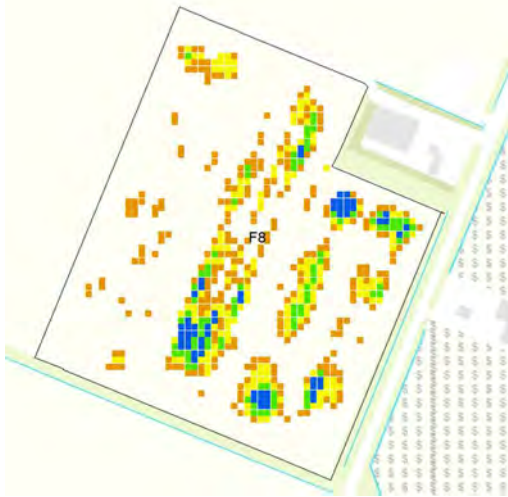
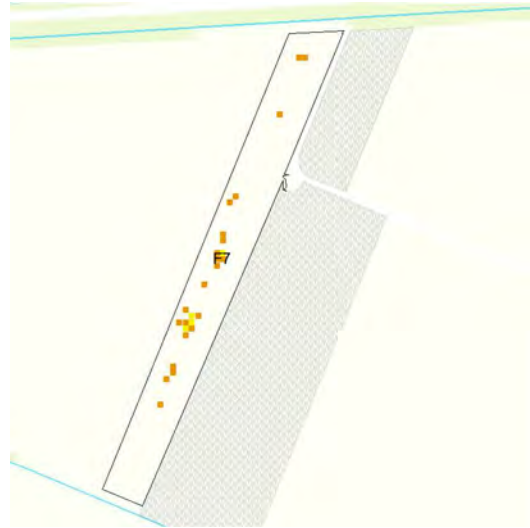
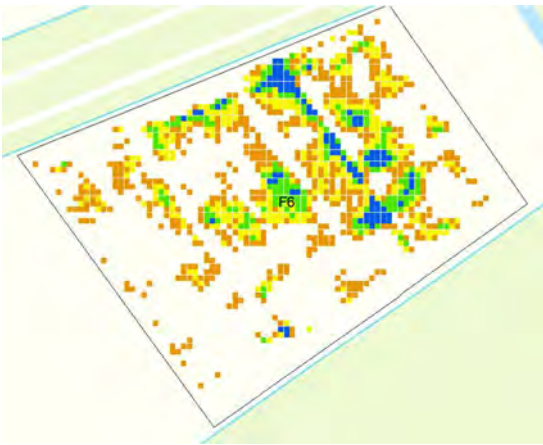
Het perceelkenmerk gemiddelde berging op het maaiveld (gbbm_mm) is berekend als de som van de opvulling in de punten gedeeld door het totaal aantal punten binnen het perceel.

Tabel: Verdeling van het perceeloppervlak over punten met - en zonder afvoerloze laagte (%) en de gemiddelde berging op het maaiveld (mm)

Perceel	met (%)	zonder (%)	gbbm (mm)
F1	6.3	93.8	0.8
F2	7.7	92.3	0.9
F3	10.8	89.2	1.7
F4	14.7	85.3	2.7
F5	28.3	71.7	7.2
F6	32.5	67.5	6.3
F7	4.3	95.7	0.5
F8	23.6	76.4	4.5
F9	17.0	83.0	2.6
F10	24.6	75.4	5.1
V1	6.6	93.4	1.4
V2	1.0	99.0	0.1
V3	0.3	99.7	0.0
V4	0.2	99.8	0.0
V5	2.9	97.1	0.5
V6	5.6	94.4	1.0
V7	2.3	97.7	0.3
V8	0.0	100.0	0
V9	6.9	93.1	1.6
V10	1.0	99.0	0.1
alle percelen	15.0	85.0	0.8



Beschikbare berging op maaiveld percelen WS Zuiderzeeland F1 t/m F5 (mm)



Beschikbare berging op maaiveld percelen WS Zuiderzeeland F6 t/m F10 (mm)



Beschikbare berging op maaiveld percelen WS Vechtstromen V1 t/m V5 (mm)



Beschikbare berging op maaiveld percelen WS Vechtstromen V6 t/m V10 (mm)

3-7 Tabel en kaart risico-index (wintersituatie)

Legenda van de kaart van de risico-index (wintersituatie)

klasse	ondergrens	bovengrens	omschrijving
1	0	1	zeer laag
2	2	3	laag
3	4	6	gemiddeld
4	7	8	hoog
5	9	10	zeer hoog

In IMAP bestaat de legenda van de kaart van de risico-index 11 klassen (0 t/m 10 punten) met de omschrijving conform onderstaande tabel)

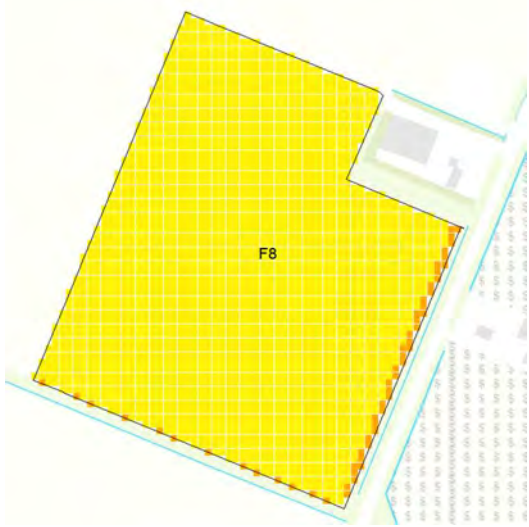
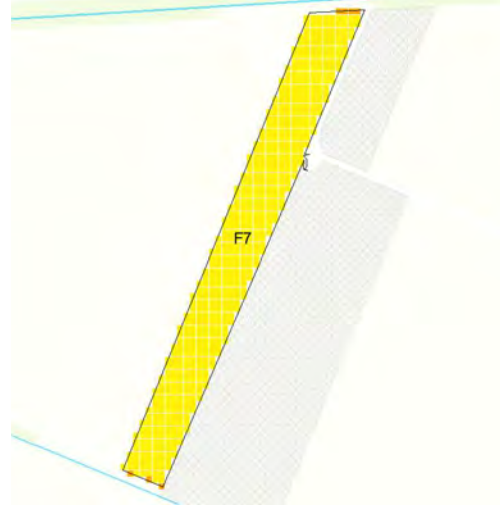
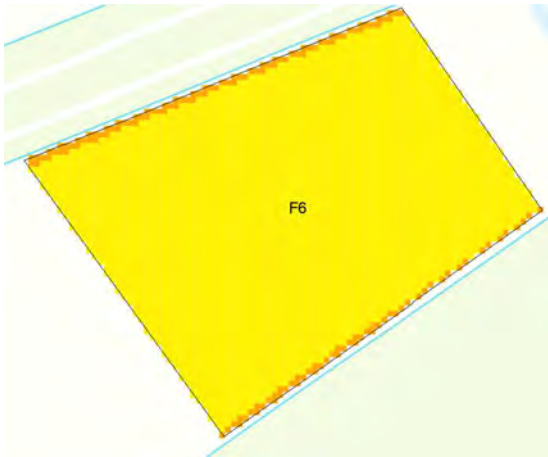
Verdeling van de risico index binnen het perceel (oppervlak in %)

	risico				
Perceel	zeer laag	laag	gemiddeld	hoog	zeer hoog
F1	47	45	9		
F2	45	39	15	2	
F3	36	58	6	0.4	
F4	46	50	4		
F5			94	6.3	0.2
F6			96	4	
F7			99	1	
F8			98	2	
F9			93	6	1
F10			94	5	1
V1		35	51	11	3
V2	3	20	65	10	2
V3		26	70	3	1
V4	14	37	49	0.2	0.1
V5	39	49	11	0.3	
V6	5	67	28	1	
V7*					
V8	93	7			
V9		30	67	3	
V10	35	50	15	0.1	
alle percelen	13	20	64	3.5	0.4

*) nodata



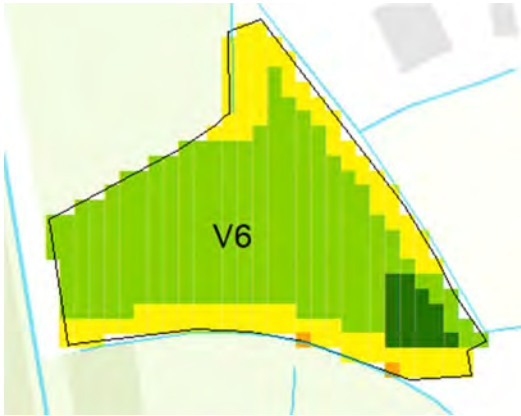
Risico Index afspoeling (wintersituatie) percelen WS Zuiderzeeland F1 t/m F5



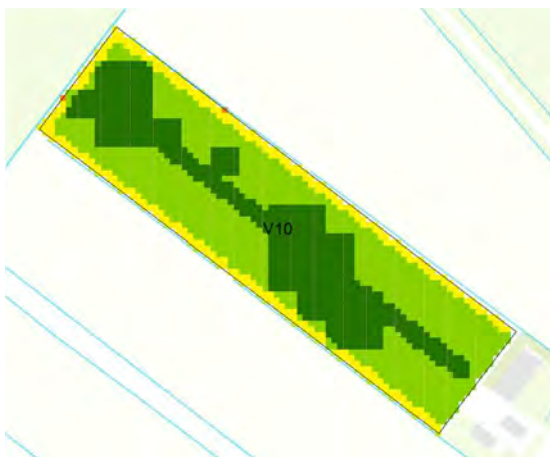
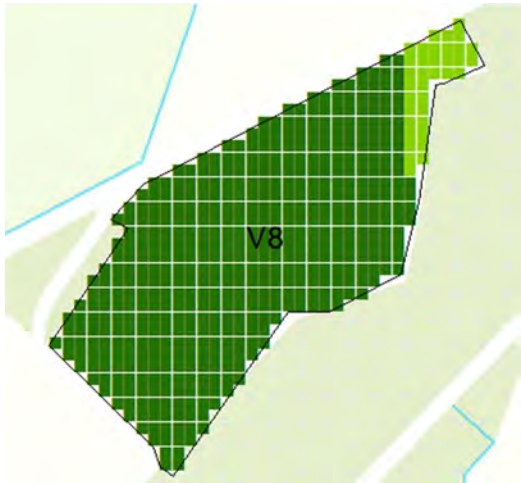
risico index (-)	
■	zeer laag
■	laag
■	gemiddeld
■	hoog
■	zeer hoog

Risico Index afspoeling (wintersituatie) percelen WS Zuiderzeeland F6 t/m F10





No data
(bbb ontbreekt op 87% van het perceel)



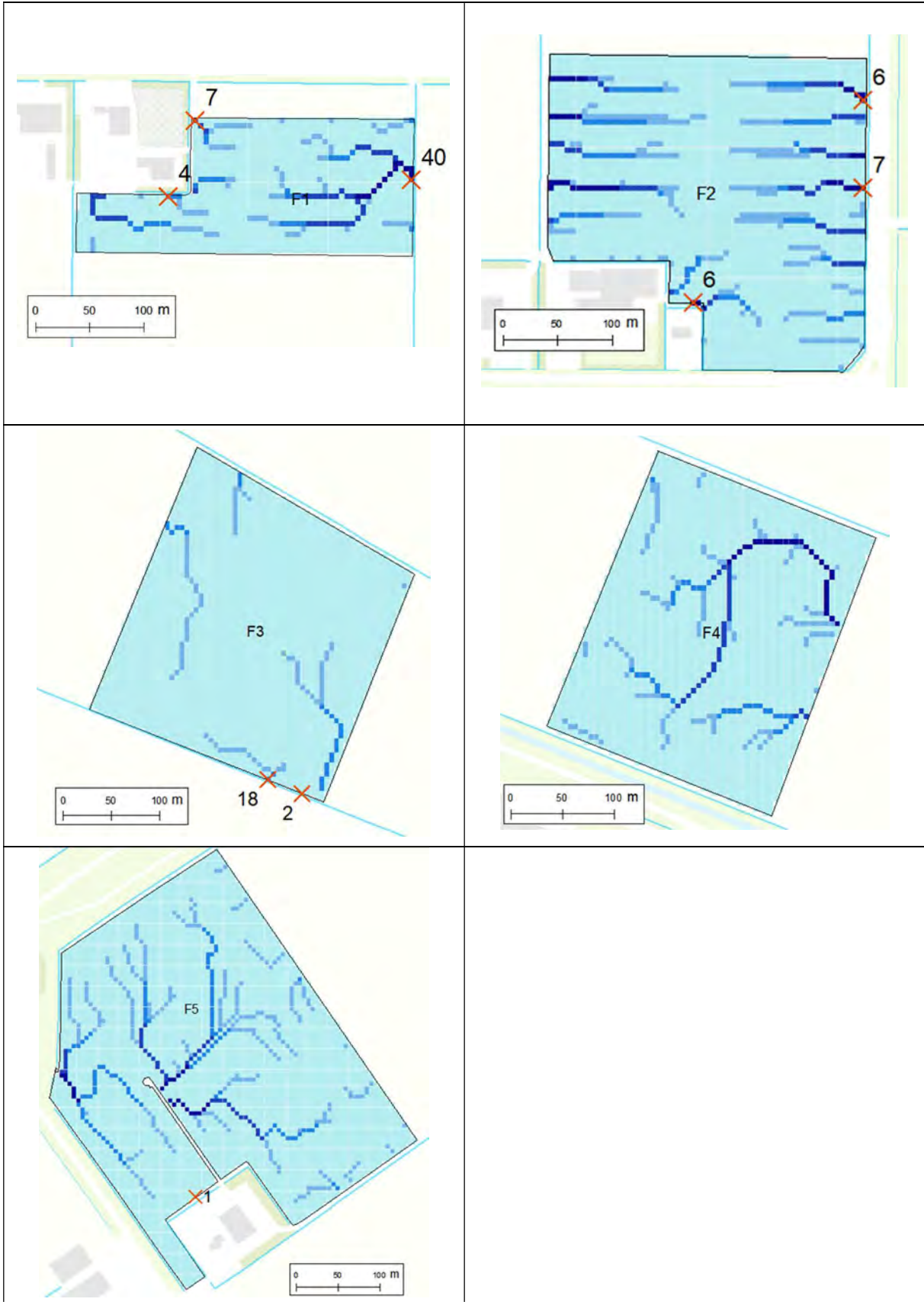
Risico Index afspoeling (wintersituatie) percelen WS Vechtstromen V6 t/m V10

3-8 Tabel met afstroompunten, kaart met afstromingspatroon (zomersituatie) en afstroompunten

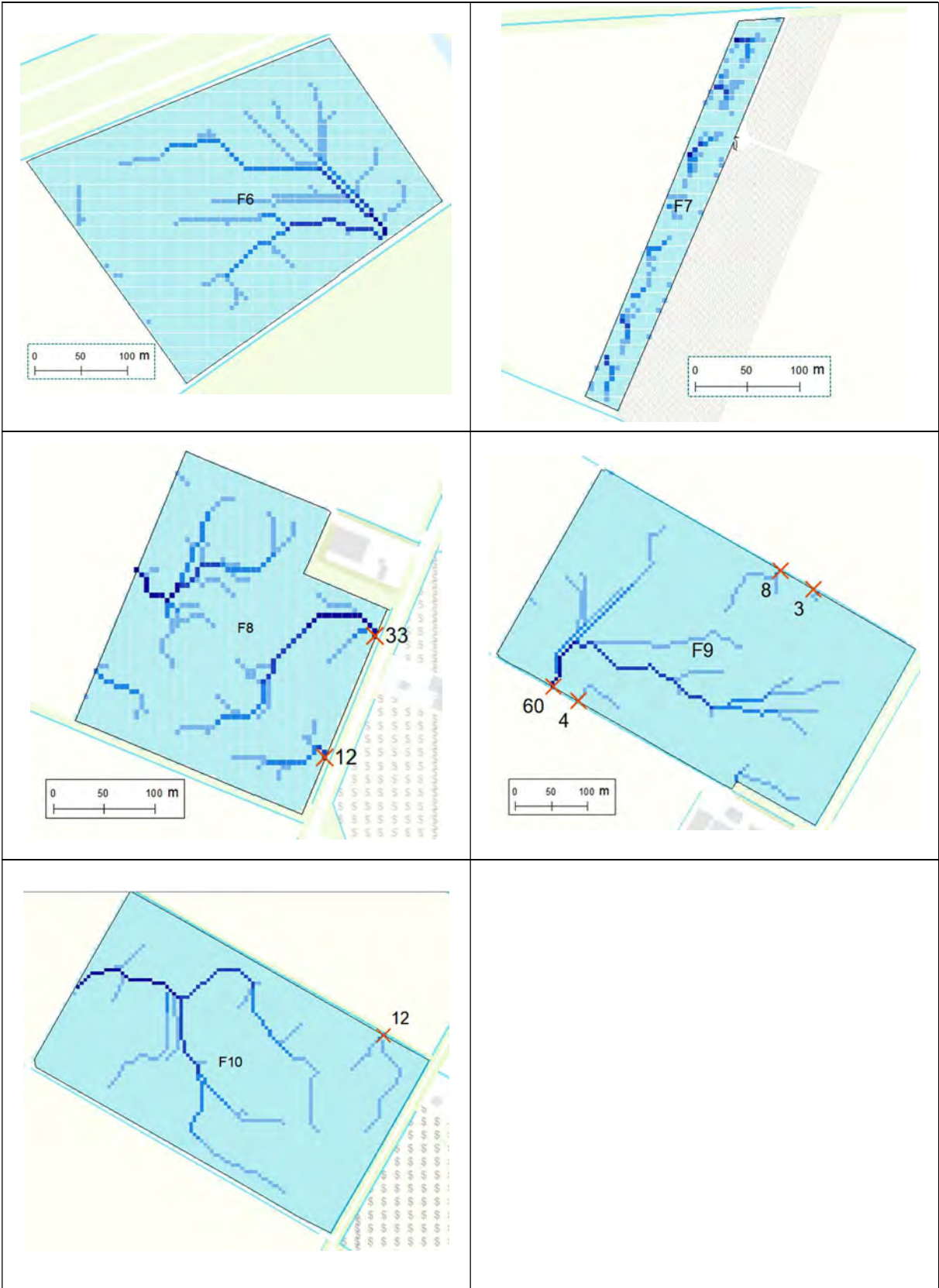
Tabel: Top5-afstroompunten met het oppervlak van het vanggebied (% van het perceel).

perceel	rangnummer				
	1	2	3	4	5
F1	40	7	4		
F2	7	6	6		
F3	18	2			
F4					
F5	1				
F6					
F7					
F8	33	12			
F9	60	8	4	3	
F10	12				
V1	30	5	5	4	3
V2	36	13	6	5	5
V3	13	5	3	2	2
V4	39	5	4	1	
V5	22	18	13	8	4
V6	24	24	1	1	1
V7	15	7	5	4	4
V8					
V9	32	27	7	2	2
V10	15	10	8	6	3

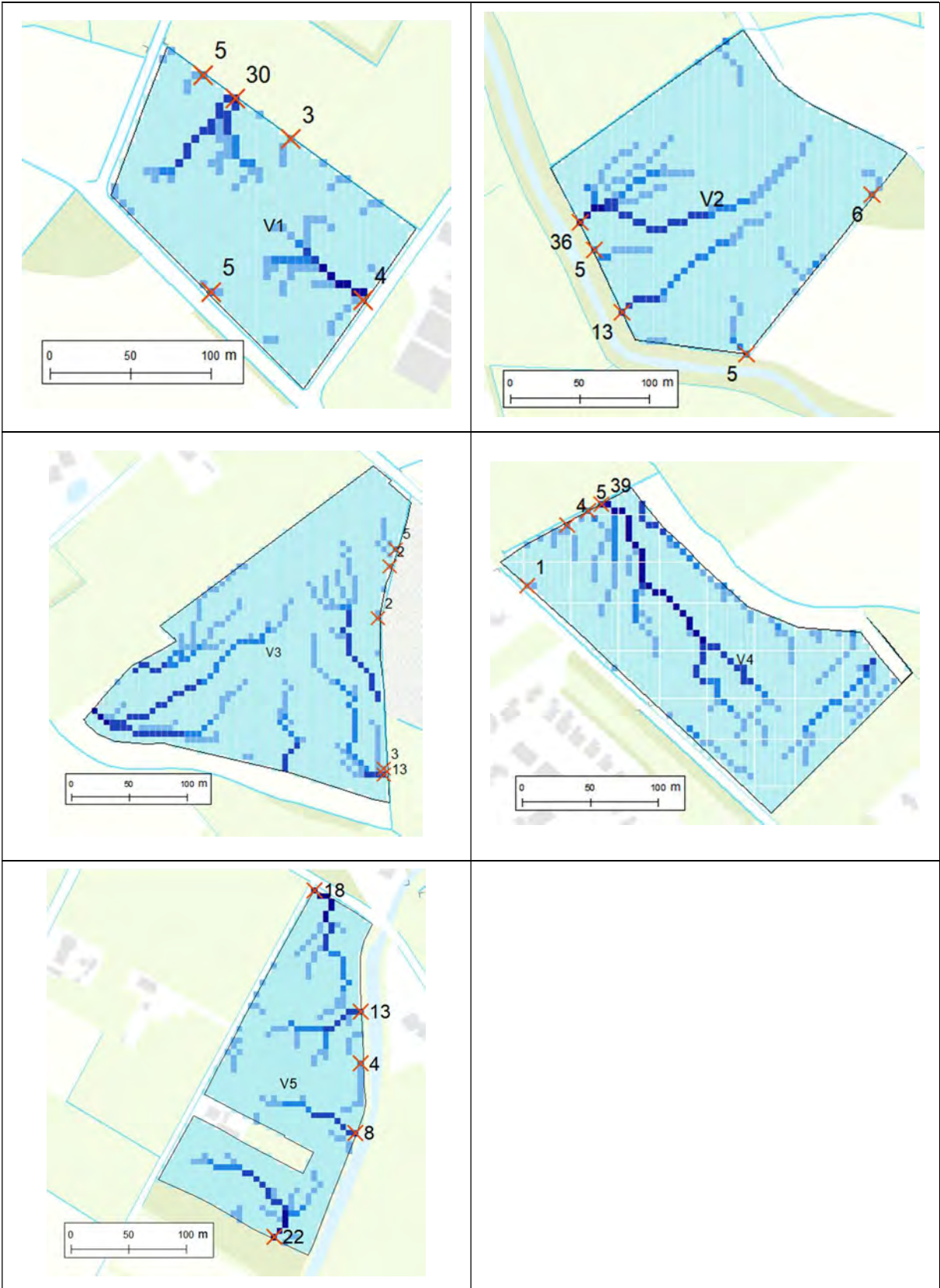
In de tool worden de afstroompunten langs de rand van het perceel getoond op kaart. Van elk afgebeeld afstroompunt is het oppervlak van het bovenstrooms gelegen vanggebied gegeven (in % van het perceeloppervlak; $\geq 1\%$; max. aantal 5). Er zijn percelen waar het afstromingspatroon eindigt in punten langs de rand van het perceel waar volgens de kaart geen kavelsloot aanwezig is binnen de zoekstraal. Zo'n punt voldoet niet aan de definitie van een afstroompunt. Uit de kaart van het afstromingspatroon valt wel op te maken waar het vanggebied zich bevindt.



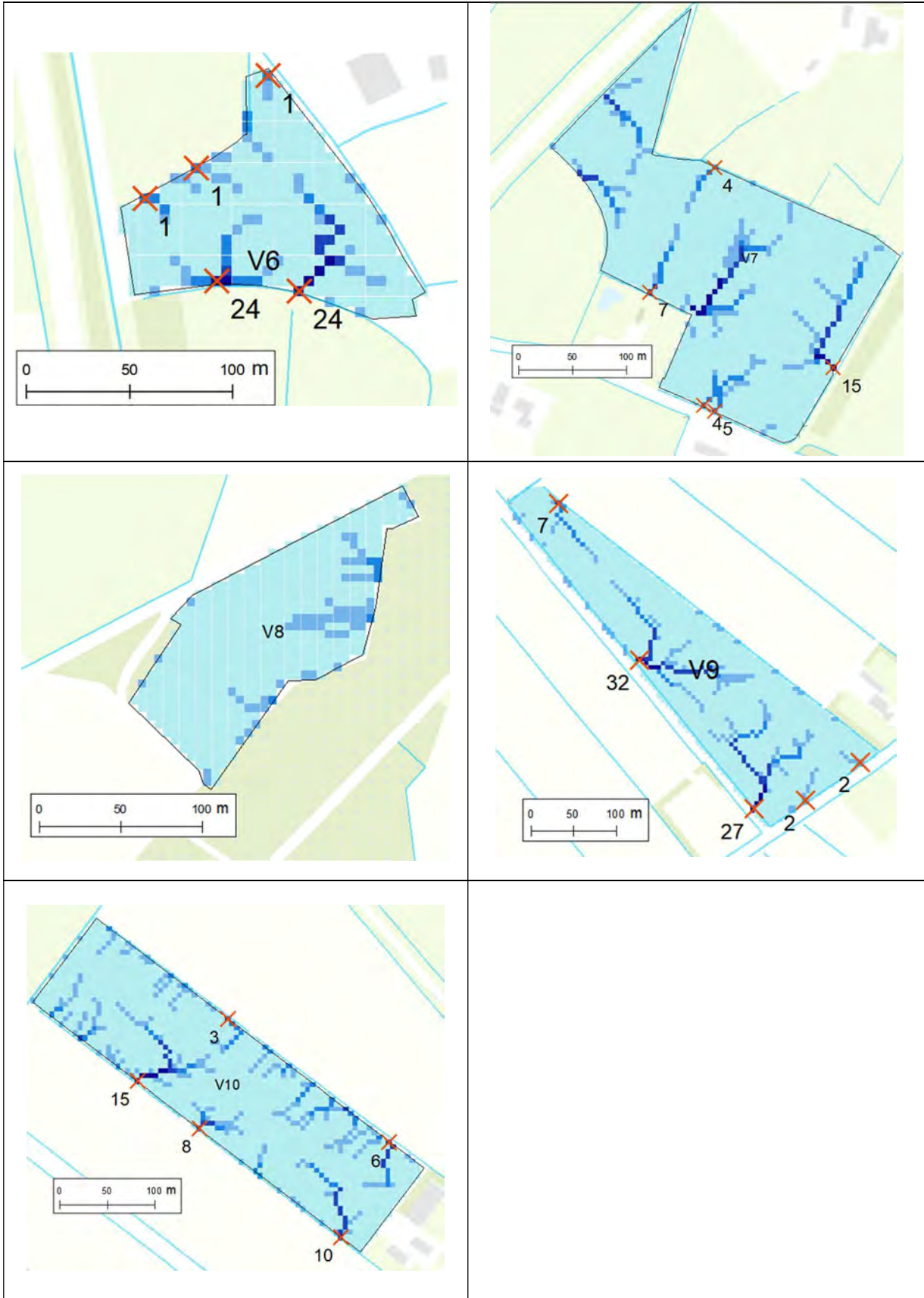
Afstromingspatroon met afstroompunten percelen WS Zuiderzeeland F1 t/m F5



Afstromingspatroon met afstroompunten percelen WS Zuiderzeeland F6 t/m F10



Afstromingspatroon met afstroompunten percelen WS Vechtstromen V1 t/m V5



Afstromingspatroon met afstroompunten percelen WS Vechtstromen V6 t/m V10

3-9 Tabel Perceelkenmerken

ID	#pnts_5m	opp	bodem			grondwater					beschikbare berging			aan-grenzende sloten?			
			(ha)	(-)	(-)	(-)	(cm-mv)	(-)	(-)	(-)	(%)	gbbm_mm	gbbb_mm				
			BOFEK2020	code	grondsoort	Gt	Gt	GGHG	code	buisdrainage	GRI	ROV	ROV	helling	berging	bodem	
F1	1264	3.2	3021	3	zand	14	Vlo	73	1	ja	1.7	5	zeer groot	0.236	0.8	31.4	gedeeltelijk
F2	2827	7.1	3021	3	zand	14	Vlo	71	2	nee	2.0	5	zeer groot	0.139	0.9	28.3	gedeeltelijk
F3	2839	7.1	3023	3	zand	17	VlId	103	2	nee	2.0	3	matig	0.240	1.7	41.8	gedeeltelijk
F4	2688	6.7	4022	4	klei	17	VlId	112	2	nee	1.7	4	groot	0.147	2.7	44.1	gedeeltelijk
F5	4821	12.1	4002	4	klei	14	Vlo	63	1	ja	4.5	3	matig	0.285	7.2	3.2	gedeeltelijk
F6	3453	8.6	4002	4	klei	8	IV	48	1	ja	4.4	4	groot	0.136	6.3	1.5	gedeeltelijk
F7	604	1.5	4003	4	klei	14	Vlo	68	1	ja	4.2	3	matig	0.236	0.5	1.6	geen
F8	2542	6.4	4003	4	klei	14	Vlo	71	1	ja	4.4	3	matig	0.186	4.5	1.7	gedeeltelijk
F9	5888	14.7	4014	4	klei	14	Vlo	59	1	ja	4.5	3	matig	0.193	2.6	1.5	gedeeltelijk
F10	5843	14.6	4018	4	klei	14	Vlo	54	2	nee	4.5	3	matig	0.152	5.1	3.5	gedeeltelijk
V1	773	1.9	3002	3	zand	7	IIIb	42	2	nee	4.4	5	zeer groot	0.683	1.4	10.9	volledig
V2	1335	3.3	3002	3	zand	7	IIIb	41	2	nee	4.4	4	groot	0.783	0.1	10.2	volledig
V3	1708	4.3	4009	4	klei	7	IIIb	28	1	ja	4.1	5	zeer groot	0.813	0.03	3.4	gedeeltelijk
V4	1157	2.9	3015	3	zand	14	Vlo	56	2	nee	3.0	4	groot	0.688	0.02	17.2	gedeeltelijk
V5	1178	2.9	3007	3	zand	14	Vlo	74	2	nee	2.0	3	matig	0.758	0.5	33.6	gedeeltelijk
V6	375	0.9	3015	3	zand	14	Vlo	60	2	nee	3.0	4	groot	0.651	1.0	22.0	gedeeltelijk
V7	2084	5.2	3015	3	zand	nodata	nodata	nodata	1	ja	nodata	4	groot	0.640	nodata	nodata	gedeeltelijk
V8	538	1.3	3012	3	zand	17	VlId	114	2	nee	0.4	3	matig	2.449	0	63.5	geen
V9	1909	4.8	2001	2	moer	7	IIIb	37	2	nee	4.1	10	beperkt door veenlagen	0.288	1.6	9.1	volledig
V10	1931	4.8	3015	3	zand	17	VlId	77	2	nee	2.0	4	groot	0.341	0.1	34.2	volledig

Kleine verschillen tussen de cijfers in deze tabel (o.b.v. GDB_v3) en de perceelkenmerken in IMAP kunnen voorkomen.

Bijlage 4: Groslijst van maatregelen

Deze bijlage bevat de teksten die als toelichting bij de maatregelen beschikbaar zijn in IMAP (info-knop).

Organische stofbeheer

11-1 Groenbemesters na elke teelt

Een **groenbemester of een mengsel van groenbemesters** kan worden geteeld voor meerdere doelen, waaronder de chemische - en/of biologische bodemvruchtbaarheid.

Door de bodemvruchtbaarheid in stand te houden of te verbeteren, wordt de bodem onder andere beschermd tegen ongunstige weersinvloeden zoals hevige neerslag en is deze beter in staat om het water te laten infiltreren en op te slaan. Hierdoor wordt afstroming van water en afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen beperkt.

Raadpleeg het [Handboek Groenbemesters](#) voor praktische informatie; zoals over de juiste groenbemesterskeuze voor uw situatie.

21-2 Gewasresten achterlaten op het perceel

Het **achterlaten van gewasresten op het perceel** draagt bij aan de opbouw van organische stof.

Organische stof vervult meerdere functies in de bodem, waaronder het verbeteren van de bodemstructuur, de bewerkbaarheid en een verhoogd vochtvasthoudend vermogen.

Kijk voor meer informatie over organische stof in het [Handboek Bodem en bemesting](#).

31-3 Grond extensief bewerken met ondiep ploegen of NKG

Door de bodem **extensief te bewerken met bijvoorbeeld ondiep ploegen of niet-kerende-grondbewerking (NKG)**, wordt het bodemleven bevorderd, de bodemstructuur verbeterd en de afspoeling van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen verminderd.

Het grootste voordeel van NKG is een betere bodem met een betere waterinfiltratie en minder droogteproblemen. Onder ondiep ploegen wordt verstaan ploegen met een ploegdiepte van max 20 cm.

Zie voor meer informatie dit [artikel van Beter Bodembeheer](#).

41-4 Stem organische stofaanvoer af op de balans tussen stabiele en instabiele organische stoffen

Organische stof is een van de belangrijkste factoren van zowel de biologische, chemische als fysische bodemvruchtbaarheid.

Het verschil tussen afbraak en aanvoer bepaalt of het organische stofgehalte in balans is. Deze is in balans wanneer er net zoveel wordt aangevoerd als afgebroken.

De labiele fractie van de organische stof breekt snel af en is belangrijk voedsel voor het bodemleven, terwijl de stabiele fractie een belangrijke bijdrage levert aan de structuur en het vermogen van de bodem om nutriënten en vocht vast te houden.

De verschillende organische materialen hebben een bepaalde verhouding van deze fracties. Bij de aanvoer van organische stof met het doel om het bodem-organische stofgehalte in balans te krijgen, moet hier rekening mee gehouden worden.

51-5 **Aanvoer van compost**

Compost brengt veel effectieve organische stof in de bodem, veel meer dan bijvoorbeeld drijfmest.

Effectieve organische stof is de hoeveelheid die een jaar na toediening nog aanwezig is. Deze organische stof is onder meer belangrijk voor de bodemstructuur.

61-6 **Aanvoer van organische mest**

Organische mest brengt relatief meer effectieve organische stof in de bodem in vergelijking met drijfmest.

Effectieve organische stof is de hoeveelheid die een jaar na toediening nog aanwezig is. Deze organische stof is onder meer belangrijk voor de bodemstructuur.

71-7 **Aanvoer van stro**

Stro bevat veel koolstof ten opzichte van stikstof. Het heeft daarmee een hoog gehalte effectieve organische stof.

Effectieve organische stof is de hoeveelheid die een jaar na toediening nog aanwezig is. Deze organische stof is onder meer belangrijk voor de bodemstructuur.

Bodemstructuur verbeteren

82-1 **Vaste rijpaden**

Rijpadenteelt is erop gericht om een zo klein mogelijk oppervlak van een perceel te berijden. Hiervoor gebruikt men vaste 'rijpaden' waarbij steeds over dezelfde (smalle) sporen wordt gereden.

Het doel van vaste rijpaden is om de bodemstructuur te sparen, zodat de condities voor het gewas zo optimaal mogelijk zijn. Door het niet berijden ontstaat ook een homogeen teeltbed waarin de verschillen in onder andere vlakligging, verkrumeling en waterhuishouding zeer gering zijn.

92-2 **Ruw zaai- of plantbed**

Door het **zaaibed ruwer te leggen** stroomt water minder snel af.

102-3 **Hoog saldo-gewassen afwisselen met intensief (diep) wortelende gewassen en groenbemesters**

Hoog saldo-gewassen zoals aardappel, peen en ui **vragen veel van de bodem**. Zo worden aardappel en suikerbiet laat geoogst, wat een groter risico geeft op bodemverdichting.

Fijne en intensieve doorworteling van de bouwvoor (bijvoorbeeld met grassen) houden bodemdeeltjes langer bij elkaar en wortelkanalen van afgestorven diepgaande wortels verbeteren de waterafvoer. Hoe intensiever en dieper de beworteling van groenbemesters, des te groter is de bijdrage aan een goede bodemkwaliteit.

112-4 **Gebruik van lichte machines**

Door het land alleen te betreden met **lichte machines** wordt het risico op bodemverdichting beperkt.

122-5 **Investeren in lichte machines**

Door **in lichte machines te investeren** zorg je ervoor dat de belasting van de bodem wordt beperkt en op de lange termijn bodemverdichting wordt voorkomen.

132-6 **Planning van werkzaamheden laten afhangen van de bodemconditie**

Hoewel het niet altijd mogelijk is, bijvoorbeeld met de oogst, wordt de bodemkwaliteit gespaard door de **planning van werkzaamheden te laten afhangen van de bodemconditie en weersomstandigheden**. In het voorjaar is dit wel mogelijk.

142-7 **Bodem nagenoeg jaarrond bedekt**

Door de **bodem nagenoeg jaarrond bedekt te houden**, bijvoorbeeld met een groenbemester, wordt de bodem beschermd tegen weersinvloeden zoals hevige neerslag in de winter of tegen de werking van de wind die verstuiving veroorzaakt op zand- en dalgronden.

Op klei- en zavelgronden kan het verslemping en verspoeling voorkomen, waardoor het water beter kan infiltreren en minder afstroomt.

Waterdoorlatendheid bodem verbeteren

153-1 **Infiltratiegeul of -greppel**

Met **infiltratiegreppels** kan afspoelend water vanaf het perceel worden opgevangen om te voorkomen dat het direct afstroomt naar de sloot en dat restanten van gewasbeschermingsmiddelen meespoelen. Hierna kan het water in de greppels infiltreren.

Infiltratiegreppels kunnen op verschillende plekken in of langs het perceel worden aangelegd: voor de ruggen of zaaibedden langs (tussen kopakker en de ruggen in), parallel aan de sloot, of een combinatie van beide.

Bij een greppel parallel aan de sloot stroomt het water eerst over de kopakker of bufferstrook waar het al tijd krijgt om te infiltreren. Hiermee wordt het risico op afstroming beter beperkt dan met een greppel tussen de kopakker en ruggen in.

163-2 **Ruggenteelt: Bodem bewerken met woeltand op zaispoor**

Door de **grond op zaisporen wat los te werken** kan water beter infiltreren.

Bodemverdichting beperken

174-1 **Bovenover rijden tijdens ploegen**

Bij **bovenover ploegen rijdt de trekker met de banden niet door de ploegvoor**. Door de ploegvoor rijden kan versmering en/of verdichting veroorzaken.

184-2 **Bredere banden / rupsen**

Doordat de bodem in de wielsporen wordt verdicht kan water op die plaatsen niet of minder goed in de bodem trekken. Met **bredere banden of zelfs rupsbanden** wordt het gewicht van de machine verdeeld over een groter oppervlak, waardoor de druk op de bodem lager is.

194-3 **Bandenspanningwisselsysteem**

Met een **bandenspanningwisselsysteem** kan de bandenspanning vanuit de cabine worden afgestemd op het gebruik.

Door met een lagere bandendruk over het perceel te rijden wordt de druk verdeeld over een groter oppervlak, de insporing minder diep, en het risico op verdichting beperkt.

204-4 **Land niet betreden wanneer 'te' nat**

Hoewel het niet altijd mogelijk is, bijvoorbeeld met de oogst, wordt de **bodemkwaliteit gespaard door het land niet te betreden wanneer dit 'te' nat is**.

214-5 **Drainage**

Een **drainagesysteem** dient voor de juiste vochtcondities voor berijding en bewerking van de bodem. Het systeem helpt om een overschot aan regenwater af te voeren en het grondwater op de gewenste diepte te houden.

Drainsleuven, en macroporiën in scheurende kleigronden, zijn een snelle route voor transport van water en restanten van gewasbeschermingsmiddelen naar de drainpijp. Met de drainafvoer kunnen deze stoffen in het oppervlaktewater terechtkomen. Met opvang en zuivering van het drainagewater kan deze emissie worden beperkt.

224-6 **Ruim bouwplan**

Intensieve bouwplannen met veel laat ruimende rooivruchten geven meer risico op structuurschade en bodemverdichting op het moment dat er geogost wordt. Een **ruimer bouwplan**, mits goed doordacht en afgestemd op de omstandigheden, kan de bodemkwaliteit sparen ten opzichte van een nauw bouwplan.

Ook kan het opnemen van bepaalde gewassen in het bouwplan een positief effect hebben op de bodemkwaliteit. Dit kan de infiltratie bevorderen. Zo zijn wintertarwe en wintergerst gewassen die infiltratie bevorderen en over het maaiveld stromend water afremmen. Op afstromingsgevoelige percelen kan dit een overweging zijn.

234-7 **Bodemverdichting opheffen door woeltand (extensief onder droge omstandigheden)**

Door **bodemverdichting op te heffen** met bijvoorbeeld een woeltand kan de bodem meer vocht opslaan en neemt de waterdoorlatendheid toe.

Kijk voor meer informatie over het [opheffen van bodemverdichting in het Handboek Bodem en bemesting](#).

Irrigatie en waterbeheer

245-1 **Investeren in zuinige en goed controleerbare irrigatiesystemen (berekening, druppelirrigatie, sprinkler).**

Met **zuinige en goed controleerbare irrigatiesystemen** zoals druppelirrigatie kan de irrigatie beter worden afgestemd op de behoefte van het gewas op dat moment.²⁵⁵⁻² **Teveel drainafvoer verminderen door irrigatie af te stemmen op de vochtbalans** Met zuinige en goed controleerbare irrigatiesystemen zoals druppelirrigatie kan de **irrigatie beter worden afgestemd op de behoefte van het gewas op dat moment en de vochtbalans in de bodem.**²⁶⁵⁻³ **Regelbare drainage** Overtollig, ondiep grondwater wordt bij **regelbare drainage** niet meteen afgevoerd, maar langer vastgehouden in de bodem.

De intensiteit van de drainage kan worden ingesteld door de ontwateringsbasis in hoogte te variëren.

Erosiestoppers

276-1 **Drempels tussen de ruggen**

Drempels tussen de ruggen, aangelegd na of tijdens de aanleg van de ruggen in de aardappelteelt, vertraagt de afstroming van water op percelen met een helling.

286-2 **Verruigen van het bovenste gedeelte van de ruggen**

Door het **bovenste gedeelte van de ruggen te verruigen** kan meer water worden vastgehouden en kan het water bovendien beter infiltreren.

Ruggen kunnen worden verruigd met behulp van gitterrollen. Let er op dat de grond droog genoeg is, zodat de rollen niet vollopen met grond.

296-3 **Drempels in/rond het perceel**

Drempels in of rond het perceel helpen om afstroming van water te beperken. Leg de drempels dwars op de helling.

Buffering afstromend water

307-1Gras- en/of kruidenstrook

Een **gras- of kruidenstrook** van een bepaalde breedte en diepte biedt ruimte voor tijdelijke opslag van water, dat in de strook kan infiltreren in de bodem.

Infiltratie voorkomt afstroming van het water en emissie van restanten van gewasbeschermingsmiddelen via oppervlakkige afspoeling.

317-2Infiltratiegreppel

Met **infiltratiegreppels** kan afspoelend water vanaf het perceel worden opgevangen om te voorkomen dat het direct afstroomt naar de sloot en dat gewasbeschermingsmiddelen meespoelen. Hierna kan het water in de greppels infiltreren.

Infiltratiegreppels kunnen op verschillende plekken in of langs het perceel worden aangelegd: voor de ruggen of zaaibedden langs (tussen kopakker en de ruggen in), parallel aan de sloot, of een combinatie van beide.

Bij een greppel parallel aan de sloot stroomt het water eerst over de kopakker of bufferstrook waar het al tijd krijgt om te infiltreren. Hiermee wordt het risico op afstroming meer beperkt dan met een greppel tussen de kopakker en ruggen in.

Watervoering via sporen beperken

328-1Zaaisporen opheffen met cultuur of schijveneg

Om te voorkomen dat water door de aangereden wielsporen voert en niet kan infiltreren, kunnen de **zaaisporen worden opgeheven door de grond daar te bewerken met bijvoorbeeld een cultuur of schijveneg**.

338-2Bandendruk - bandenspanningwisselsysteem

Met een **bandenspanningwisselsysteem** kan de bandenspanning vanuit de cabine worden afgestemd op het gebruik.

Door met een lagere bandendruk over het perceel te rijden wordt de druk verdeeld over een groter oppervlak. De insporing wordt minder diep en het risico op verdichting wordt beperkt.

348-3Bredere banden / rupsen

Doordat de bodem in de wielsporen wordt verdicht kan water op die plaatsen niet of minder goed in de bodem trekken. Met **bredere banden of zelfs rupsbanden** wordt het gewicht van de machine verdeeld over een groter oppervlak, waardoor de druk op de bodem lager is.

Verminderen middelengebruik

359-1Precisiebespuitingen

Met **sectieregeling op GPS kunnen bespuitingen precies worden toegepast** daar waar de behandeling van het gewas nodig is.

Hierdoor wordt minder gewasbeschermingsmiddel gebruikt en kan er ook minder afspoelen.

369-2Gebruik van beslissingsondersteunend programma

BeslissingsOndersteunende Systemen (BOS) kunnen helpen om werkzaamheden beter te plannen en deze bijvoorbeeld af te stemmen op de weersomstandigheden.

Planning bespuiting / werkzaamheden

3710-1 **Gebruik van beslissingsondersteunend programma**

BeslissingsOndersteunende Systemen (BOS) kunnen helpen om werkzaamheden beter te plannen en deze bijvoorbeeld af te stemmen op de weersomstandigheden.

3810-2 **Spuitmoment afstemmen op de weersomstandigheden**

Door het **spuitmoment af te stemmen op de weersomstandigheden** wordt de kans op afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen in de periode na de toediening beperkt. Bijvoorbeeld door niet te spuiten als er in de periode na de toediening neerslag wordt verwacht.

3910-3 **Gebruik van weerstation, afstemming van maatregelen hierop**

Een **weerstation en afstemming van de maatregelen op de weersverwachting** kan helpen om gewasbeschermingsmiddelen zo efficiënt mogelijk toe te passen en emissies naar het oppervlaktewater te voorkomen.

Alternatieve teeltstrategieën

4011-1 **Strokenteelt**

In **strokenteelt** bestaat een grotere afwisseling van gewassen op een perceel omdat op één perceel verschillende gewassen in stroken worden geteeld. Hierdoor is er bijvoorbeeld nooit een groot oppervlak onbeplant.

Een bedekte bodem is beter beschermd tegen weersinvloeden zoals hevige neerslag of de wind die verstuiving veroorzaakt op zand- en dalgronden. Op klei- en zavelgronden kan een bedekte bodem verslemping en verspoeling voorkomen, zodat water beter kan infiltreren en minder afstroming optreedt.

4111-2 **Beddenteelt**

Beddenteelt wordt momenteel onderzocht als maatregel in de praktijk. Ten opzichte van ruggenteelt kan beddenteelt erosie beperken doordat het water beter kan infiltreren.

Mogelijk is het gewas in de praktijk beter bestand tegen ziekten en plagen. Minder emissie via oppervlakkige afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen kan een indirect effect zijn.

<https://www.akkerbouwbedrijf.be>

4211-3 **Mengteelt**

In **mengteelt** worden minimaal twee gewassen samen geteeld, d.w.z. rij om rij of gemengd in de rij.

Bepaalde combinaties hebben een meer volledige bodembedekking dan de gewassen afzonderlijk in monocultuur.

Een bedekte bodem is beter beschermd tegen weersinvloeden zoals hevige neerslag of de wind die verstuiving veroorzaakt op zand- en dalgronden. Op klei- en zavelgronden kan het verslemping en verspoeling voorkomen, zodat water beter kan infiltreren en minder afstroming optreedt.

Bijlage 5: Reductiecijfers voor specifieke maatregelen

Inhoud

- Tabel Overzicht van de beschikbare reductiecijfers
- Tabel Extrapolatie van reductiemaatregelen

Tabel 5-1: Overzicht van de reductiecijfers voor 3 maatregelen, 5 gewassen, 7 bodemtypen en 6 Gt's.

gewas maatregel	Aardappel	zomer						gewas maatregel	Aardappel	zomer							gewas maatregel	Aardappel	zomer											
	Ksat = 10 x Ksat_bouwsteen_bovengrond								Infiltratiegreppel langs perceelrand									Microdammen in aardappelruggen												
reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap													
BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII
2002	97	86	72	92	*			2002	54	66	66	67	*			2002	10	12	25	10	*			2002	10	12	25	10	*	
3015	100	*	100	*	*			3015	58	*	66	*	*			3015	2	*	27	*	*			3015	2	*	27	*	*	
3021	99	18	98	*	*			3021	64	0	75	*	*			3021	6	0	23	*	*			3021	6	0	23	*	*	
4014	47	46	44	43	24			4014	81	79	80	79	76			4014	17	15	13	14	12			4014	17	15	13	14	12	
4018	39	31	15	16	8			4018	78	77	77	78	77			4018	19	19	14	15	14			4018	19	19	14	15	14	
4019	38	26	18	10	2			4019	75	76	75	72	71			4019	12	11	14	8	4			4019	12	11	14	8	4	
5007						20		5007						90		5007								5007						31
* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten														
gewas maatregel	Mais	zomer						gewas maatregel	Mais	zomer							gewas maatregel	Mais	zomer											
	Ksat = 10 x Ksat_bouwsteen_bovengrond								Infiltratiegreppel langs perceelrand																					
reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap													
BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII
2002	99	87	73	64	*			2002	64	60	61	63	*			2002	60	67	59	64	*			2002	60	67	59	64	*	
3015	100	*	100	*	*			3015	66	*	46	*	*			3015	66	*	46	*	*			3015	66	*	46	*	*	
3021	99	*	100	0	*			3021	59	*	59	0	*			3021	65	0	52	0	*			3021	65	0	52	0	*	
4014	46	45	42	44	27			4014	81	80	82	80	79			4014	80	79	81	80	79			4014	80	79	81	80	79	
4018	36	31	28	23	12			4018	79	77	79	78	78			4018	80	78	77	78	77			4018	80	78	77	78	77	
4019	36	29	26	19	1			4019	78	77	73	74	72			4019	73	76	68	73	71			4019	73	76	68	73	71	
5007						20		5007						91		5007								5007						
* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten														
gewas maatregel	Suikerbiet	zomer						gewas maatregel	Suikerbiet	zomer							gewas maatregel	Suikerbiet	zomer											
	Ksat = 10 x Ksat_bouwsteen_bovengrond								Infiltratiegreppel langs perceelrand																					
reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap													
BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII
2002	95	90	88	77	*			2002	60	67	59	64	*			2002	60	67	59	64	*			2002	60	67	59	64	*	
3015	100	*	100	*	*			3015	64	*	72	*	*			3015	64	*	72	*	*			3015	64	*	72	*	*	
3021	98	0	100	0	*			3021	65	0	52	0	*			3021	65	0	52	0	*			3021	65	0	52	0	*	
4014	48	45	42	43	26			4014	80	79	81	80	79			4014	80	79	81	80	79			4014	80	79	81	80	79	
4018	37	30	26	22	12			4018	80	78	77	78	77			4018	80	78	77	78	77			4018	80	78	77	78	77	
4019	39	26	17	17	3			4019	73	76	68	73	71			4019	73	76	68	73	71			4019	73	76	68	73	71	
5007						20		5007						90		5007								5007						
* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten														
gewas maatregel	Wintertarwe	winter						gewas maatregel	Wintertarwe	winter							gewas maatregel	Wintertarwe	winter											
	Ksat = 10 x Ksat_bouwsteen_bovengrond								Infiltratiegreppel langs perceelrand																					
reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap													
BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII
2002	98	83	90	84	*			2002	57	12	49	9	*			2002	57	12	49	9	*			2002	57	12	49	9	*	
3015	100	99	100	100	*			3015	62	15	59	2	*			3015	62	15	59	2	*			3015	62	15	59	2	*	
3021	99	60	98	77	73			3021	67	13	60	15	34			3021	67	13	60	15	34			3021	67	13	60	15	34	
4014	64	62	55	53	32			4014	84	78	80	80	78			4014	84	78	80	80	78			4014	84	78	80	80	78	
4018	48	51	46	32	19			4018	77	65	82	75	77			4018	77	65	82	75	77			4018	77	65	82	75	77	
4019	58	47	54	28	11			4019	77	61	78	70	71			4019	77	61	78	70	71			4019	77	61	78	70	71	
5007						14		5007						76		5007								5007						
* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten														
gewas maatregel	Zaaiuien	zomer						gewas maatregel	Zaaiuien	zomer							gewas maatregel	Zaaiuien	zomer											
	Ksat = 10 x Ksat_bouwsteen_bovengrond								Infiltratiegreppel langs perceelrand																					
reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap							reductie afstroming (%)	Grondwatertrap													
BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII		BOFEK2020	III	IV	V	VI	VII	VIII
2002	99	81	92	83	*			2002	66	64	67	53	*			2002	66	64	67	53	*			2002	66	64	67	53	*	
3015	100	*	100	99	*			3015	70	*	74	36	*			3015	70	*	74	36	*			3015	70	*	74	36	*	
3021	98	44	99	31	*			3021	70	36	83	0	*			3021	70	36	83	0	*			3021	70	36	83	0	*	
4014	53	50	45	47	32			4014	77	80	82	80	79			4014	77	80	82	80	79			4014	77	80	82	80	79	
4018	38	36	25	26	15			4018	80	78	77	78	78			4018	80	78	77	78	78			4018	80	78	77	78	78	
4019	41	31	23	21	8			4019	76	78	76	77	75			4019	76	78	76	77	75			4019	76	78	76	77	75	
5007						22		5007						90		5007								5007						
* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten								* scenario zonder afstroming incidenten														

Tabel 5-2: Extrapolatie van reductiemaatregelen naar maatregelen in IMAP.

reductie- maatregel	groslijst maatregelen in IMAP	
	categorie	omschrijving
1	Erosiestoppers	Drempels tussen de ruggen
		Drempels in/rond het perceel
2	Waterdoorlatendheid bodem verbeteren	Infiltratiegeul of -greppel
	Buffering afstromend water	Gras- en/of kruidenstrook
		Infiltratiegreppel
3	Organische stofbeheer	Groenbemesters na elke teelt
	Watervoering via sporen beperken	Zaaisporen opheffen met culter of schijveneg
		Gewasresten achterlaten op het perceel
		Ruw zaai- of plantbed
		Ruggenteelt: Bodem bewerken met woeltand op zaaispoor
		Verruigen van het bovenste gedeelte van de ruggen
		Grond extensief bewerken met ondiep ploegen of NKG
		Stem organische stofaanvoer af op de balans tussen stabiele en instabiele organische stoffen
		Aanvoer van compost
		Aanvoer van organische mest
		Aanvoer van stro
		Bodem nagenoeg jaarrond bedekt

Bijlage 6: Protocol Validatie maaiveldafvoer op percelen

De 1^e versie van dit protocol is opgesteld door Perry de Louw (Deltares). Voor het veldonderzoek op de validatiepercelen is de tekst van dit protocol op enkele punten aangepast.

Inhoud

- Achtergrond
- Veldmetingen en waarnemingen
 - a Karteren oppervlak van perceel
 - b Meten bodem op 4 locaties in het perceel
 - b1 Bodemprofiel
 - b2 Infiltratiecapaciteit
 - b3 Verdichting
 - c Gesprek met de teler
- Validatie
- Metingen en informatie van de teler
 - A. Meten infiltratiecapaciteit van de bodem
 - B. Overige observaties en metingen
 - C. Informatie van de teler

Achtergrond

Het proces afstroming is sterk afhankelijk van de infiltratiecapaciteit en tevens van de beschikbare bergingscapaciteit in de bodem. Uit de achtergrondrapportage over de maatregelen op de BOOT-lijst valt ook op te maken dat de beschikbare gegevens over de infiltratiecapaciteit en andere bodemeigenschappen onvoldoende zijn om de juiste maatregelen op de juiste percelen te kunnen benoemen. Adviezen over te nemen maatregelen kunnen aan overtuigingskracht winnen als er voldoende resultaten van veldonderzoek beschikbaar zijn (Verloop et al., 2018). Bij de gesprekken met de telers kan hierop doorgevraagd worden.

Voor validatie van de risicokaart kan maaiveldafvoer en plaspvorming gekarteerd worden en vergeleken met de risicokaart. Het daadwerkelijk optreden van maaiveldafvoer, en in het bijzonder Hortoniaanse maaiveldafvoer, is lastig te meten c.q. waar te nemen omdat het plaats vindt in korte tijd tijdens en direct na zware buien. Voor validatie van de risicokaart kan daarom ook gemeten worden aan de parameters die belangrijk zijn bij het ontstaan van maaiveldafvoer, zoals maaiveldhelling, de infiltratiecapaciteit en bij Dunniaanse maaiveldafvoer de grondwaterstand. Ook kunnen sporen van maaiveldafvoer zichtbaar zijn en kunnen agrariërs informatie leveren over het optreden van maaiveldafvoer op hun bedrijf. Deze meettechnieken en informatie kunnen vervolgens gebruikt worden bij het toetsen van de risico-kaart.

Veldmetingen en waarnemingen

Per perceel worden de volgende metingen en waarnemingen uitgevoerd aan sleutelfactoren voor maaiveldafvoer. Bij de metingen zal er aandacht worden besteed aan de variatie binnen een perceel, zoals bijvoorbeeld verschillen tussen kopakkers en geen kopakkers, rijsporen, en relatief hoge en lage delen van het perceel.

De volgende metingen en waarnemingen worden uitgevoerd:

a. Karteren oppervlak van perceel

Karteren van sporen van maaiveldafvoer zoals erosie, gegraven sleuven, plasvorming, afwijkende vegetatie.

Op basis van een kaart van het perceel; loop langs de randen met waterlopen. Leg de waarnemingen vast op de kaart.

b. Metten bodem op 4 locaties in het perceel

Doe dit op 4 locaties in het perceel, 2 op locaties waar mogelijk maaiveldafvoer zou kunnen optreden of in een kopakker, en de overige 2 op representatieve locaties in het perceel. Geef op de kaart aan waar de metingen zijn gedaan. Beschrijf de weersomstandigheden van die dag, en de geobserveerde toestand van de bodem op ieder van de locaties. Maak ook een foto van de locatie.

b1 Bodemprofiel

Boor tot 1 m diepte, en stort de grond per laag naast het boorgat. Maak een foto van de uitgestorte grond. Bepaal de actuele grondwaterstand.

b2 Infiltratiecapaciteit

De infiltratiecapaciteit wordt gemeten m.b.v. infiltratieringen. Zie de korte beschrijving van deze methode in Sectie A - Metten infiltratiecapaciteit van de bodem.

b3 Verdichting

De verdichting wordt gemeten m.b.v. hand-petrometer. Zie de korte beschrijving van deze methode in Sectie B - Overige observaties en metingen.

c. Gesprek met de teler

Gesprek en bezoek percelen met de teler over het voorkomen van maaiveldafvoer, landgebruik en landbewerking. In het formulier worden enkele aanknopingspunten gegeven voor het gesprek. Deze zijn o.a. gebaseerd op Sectie C - Informatie van de teler.

Validatie

Voor elk bezocht perceel wordt het risico op maaiveldafvoer volgens de kaart vergeleken met verkregen gegevens uit het veld. Het vergelijken tussen de veldmetingen en -waarnemingen en de risicokaart wordt gedaan op perceelsniveau.

Een deel van de veldgegevens en metingen kan direct worden vergeleken met het risico op maaiveldafvoer. Dit zijn bijvoorbeeld de informatie van perceeleigenaren en gekarteerde sporen van maaiveldafvoer. Daarnaast zullen de gemeten en waargenomen sleutelfactoren die maaiveldafvoer veroorzaken worden vergeleken met de risicokaart en de achterliggende factoren die zijn gebruikt bij het opstellen van de risicokaart. Gemeten grondwaterstanden geven bijvoorbeeld informatie op het risico op Dunniaanse maaiveldafvoer. De bij het veldbezoek gemeten grondwaterstand in combinatie met kennis over de grondwaterstand van de perceeleigenaar kan worden vergeleken met de risicokaart maaiveldafvoer en de berekende grondwaterstanden van regionale modellen die onderliggend aan de risicokaart zijn. Ook de informatie die wordt opgehaald over het bodemprofiel en de infiltratiecapaciteit worden vergeleken met de (regionale) gegevens (bodemkaart, Staringreeks) die zijn gebruikt bij het opstellen van de risicokaart.

De gegevens over verdichting en daarbij met name het verschil tussen kopakker en niet-kopakker, alsook bodemprofielen en infiltratiecapaciteit geven informatie over de ruimtelijke spreiding van het risico op maaiveldafvoer binnen een perceel. Deze gegevens worden geaggregeerd zodat ze op perceelsniveau kunnen worden vergeleken met de risicokaarten. Daarnaast leveren deze binnen het perceel variërende sleutelfactoren kennis over eventuele maatregelen om maaiveldafvoer tegen te gaan. De gegevens over bodemgebruik en landbewerking kunnen worden gebruikt om kwalitatief te bepalen

wat het effect is op maaiveldafvoer; van verschillende maatregelen en van een verandering in landgebruik en grondbewerking.

Je kan alleen valideren wat is gemodelleerd met de risicokaart; infiltratiecapaciteit, hoogteverschillen, helling, bodemprofiel, GT. Dus bv rijsporen vallen daarbuiten; als ze er zijn dan kunnen ze maaiveldafvoer veroorzaken.

Metingen en informatie van de teler

A Meten infiltratiecapaciteit van de bodem

Als de infiltratiecapaciteit van de bodem tijdens hevige neerslag wordt overschreden ontstaat Hortoniaanse maaiveldafvoer. De infiltratiecapaciteit kan worden gemeten met behulp van de dubbele ring infiltrometer. Hierbij worden twee metalen ringen in de bodem geslagen en vervolgens met water gevuld wat gaat infiltreren (Figuur 6-1). De buitenste ring zorgt ervoor dat de infiltratie die in de binnenste ring wordt gemeten alleen verticaal gericht is. In de binnenste ring wordt een vlotter met peilschaal geplaatst en het waterpeil continue gelogd. Uit de daling van het waterpeil met de tijd kan de infiltratie en daaruit de infiltratiecapaciteit worden bepaald.



Figuur 6-1: Een dubbele ring infiltrometer.

B Overige observaties en metingen

Verschillende andere observaties geven ook informatie over het voorkomen en het risico op maaiveldafvoer;

- Verdichting kan worden gemeten met een handpenetrometer of penetrograaf. Door middel van een soort hand-sondering kan worden gemeten hoe zeer de bodem is verdicht. Dit kan bijvoorbeeld worden toegepast op kopakkers en in rijsporen.
- Sporen van erosie door maaiveldafvoer, bijvoorbeeld sediment in sloten en greppels (Figuur 6-2).
- Gegraven sleuven tussen plassen en sloten laten de plekken zien waar agrariërs proberen om plasvorming te voorkomen (Figuur 6-2).



Figuur 6-2: Links: sommige agrariërs graven sleuven om water vanuit plassen af te voeren. Rechts: in greppels en sloten kunnen sporen van erosie door maaiveldafvoer worden gevonden.

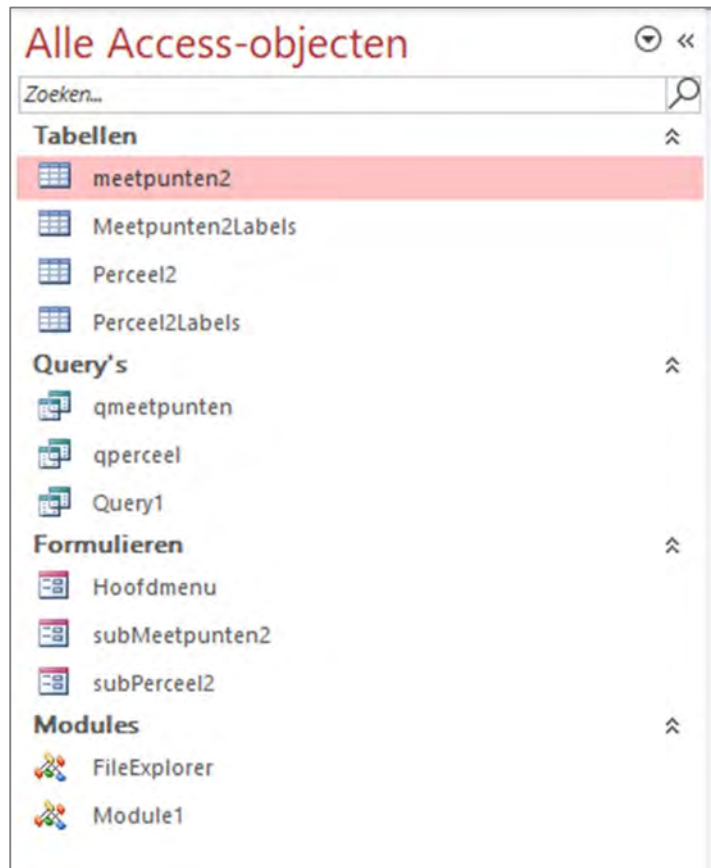
C Informatie van de teler

Telers weten in de regel heel goed waar bij zware buien plassen op het land komen te staan maar ook waar de grondwaterstand met enige regelmaat tot in het maaiveld komt. Door het afnemen van interviews kan deze kennis en ervaring vergeleken worden met de maaiveldafvoer risicokaarten.

Relevante zaken daarbij zijn:

- Veel percelen zijn in de ruilverkaveling groter gemaakt, waardoor er nu minder greppels zijn dan vroeger. Waar sloten zijn gedempt moeten deze met zand worden opgevuld zodat water weg kan.
- Ondiep kunnen er kleilagen zijn; op 20 tot 30 cm diepte, en op nadere plekken dieper. De natte plekken op dit perceel zijn 1 op 1 te relateren aan de diepte van de klei.
- Bij veel regen staan er plassen op percelen, waar afschot is vindt afstroming plaats. Een bui van bijvoorbeeld 30 mm/uur kan nooit binnen die tijd de grond in zakken.
- Op maisakkers zijn er 's winters veel plassen te zien. Een oorzaak hiervan is mogelijk de strenge wetgeving rondom de oogst en het verplichte onderzaaien met een vanggewas. Doordat hier uiterlijke data in het jaar voor zijn, is er vaak geen tijd om het perceel te herstellen voor aanvang van de natte periode.
- De grote landbouwvoertuigen van tegenwoordig zorgen voor verdichting. Vooral op plekken waar wordt gedraaid en van richting gewisseld. Verdichting ontstaat ook door het vertrappen van de grond door koeien.
- De graslandwoeler wordt gebruikt op kopakkers. Maar op sommige plekken zitten keien in de grond, dan heeft het weinig zin.

Bijlage 7: Database resultaten veldonderzoek



Bijlage 8: Opzet veldonderzoek

Een beschrijving van de metingen en procedures is gegeven in deze bijlage. De resultaten van het veldonderzoek zijn gegeven in Bijlage 9. Een discussie, en de conclusies en aanbevelingen van het veldonderzoek zijn gegeven in Bijlage 10.

Bijlage 3 bevat een topografische kaart en de risico-kaarten van de validatiepercelen.

Inhoud

- Inleiding
- Opzet veldmetingen en -waarnemingen
- Validatie

Inleiding

Het proces afstroming is sterk afhankelijk van de infiltratiecapaciteit van de toplaag en van de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem. Om de juiste maatregelen op de juiste percelen te kunnen benoemen zijn voldoende gegevens over de infiltratiecapaciteit en andere bodemeigenschappen nodig. In een tool die bedoeld is ter ondersteuning van telers, moeten de kwetsbare plekken op de kaart voldoende overeenkomen met de situatie in het veld. Adviezen over te nemen maatregelen kunnen aan overtuigingskracht winnen als er resultaten van veldonderzoek beschikbaar zijn (Verloop et al., 2018).

Voor validatie van de risicokaarten in IMAP kan maaiveldafvoer en plasmvorming gekarteerd en vergeleken worden met de risicokaart. Het daadwerkelijk optreden van maaiveldafvoer, en in het bijzonder Hortoniaanse maaiveldafvoer (als de neerslagintensiteit hoger is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem), is lastig te meten c.q. waar te nemen omdat het kortstondig plaatsvindt, direct na zware buien. Voor validatie van de risicokaarten kan ook gemeten worden aan de parameters die belangrijk zijn bij het ontstaan van maaiveldafvoer, zoals de infiltratiecapaciteit. Bij Dunniaanse maaiveldafvoer (als de grondwaterstand is gestegen tot boven het maaiveld) zijn karakteristieken van het grondwaterstandverloop en de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem belangrijk. In het veld kunnen sporen van maaiveldafvoer zichtbaar zijn en agrariërs kunnen informatie leveren over het optreden van maaiveldafvoer op hun perceel. Meetresultaten en observaties tijdens het veldonderzoek kunnen vervolgens gebruikt worden bij het toetsen van de risico-kaarten in IMAP.

Het doel van dit onderdeel van het project is om de risico kaarten in IMAP te valideren door te beschrijven hoe het kaartbeeld zich verhoudt tot de metingen en waarnemingen in het veld. Validatie van de risico-kaarten heeft betrekking op de geometrie van percelen met de aangrenzende sloten (*reality check*) en op een aantal verklarende factoren.

De onderzoeksvragen zijn toegespitst op de weergave van de risico plekken op de kaarten in IMAP:

1. Zijn de percelen met de hoogste risico-index op de kaarten inderdaad representatief voor de worst-case?
2. In hoeverre komen de kaarten op deze hoog-risico locaties overeen met de situatie in het veld (geometrie, basisgegevens, stroombanen)?
3. Biedt dat voldoende aanknopingspunten om opties voor maatregelen te kunnen bespreken?

Het veldonderzoek is uitgevoerd op percelen in twee pilotgebieden. Percelen op zand zijn geselecteerd in het beheersgebied van Waterschap Vechtstromen. Massop et al. (2017) hebben de percelen in dit gebied geclassificeerd op de kwetsbaarheid voor afspoeling. Deze informatie is gebruikt om percelen te selecteren. Eind 2021 is het Mineral Valley programma van start gegaan met een project op grasland en bouwland (maïs) in Vechtstromen (Deltares en WUR). Voor dit project zijn percelen geselecteerd in gemeenten in Twente die niet betrokken zijn bij het Mineral Valley programma. Voor deze gemeenten heeft M. Arts (DAW / Waterschap Vechtstromen) contact gezocht met telers die meewerken aan het initiatief Landbouw op Peil. De maïs- en akkerbouwpercelen van deze telers zijn verdeeld in drie groepen; niet kwetsbaar, gemiddeld kwetsbaar en kwetsbaar. Uit de groepen gemiddeld kwetsbaar en kwetsbaar zijn ieder vijf percelen opgezocht op de kaart. Met behulp van het waterschap zijn bedrijven gezocht met twee of meer geschikte percelen. De telers zijn benaderd met het verzoek om toestemming en medewerking te verlenen aan het veldonderzoek.

Het geselecteerde kleigebied is de provincie Flevoland. Deze regio is geselecteerd omdat kon worden aangesloten bij bestaande netwerken van Wageningen Plant Research. WPR heeft contact gezocht met telers in het gebied en geïnformeerd naar percelen waar afspoeling een rol kan spelen. Ook hier is aan de eigenaar gevraagd of het veldonderzoek op twee percelen kon worden gedaan.

De keuze voor Flevoland heeft ook een praktische reden. Binnen het bestek was het noodzakelijk om het veldonderzoek in één dag op twee percelen uit te voeren (met 2 veldmedewerkers). Andere kleigebieden (Zeeland, Friesland, Groningen) liggen op grotere afstand van Wageningen. Vanwege de reistijd zou het niet mogelijk zijn geweest om in die kleigebieden dit aantal percelen te onderzoeken.

Opzet veldmetingen en -waarnemingen

Het initieel opgestelde protocol voor de metingen is na het bezoek van de eerste twee percelen op onderdelen aangepast op basis van uitvoerbaarheid en observaties op die eerste percelen (Bijlage 6). In het veldonderzoek is aandacht besteed aan de variatie binnen een perceel, zoals bijvoorbeeld verschillen tussen kopakkers en het perceel als geheel, rijsporen, en aan relatief hoge en lage delen binnen het perceel.

De volgende metingen en waarnemingen zijn uitgevoerd:

a. Karteren oppervlak van perceel

Bij iedere zijde van het perceel met naastgelegen waterloop is gekeken naar sporen van afspoeling op het perceel en op de rand van de waterloop. Van ieder van die zijden is een foto gemaakt met daarop de perceelrand en de waterloop. Er is gekeken of er maatregelen zijn genomen om de afspoeling te verminderen. Van het perceel is een overzichtsfoto gemaakt.

b. Metingen op vier locaties in het perceel

Twee locaties zijn gekozen op representatieve plekken in het perceel (meetpunt nr. 3 en 4). De twee andere locaties, de kwetsbare plekken, zijn geselecteerd op basis van informatie van de teler en eigen waarneming (meetpunt nr. 1 en 2). Bij voorkeur zijn dit slecht doorlatende plekken of laagtes. Bij het ontbreken van slecht doorlaatbare plekken of laagtes zijn de locaties gekozen op een van de kopakkers. De coördinaten van het meetpunt zijn bepaald, boven de infiltratieringen.

b1 Grondboring tot 1 m diep

Binnen enkele meters afstand van de infiltratieringen is geboord tot 1 m diepte. Na verloop van een half uur is de actuele grondwaterstand ten opzichte van maaiveld genoteerd. Van de uitgeboorde grond is een foto gemaakt.

b2 Infiltratiecapaciteit

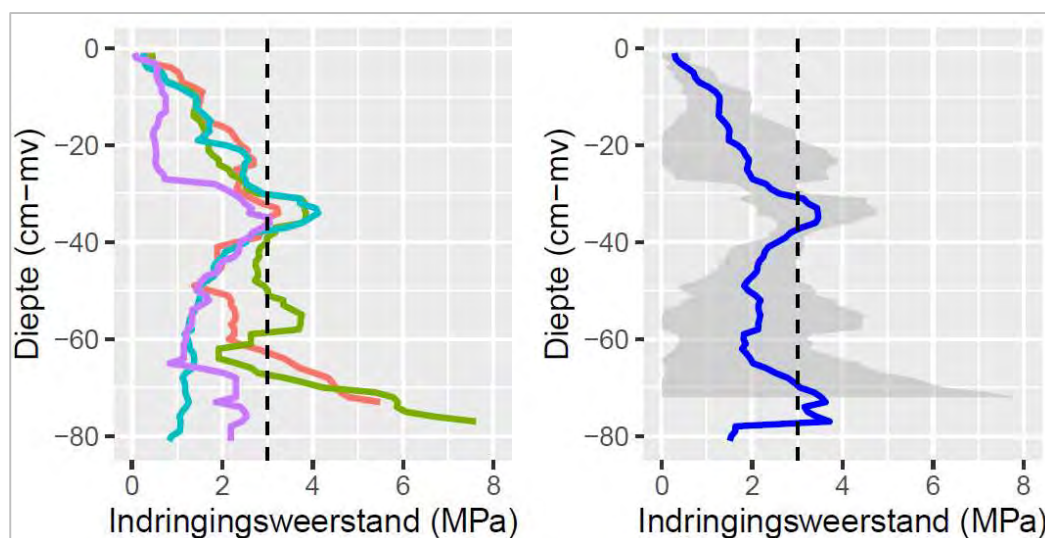
De infiltratiecapaciteit is een maat voor de hoeveelheid water per tijdseenheid die de bovengrond kan opnemen. De infiltratiecapaciteit kan worden bepaald met behulp van een dubbele ringinfiltrometer (Bijlage 6). Hierbij worden twee metalen ringen in de bodem geslagen en gevuld met water dat vervolgens in de bodem infiltreert. De buitenste ring zorgt ervoor dat de stroming van het water in de bodem onder de binnenste ring vrijwel verticaal gericht is. Tijdens de proef wordt het waterpeil in de binnenste ring continue gelogd. Uit de daling van het waterpeil met de tijd kan de infiltratiesnelheid worden bepaald. Vanaf het begin van de meting neemt de infiltratiesnelheid af. Na verloop van tijd is de infiltratiesnelheid vrijwel constant en kan de proef worden gestopt. De snelheid op dat moment noemen we de infiltratiecapaciteit van de bovengrond. Een meer uitgebreide beschrijving is te vinden in de handleiding van Eijkelkamp (2019) of in (Massop et al., 2012a).

b3 Verdichting

De verdichting van de bodem is gemeten m.b.v. een handpenetrometer. Met dit apparaat wordt de indringingsweerstand van de bodem gemeten. De penetrometer is een apparaat waarbij een stang van 80 cm lengte met een conusvormige punt met een oppervlakte van 1 cm² in de grond wordt gedrukt. Hierbij wordt de tegendruk geregistreerd. Dit geeft inzicht in de aanwezigheid van dichte lagen in het bodemprofiel. Op elk van de vier meetlocaties in het perceel zijn vier metingen gedaan (Figuur 8-1).

c. Gesprek met teler

In een gesprek met de teler is informatie ingewonnen over het perceel; het gebruik, de laatst uitgevoerde grondbewerking, het optreden van maaiveldafvoer, en of er maatregelen zijn genomen om afspoeling te voorkomen.



Figuur 8-1: Gemeten indringingsweerstand in Perceel V4, Meetpunt 3. Links de indringingsweerstand als functie van de diepte (vier metingen). Rechts het gemiddelde en de spreiding van de vier metingen in het punt. Het gemiddelde is berekend tot de maximale diepte die in vier metingen is bereikt (in dit voorbeeld 81 cm). De spreiding is berekend tot de diepte die bij alle vier de metingen is bereikt (in dit voorbeeld 72 cm). De gestreepte verticale lijn geeft de indringingsweerstand 3 MPa (zie Tabel 8-1).

In Tabel 8-1 staan de criteria die in het kader van het onderzoek naar de bodemkwaliteit van Nederland zijn ontwikkeld (Tol-Leenders et al., 2019) en die ook zijn gebruikt door De Groot en Gerritsen (2019). Door de vier metingen per locatie te combineren zijn deze criteria afgeleid voor de meetpunten op de validatiepercelen.

Tabel 8-1: Criteria om de mate van bodemverdichting te karakteriseren op basis van de gemeten indringingsweerstand in een punt op het perceel (Iw).

criterium	eenheden	uitleg	betekenis
A: Iw max(0-60) -Iw max(>60)	MPa	Het maximum van Iw in de laag tussen 0 en 60 cm diepte minus het maximum van Iw in de laag vanaf 60 cm diepte.	Maat voor de verdichting in de laag 0-60 cm t.o.v. de natuurlijke ondergrond.
B: diepte (>3 Mpa)	cm-mv.	De diepte waarop Iw voor het eerst vanaf maaiveld groter is dan 3MPa.	Maat voor de diepte van bewortelbaarheid.
C: diepte (max waarde)	cm-mv.	De diepte waarop Iw de maximale waarde bereikt	Maat voor de diepte waarop de Iw toeneemt.

De resultaten van het veldwerk zijn opgeslagen in een Access database (Bijlage 7). De database bevat de resultaten van de waarnemingen en de resultaten van de metingen op de 20 validatiepercelen. De database is tevens geschikt om dezelfde soort resultaten van andere projecten en percelen toe te voegen.

Validatie

Voor elk bezocht perceel is het risico op maaiveldafvoer volgens de kaart vergeleken met de resultaten van het veldonderzoek. Het gaat daarbij vooral om de plausibiliteit van het kaartbeeld (ruimtelijke patronen).

Een deel van de veldgegevens en metingen kan direct worden vergeleken met het risico op maaiveldafvoer. Dit zijn bijvoorbeeld de gekarteerde sporen van maaiveldafvoer en de informatie van de teler. Daarnaast worden de resultaten vergeleken met de verklarende factoren die zijn gebruikt bij het opstellen van de risicokaart. Gemeten grondwaterstanden geven bijvoorbeeld aanwijzingen voor de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem en voor het risico op maaiveldafvoer in de wintersituatie. Ook de informatie over het bodemprofiel en de gemeten infiltratiecapaciteit worden vergeleken met de gegevens die zijn gebruikt bij het opstellen van de risicokaart.

De gegevens over verdichting en het verschil tussen kopakker en het perceel als geheel, als ook het bodemprofiel en de gemeten infiltratiecapaciteit, geven inzicht in de ruimtelijke spreiding van het risico op maaiveldafvoer binnen een perceel.

Bijlage 9 Resultaten veldonderzoek

Inhoud

- Tabel Grondgebruik en bewerking
- Tabel Informatie van de teler en observaties in het veld
- Tabel Meetresultaten grondwaterstand, infiltratiecapaciteit en indringingsweerstand
- Tabel Risicokaarten IMAP vs. resultaten veldonderzoek

Tabel 9-1 bevat de locatie en datum van het veldonderzoek op de validatiepercelen, het grondgebruik in 2020 en in 2021, en een omschrijving van de laatst uitgevoerde grondbewerking. De percelen in WS Vechtstromen zijn genummerd V1–V10. De percelen in WS Zuiderzeeland zijn genummerd F1–F10. Zie ook Bijlage 3 voor de locatie van de percelen.

Tabel 9-2 bevat de informatie van de teler en de observaties van de veldwerkers die tijdens het veldbezoek en het veldonderzoek zijn verzameld. Voor elk perceel is aangegeven of er sporen van afspoeling op de rand van het perceel zijn gezien. En welke maatregelen zijn genomen volgens informatie van de teler en/of observaties van de veldwerkers.

Tabel 9-3 bevat de meetresultaten op de vier meetlocaties per perceel: de diepte van het grondwater, de infiltratiecapaciteit en de drie criteria voor de mate van verdichting die zijn afgeleid van de gemeten indringingsweerstand (Bijlage 8).

Tabel 9-4 bevat een vergelijking van de risicokaarten in IMAP met de resultaten van het veldonderzoek; informatie van de teler, observaties van de veldmedewerkers, en meetresultaten.

Tabel 9-1: Locatie en datum van het veldbezoek, het grondgebruik en de laatst uitgevoerde grondbewerking op de validatiepercelen. De percelen in Vechtstromen zijn genummerd V1 – V10 en de percelen Zuiderzeeland F1 – F10.

Perceel ID	Gemeente	Datum	Grondgebruik in 2020	Grondgebruik in 2021	Laatste grondbewerking
V1	Wierden	21/04/2021	mais	mais	los gemaakt bovenste 10 cm met schijveneg een week eerder
V2	Wierden	21/04/2021	tarwe	mais	los gemaakt bovenste 10 cm met schijveneg een week eerder
V3	Overdinkel	28/04/2021	mais	mais	Geen volgens eigenaar, maar ter plekke is er wel geëgd. Er is met lichte machines geoogst
V4	Overdinkel	28/04/2021	mais	mais	geen
V5	Enter	05/05/2021	mais	mais	geploegd, cultivator (mais ingebracht)
V6	Enter	05/05/2021	mais	mais	geploegd, cultivator (mais ingebracht)
V7	Haaksbergen	10/05/2021	mais	mais	schijveneg , 20 cm diep

Perceel ID	Gemeente	Datum	Grondgebruik in 2020	Grondgebruik in 2021	Laatste grondbewerking
V8	Haaksbergen	10/05/2021	mais	mais	schijveneg, - 20 cm diep
V9	Almelo	11/05/2021	aardappel	mais	geploegd op 20 cm eind april
V10	Almelo	11/05/2021	mais	mais	begin mei geploegd op 20 cm diepte.
F1	Espel	30/04/2021	Aardappels. Najaar wintertarwe	Wintertarwe. Najaar tulpen	geen
F2	Espel	30/04/2021	Zilveruitjes. winter '20/'21 Engels raaigras beweid door schapen	Witlof - wordt in mei gezaaid	Begin april geploegd tot op 25 cm diepte
F3	Emmeloord	06/05/2021	wintertarwe	zaaiuien	groenbemester eronder gewerkt. Licht gefreesd op 10 - 12 cm.
F4	Emmeloord	06/05/2021	Poot- aardappelen	wintertarwe en daarna groen- bemester	geen
F5	Zeewolde	12/05/2021	wintertarwe	suikerbieten	geëgd
F6	Zeewolde	12/05/2021	suikerbieten	vlas	gelijk met het zaaien omgewerkt tot op 5 cm diepte
F7	Dronten	26/05/2021	aardappelen	vlas	februari - geploegd op 25 cm diepte
F8	Dronten	26/05/2021	uien	quinoa	februari, geploegd op 20 cm diepte
F9	Dronten	30/05/2021	tarwe	uien	In het voorjaar. Gewas eraf gehaald en geploegd op 20 cm diepte
F10	Dronten	30/05/2021	winterpeen	wintertarwe	geen. Najaar 2020 wintertarwe geploegd/gezaaid

Tabel 9-2: Informatie van teler en observaties van veldwerkers. Op basis van waarnemingen van sporen van afspoeling op de rand van het perceel is kolom Sporen van afspoeling ingevuld. Kolom Aanwezigheid van maatregelen is op basis van informatie van teler en/of observaties van veldwerkers ingevuld.

ID	Opmerkingen teler	Observaties op perceel	Sporen van afspoeling waargenomen	Maatregelen aanwezig
V1	Aan de zuidoost kant (in het midden) van het perceel lagere plekken waar afspoeling optreedt. De zuidkant van het perceel (langs de zandweg) ligt wat hoger. Slechte doorlatendheid op de lage plekken is een probleem.	Resten van winterbodembedekker zijn zichtbaar tussen de losse grond. De sloot aan de zuidkant langs de zandweg is een ondiepe geul die waarschijnlijk meestal droog staat en dient om water af te voeren als er afspoeling optreedt van het perceel.	ja	nee
V2	Aan de zuidwest kant van het perceel lagere plekken waar afspoeling optreedt. De noordoost kant van het perceel ligt wat hoger.	Resten van winterbodembedekker zijn zichtbaar tussen de losse grond. De sloot aan de noordkant en aan de zuidkant is een ondiepe geul die waarschijnlijk meestal droog staat en dient om water af te voeren als er afspoeling optreedt van het perceel. Noordzijde perceel is kant langs zandweg lopend; noord-oost kant.	ja	nee
V3	Het perceel had een wal langs de beek. Vijf jaar geleden is het gedeelte bij de beek op één oor gelegd. Het perceel is zo vlak geschoven. Veld is geëgd. Ondergewas gras, maar vorig jaar niet opgekomen. Elk jaar wordt mais op dit perceel verbouwd.	Perceel is geëgd. Geen resten van winterbodembedekker zichtbaar tussen de losse grond. Aan de zuidwestkant meerdere afvoerpunten de beek in. De zuidoost kant ligt wat hoger bij de beek en daar geen afvoer.	ja	nee
V4	Perceel redelijk vlak. Geen plasmovorming. Ondergewas: gras. Glyfosfaat gespoten. Er wordt constant mais verbouwd op dit perceel.	Beek treedt aantal keren per jaar het land op. Overspoeld perceel	ja	met WS af- en aanvoer
V5	na mais +- 70 cm losgetrokken in lage plekken aan de noord en zuidkant van het perceel. Er ligt een rug in het midden van het perceel van west naar oost. Hierdoor is er afschot naar noord en zuid.	veel regen gevallen afgelopen dagen, perceel is nat	?	nee
V6	de noorderlijke punt is altijd een nat gebied. Hier groeit het gewas ook minder en zijn soms natte plekken zichtbaar	veel regen gevallen afgelopen dagen, perceel is nat	ja	nee
V7	Alle sloten op het perceel zijn weg. Drains op onderlinge afstand van 8 meter en ongeveer 1 meter diep. Afgelopen drie jaar erg droog. Wanneer het regent gaat het water direct de grond in.	geen strook tussen akker en sloot	ja	nee
V8	Drains op onderlinge afstand van 8 m en ongeveer 1 meter diep.	noordoost een lage plek. Midden in het perceel en rug /esgrond	ja	nee

ID	Opmerkingen teler	Observaties op perceel	Sporen van afspoeling waar- genomen	Maat- regelen aanwezig
V9	Geen drains. Bij de sloot is er afspoeling bij de west-zuidzijde. Met het aardappel oogsten is de grond daar stuk gereden	geen berm tussen geploegd perceel en de sloot aan west- en zuidzijde. Ploegzool tussen sloot	ja	nee
V10	Er liggen drains van heel lang geleden.	gekilverd. Terrein loopt af naar schout ? Straat	ja	nee
F1	Drainage HOH 2 meter en ligt 90-110 cm diep. Langs het gehele perceel draingreppels naar watergang voor afvoer van grote neerslag. De dag ervoor (29 april 2021) is 32 mm neerslag gevallen.	Het perceel was erg nat. Er was plasvorming zichtbaar. Perceel is bol. In het midden is het 3 cm hoger	nee	greppels voor afvoer
F2	Om 2 meter zitten er drains in de grond op 90-110 cm diepte. Lichte zavel. 10 % afslibbaar. De kale grond is slempgevoelig. De dag ervoor (29 april 2021) is 32 mm neerslag gevallen. In het midden van het terrein is de grond 2.5 cm hoger en loopt af naar de zijkanten van het perceel. Greppel 6 meter van de sloot	Perceel is geploegd op 25 cm diepte en kaal. Geen resten van winterbodembedekker zijn zichtbaar. Geen afvoerpunten zichtbaar. Aan de westkant ligt een pad naar eind van het gehele perceel en een sloot.	nee	nee
F3	Geen lage plekken. Geen rijstroken. Geen vaste verdichtingsplekken	Overall liggen drains op HOH 10 -20 meter en 90-100 cm diep. Geen laagtes. Geen significant hoogteverschil. 's Morgens 5 mm geregend en een hagelbui. Weg naar de percelen stond blank om 10.00 uur. 's Middags om 13.00 uur was het pad praktisch droog.	nee	groenstrook
F4	Er vindt weinig grondbewerking plaats. Niet kerende grondbewerking. Niet verdicht. Er liggen drains op 10-20 m afstand en 90-100 cm diep. Geen problemen met afwatering. Rondom het terrein bevinden zich gras/bloemenranden.	Tussen gewas en sloot ligt water er op het pad. Het had 's morgens 5 mm geregend. 's middags was het meeste water verdwenen. Het is niet duidelijk of dit water de sloot ingaat.	nee	Ja, gras/ bloemen
F5	Najaar 2020 is het perceel geploegd. Minimale afspoeling. Water is na 1 dag verdwenen. Nooit water op het veld. Wanneer het heeft geregend wordt een prikijzer in de grond gestoken en wordt het water zo afgevoerd naar beneden. Via de ondergrond komt het water wel de sloot in. Gerijpte grond. Klei op veen.	-	nee	nee
F6	Najaar 2020 is het perceel geploegd door een loonwerker onder slechte omstandigheden. Tussen het perceel met vlas en de "Windmolenweg" zijn lang geleden twee greppels gegraven.	Er is een geul aan de zuidzijde zichtbaar daar waar gegraven is voor de kabels van de windmolens.	nee	nee

ID	Opmerkingen teler	Observaties op perceel	Sporen van afspoeling waargenomen	Maatregelen aanwezig
	Bij de inpoldering heeft een schip per ongeluk daar zand gestort. Gevolg slechte afwatering. Minimale afspoeling. Water is na 1 dag verdwenen. Nooit water op het veld. Wanneer het heeft geregend wordt een prikijzer in de grond gestoken en wordt het water zo afgevoerd naar beneden. Via de ondergrond komt het water wel de sloot in. Gerijpte grond. Klei op veen.			
F7	Er lagen drains om de 24 meter. Op bijna alle percelen zijn er nu drains tussen de oude drains gelegd. De drains liggen ongeveer op 80 cm diepte. Elke 6 jaar wordt de grond gekilverd. Voorheen een kleilaag van 50 cm, maar nu 30 cm door inklinking. Geen water op de percelen. Rondom is er een akkerrand met bloemenmengsel van 6 meter.	Veel neerslag de afgelopen weken. Ongeveer 90 mm. Grond erg nat. Vooral op meetpunten 1 en 2	nee	Bloemenstrook
F8	Elke 6 jaar wordt de grond gekilverd - na tulpenoogst. Geen water op het veld. Drains op 80 cm diepte en om de 24 meter gelegd. De afgelopen jaren zijn er tussen de bestaande drains nieuwe drains gelegd. Nu bijna rond.	Er was een snelle infiltratie en daarom is op alle meetpunten met stopwatch gemeten.	nee	nee
F9	Vlak terrein. Nergens blijft het water op de akkers staan. Rondom akkers een grasstrook van 3 meter langs watergangen. Drainage om de 24 meter. Eens in de 6 jaar diepploegen op 60 cm diepte.	Er was een snelle infiltratie in het perceel en daarom bij ring 3 en 4 met stopwatch gemeten.	nee	nee
F10	Vlak terrein en geen water op het veld.	Er was een zeer snelle infiltratie en daarom is op alle punten met stopwatch gemeten. Het gewas stond ongeveer 60 cm hoog en daarom geen laagtes te zien daar het perceel al aardig vlak is. Meetpunten gekozen op basis van de kaart van Harry Massop.	nee	nee

Tabel 9-3: Vier meetlocaties per perceel: diepte van het grondwater, infiltratiecapaciteit en drie criteria voor verdichting o.b.v. de indringingsweerstand (zie Tabel 8-1).

ID	Meetpunt	Categorie	Grondwater	Infiltratie			Indringingsweerstand			
				capaciteit (cm/uur)	meet tijd (min)	cumulatief (cm)	A: max. 0-60 cm minus max. > 60 cm (MPa)	B: diepte > 3 MPa (cm)	C: diepte Max. (cm)	max. diepte gemeten van vier metingen (cm)
		K= kwetsbaar R = representatief	diepte (cm-mv.)							
V1	1	K	80	0.10	139	0.5	-	32	34	44
V1	2	K	65	0.20	127	0.7	-	28	30.75	34
V1	3	R	90	0.20	146	0.6	-	31.5	38.25	46
V1	4	R	95	4.10	122	9.4	-	29.5	35.5	48
V2	1	K	90	1.50	117	4.6	3.2	29.75	45.75	65
V2	2	K	95	0.20	118	0.5	4.8	37.5	55.25	74
V2	3	R	>100	7.90	109	17.4	1.74	38.5	52.5	81
V2	4	R	>100	2.30	101	5.2	4.44	35.75	45	81
V3	1	K	55	3.60	121	10.4	2.96	33	45.75	81
V3	2	K	55	5.30	120	13.3	7.46	28.5	35.75	43
V3	3	R	70	16.60	65	22.9	1.64	35.5	59.5	81
V3	4	R	70	7.50	75	11.3	3.03	33.25	44.25	81
V4	1	K	82	0.50	148	1.6	-0.94	38	61.75	81
V4	2	K	82	0.30	145	1	-2.18	24.25	76	81
V4	3	R	85	3.80	145	11.8	-0.69	32.5	55	81
V4	4	R	90	8.00	122	18	1.94	29.25	47	81
V5	1	K	20	0.00	120	0	0.48	55.75	60.5	81
V5	2	K	45	0.05	120	0.1	1.7	50	54.5	81
V5	3	R	>85	1.80	61	2.5	-	39.5	47	58
V5	4	R	>95	9.80	61	11.4	3.58	38.5	53.5	65
V6	1	K	>100	0.00	120	0	5.21	32	40.75	63
V6	2	K	>100	0.00	120	0	3.1	29.75	53	73
V6	3	R	>100	2.40	75	4.5	-	27.75	32	36
V6	4	R	>100	4.90	71	7.2	5.58	33.5	52.5	64
V7	1	K	n.b.	5.00	129	14	5.56	23.25	29	44
V7	2	K	n.b.	6.10	126	13.8	5.58	26	34.75	81
V7	3	R	n.b.	7.20	125	21.7	2.87	30.5	62.25	73
V7	4	R	n.b.	3.50	117	12.4	-	28.75	51.25	59
V8	1	K	85	2.80	75	5.2	-	30.5	51.5	61
V8	2	K	>100	5.20	75	1.3	2.12	33.25	50.25	74
V8	3	R	n.b.	17.20	75	28.3	0.54	40	54	81
V8	4	R	n.b.	11.60	75	22.1	0.01	54	49.5	81
V9	1	K	65	0.30	100	1.3	-	31.5	34.25	36

ID	Meet-punt	Cate-gorie	Grond-water	Infiltratie			Indringingsweerstand			
				capaciteit (cm/uur)	meet tijd (min)	cumu-latief (cm)	A: max. 0-60 cm minus max. > 60 cm (MPa)	B: diepte > 3 MPa (cm)	C: diepte Max. (cm)	max. diepte gemeten van vier metingen (cm)
V9	2	K	70	0.30	120	1.7	-	30.25	35.75	42
V9	3	R	80	10.20	58	12.2	0.55	37	68	75
V9	4	R	80	6.90	86	12.3	0.93	36	54.75	76
V10	1	K	70	1.20	90	1.9	1.38	47.25	61.75	81
V10	2	K	85	0.30	81	0.4	-1.47	47.25	55.75	81
V10	3	R	90	0.60	40	0.4	2.43	28.5	41.5	81
V10	4	R	85	6.00	75	11.2	3.82	32.25	45.25	81
F1	1	K	75	0.00	120	0.4	2.96	33	45.75	81
F1	2	K	70	0.10	119	0.5	-	28.5	35.75	43
F1	3	R	105	0.10	115	0.2	1.64	35.5	59.5	81
F1	4	R	90	0.10	118	0.1	3.03	33.25	44.25	81
F2	1	K	70	0.60	124	1	3.38	35.5	51.5	81
F2	2	K	90	7.70	113	15.8	3.58	35.5	60.5	79
F2	3	R	40	0.40	120	0.8	-	24.75	42.25	56
F2	4	R	10	0.30	126	1.4	4.96	25.25	35.75	81
F3	1	K	>100	4.50	130	4.5	-	29.5	42.5	59
F3	2	K	>100	3.60	129	15.8	-	36	45.25	49
F3	3	R	>100	4.50	122	11.5	-	31.5	42.5	52
F3	4	R	>100	10.00	119	27.8	0.34	40.67	46.5	81
F4	1	K	>100	66.00	3	4.6	0.78	36.25	50.75	81
F4	2	K	>100	36.00	5	0.5	0.27	40	53	81
F4	3	R	>100	24.00	10	17.4	1.84	33	39.75	81
F4	4	R	>100	72.00	4	5.2	-0.43	29.5	49	81
F5	1	K	65	0.30	80	1.3	0.63	nvt	49.75	81
F5	2	K	60	3.60	94	5.8	0.48	nvt	47.5	81
F5	3	R	80	24.00	13	6.3	0.07	nvt	60.5	81
F5	4	R	85	5.60	135	12.9	0.34	nvt	35	81
F6	1	K	>100	60.00	5	7.1	0.12	nvt	53.5	81
F6	2	K	>100	24.00	12	4.8	1.22	47.5	51.25	81
F6	3	R	>100	12.00	15	4.4	0.38	nvt	39.25	81
F6	4	R	>100	18.00	10	2.9	0.37	nvt	45	81
F7	1	K	100*	0.00	80	0.2	1.58	19.33	24	81
F7	2	K		0.00	100	0.2	1.69	27.33	25.25	81
F7	3	R	100*	4.50	120	14.9	0.87	nvt	39	81
F7	4	R		0.60	120	1.2	1.35	nvt	42	81
F8	1	K	>100*	12.00	11	2.2	0.36	53.5	54	81

ID	Meetpunt	Categorie	Grondwater	Infiltratie			Indringingsweerstand			
				capaciteit (cm/uur)	meet tijd (min)	cumulatief (cm)	A: max. 0-60 cm minus max. > 60 cm (MPa)	B: diepte > 3 MPa (cm)	C: diepte Max. (cm)	max. diepte gemeten van vier metingen (cm)
F8	2	K		30.00	4	2.3	-0.61	nvt	50.75	81
F8	3	R	100*	18.00	16	5.3	-0.05	nvt	50.75	81
F8	4	R		24.00	8	4.1	0.53	nvt	42	81
F9	1	K	100*	5.40	120	13.5	1.51	56.5	57.75	81
F9	2	K		12.70	120	29.3	2.04	44.67	45.25	81
F9	3	R	45*	72.00	4	5.5	1.16	34	36.75	81
F9	4	R		42.00	6	4.7	0.62	nvt	32.5	81
F10	1	K	>90	156.00	1	3.7	0.32	nvt	52.25	81
F10	2	K	100	60.00	4	4	-0.47	nvt	65.25	81
F10	3	R	100	180.00	2	6.2	0.42	nvt	44.5	81
F10	4	R	>100	252.00	1	4.9	0.8	nvt	36.5	81

n.b. niet beschikbaar. * meting tussen de twee meetlocaties in, het boren ging moeizaam in deze grond. "-" in kolom "A – max. 0-60 cm minus max. > 60 cm (MPa)": maximale diepte van de meting < 60 cm. "nvt" in kolom "B: diepte > 3 MPa (cm)": de waarde is op geen enkele diepte gemeten.

Tabel 9-4: Vergelijking van de risicokaarten in IMAP met de resultaten van het veldonderzoek.

Kolom 1: Perceel ID

Kolom 2: Perceelkenmerken.

Kolom 3: Waterverzadigde doorlatendheid (Ks) vs. gemeten infiltratiecapaciteit (I) in de meetpunten (MP) kwetsbaar (K) en representatief (R). Ks-klasse G = gemiddeld, H = hoog. BOFEK-eenheid/eenheden.

Kolom 4: Kaartbeeld van de beschikbare ruimte voor berging in de bodem (bbb) en van de ruimte voor berging op het maaiveld (bbm).

Kolom 5: Kaartbeeld van de risico-index (wintersituatie); langs de randen (in de richting van de klok) en in het midden van het perceel.

Kolom 6: Maaiveldhelling, afstromingspatroon en afstroompunten.

Kolom 7: Vergelijking van de resultaten van het veldonderzoek met het kaartbeeld in IMAP (4, 5, 6);

- Geometrie van perceel en aangrenzende sloten,
- gemeten infiltratiecapaciteit vs. waterverzadigde doorlatendheid in IMAP, bodemtype(n),
- informatie van de teler en observaties veldonderzoek vs. de kaarten in IMAP.

Tabel 9-4: Vergelijking van de risicokaarten in IMAP met de resultaten van het veldonderzoek.

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
V1	<p>Oppervlakte: 1,9 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT IIIb, GHG 42 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 4,3 (-) Gem. bbb: 11 mm Gem. bbm: 1,4 mm ROV: zeer groot / groot Helling: 0,7% Sloot rand randen: volledig</p>	<p>Ks BOFEK eenheden: 3002 (Sterk lemige zandgronden met kleidek): 0,03 m/d (G) 3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,024 & 0,048 m/d MP R: 0,048 & 0,98 m/d</p> <p>I en Ks in dezelfde orde van grootte.</p> <p>Meetpunten liggen op de grens van 3002, 3015.</p>	<p>bbb zeer gering (< 10 mm) op BOFEK 3002. bbb gering (10-20 mm) tot matig (20-40 mm) op BOFEK 3015.</p> <p>bbm: 1 laagte in het midden van het perceel</p>	<p>Langs de randen gemiddeld (ZW), gemiddeld / hoog (NW), hoog / zeer hoog (NO), hoog / gemiddeld (ZO).</p> <p>In het midden gemiddeld (3002) of laag (3015).</p>	<p>Verval = 0,95 m Uniforme helling ZW-NO.</p> <p>Afstromingspatroon naar NO-rand en ZO-rand.</p> <p>TOP5-afstroompunten liggen op de NO-rand, op de ZW-rand (nabij de meetpunten), en op de ZW-rand (5).</p>	<p>Geometrie perceel en sloten zoals op kaart.</p> <p>I en Ks in dezelfde orde van grootte. Heterogene bodem. MP locatie t.o.v. grens van bodemtypen niet bepaald.</p> <p>De teler heeft aangegeven dat slechte doorlatendheid op lage plekken en afspoeling een probleem zijn.</p> <p>RI zeer hoog tot gemiddeld, langs randen met aangrenzende sloot of greppel. Informatie van de teler over lage plek in perceel komt overeen met de kaart. Langs perceelranden zijn lage plekken en sporen van afspoeling waargenomen. Deze plekken komen (soms) overeen met het afstromingspatroon en de afstroompunten.</p>
V2	<p>Oppervlakte: 3,3 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT IIIb, GHG 41 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 4,4 (-) Gem. bbb: 10 mm Gem. bbm: 0,1 mm ROV: groot / zeer groot Helling: 0,8% Sloot rand randen: volledig</p>	<p>Ks BOFEK eenheden: 3002 (Sterk lemige zandgronden met kleidek): 0,03 m/d (G) 3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,36 & 0,048 m/d MP R: 1,9 & 0,55 m/d</p>	<p>bbb zeer gering (< 10 mm) op BOFEK 3002 (MP K). bbb gering (10-20 mm) tot matig (20-40 mm) op BOFEK 3015 (MP R).</p> <p>bbm: geïsoleerde punten</p>	<p>Langs de randen zeer hoog / gemiddeld (NW), gemiddeld (NO), gemiddeld / hoog (ZO), hoog / zeer hoog (ZW).</p> <p>In het midden gemiddeld (3002) of laag / zeer laag (3015).</p>	<p>Verval = 0,97 m Uniforme helling NO-ZW.</p> <p>Afstromingspatroon naar ZW-rand en naar ZO-rand.</p> <p>TOP5-afstroompunten liggen op de ZW-rand en op de ZO-rand (5).</p>	<p>Geometrie perceel en sloten zoals op kaart.</p> <p>I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks (G). I (MP R) en Ks (H) in dezelfde orde van grootte. Heterogene bodem.</p> <p>De teler heeft aangegeven dat slechte doorlatendheid en afspoeling een probleem zijn.</p> <p>RI zeer hoog tot gemiddeld langs randen met aangrenzende sloot of greppel. Langs perceelranden zijn sporen van afspoeling</p>

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
		I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks (G). I (MP R) en Ks in dezelfde orde van grootte. Meetpunten K liggen op 3002. Meetpunten R liggen op 3015.				waargenomen. Deze plekken komen (soms) overeen met het afstromingspatroon en de afstroompunten.
V3	Oppervlakte: 4,3 ha Grondsoort: klei / zand Grondwater: GT IIIb, GHG 28 cm-mv. Buisdrainage: ja Gem. RI 4,1 (-) Gem. bbb: 3,4 mm Gem. bbm: 0,03 mm ROV: zeer groot Helling: 0,8% Sloot langs randen: gedeeltelijk	Ks BOFEK eenheden: 4009 (Kleigronden (zavel) op zandondergrond): 0,03 m/d (G) 3004 (Sterk lemige zandgronden): 0,19 m/d (H) 3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H) Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,86 & 1,3 m/d MP R: 4,0 & 1,8 m/d I (MP K) een factor 10 tot 100 hoger dan Ks. I (MP R) een factor 10 hoger dan Ks. Meetpunten K liggen op 4009. Meetpunten R liggen op de grens van 4009, 3004, 3015.	bbb zeer gering (< 10 mm) op BOFEK 4009 en 3004. bbb gering (10-20 mm) op BOFEK 3015. bbm: geïsoleerde punten	Langs de randen gemiddeld / laag (NW), gemiddeld (NO), gemiddeld / hoog / zeer hoog (O), gemiddeld (Z). In het midden gemiddeld (4009, 3004) of laag (3015), afhankelijk van de bbb klasse.	Verval 1,68 m Hellingrichting N-W en N-Z. Afstromingspatroon eindigt op de rand met sloot (O) en op de rand zonder sloot (ZW-hoek). TOP5-afstroompunten liggen op de rand met sloot (O) (5).	Geometrie perceel zoals op kaart. De beek (Z) is niet-aangrenzend opp. water. Drainage? I (MP K) een factor 10 tot 100 hoger dan Ks (G). I (MP R) en Ks (H) in dezelfde orde van grootte. Heterogene bodem. MP R locatie t.o.v. grens van bodemtypen niet bepaald. RI zeer hoog - gemiddeld langs rand met aangrenzende sloot. In de ZW-hoek zijn sporen van afspoeling waargenomen op plekken die overeenkomen met het afstromingspatroon. In deze hoek ligt geen afstroompunt op de kaart. Volgens de teler fungeert de strook tussen de rand van het perceel en de beek (Z) als overloopgebied. Langs de O-rand zijn sporen van afstroming waargenomen en zijn afstroompunten zichtbaar op kaart.
V4	Oppervlakte: 2,9 ha Grondsoort: zand / klei	Ks BOFEK eenheden:	bbb zeer gering (< 10 mm) op BOFEK 4009.	Langs de randen gemiddeld / hoog (NW), laag /	Verval 1,68 m Uniforme helling Z-N	Geometrie perceel zoals op kaart. De beek (N) is niet-aangrenzend opp. water.

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
	<p>Grondwater: GT VIo, GHG 56 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 3,0 (-) Gem. bbb: 17,2 mm Gem. bbm: 0,02 mm ROV: groot Helling: 0,7% Sloot langs randen: gedeeltelijk</p>	<p>3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H) 4009 (Kleigronden (zavel) op zandondergrond): 0,03 m/d (G)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,12 & 0,072 m/d MP R: 0,91 & 1,92 m/d I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks (klei). I (MP R) tot een factor 100 hoger dan Ks (klei).</p> <p>Meetpunten liggen op 4009.</p>	<p>bbb gering (10-20 mm) tot matig (20-40 mm) op BOFEK 3015.</p> <p>bbm: een enkel geïsoleerd punt.</p>	<p>gemiddeld (NO), gemiddeld (ZO), gemiddeld (ZW).</p> <p>In het midden gemiddeld (4009) of laag / zeer laag (3015). OK</p>	<p>Afstromingspatroon naar NW-rand en naar NO-rand.</p> <p>TOP5-afstroompunten van betekenis liggen op de NW-rand (4).</p>	<p>I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks (G). I (MP R) tot een factor 100 hoger dan Ks (G). Heterogene bodem.</p> <p>Volgens de teler fungeert het perceel als overloopgebied van de beek.</p> <p>RI hoog - gemiddeld langs rand met aangrenzende sloot. Langs de NW-rand zijn sporen van afspoeling waargenomen op plekken die overeenkomen met het afstromingspatroon. Hier zijn afstroompunten zichtbaar op kaart.</p>
V5	<p>Oppervlakte: 2,9 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT VIo, GHG 74 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 2,0 (-) Gem. bbb: 33,6 mm Gem. bbm: 0,5 mm ROV: matig Helling: 0,8% Sloot langs randen: gedeeltelijk</p>	<p>Ks BOFEK eenheden: 3007 (Zwak lemige zandgronden met cultuurdek): 0,83 m/d (H) 3021 (Sterk lemige zandgronden): 0,19 m/d (H)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 0 & 0,012 m/d MP R: 0,43 & 2,35 m/d I (MP K) een factor 10 lager dan Ks (H). I (MP R) tot een factor 10 hoger dan Ks (H).</p>	<p>bbb gering (10-20 mm) tot groot (> 40 mm) op BOFEK 3007. bbb gering (10-20 mm) tot matig (20-40 mm) op BOFEK 3021.</p> <p>bbm: een enkel geïsoleerd punt en kleine laagten op kopakker.</p>	<p>Langs de randen laag / gemiddeld / hoog (NW), gemiddeld (NO), gemiddeld (O), laag / zeer laag (ZW).</p> <p>In het midden zeer laag (3007) of laag (3021).</p>	<p>Verval 1,30 m Geen uniforme helling. Vanuit midden naar Z-hoek en naar N-hoek.</p> <p>Afstromingspatroon eindigt in Z-hoek, N-hoek, en langs de O-rand.</p> <p>TOP5-afstroompunten liggen in de Z-hoek, N-hoek, en langs de O-rand (5).</p>	<p>Geometrie perceel en sloten/greppels zoals op kaart.</p> <p>I (MP K) een factor 10 lager dan Ks (H). I (MP R) tot een factor 10 hoger dan Ks (H). Heterogene bodem.</p> <p>Volgens de teler zijn er op de kopakkers problemen met een ploegzool en met water dat blijft staan. Dit zijn de lage delen volgens de kaart. Het afstromingspatroon loopt via deze lage delen.</p> <p>RI laag - gemiddeld langs randen met aangrenzende sloot. Sporen van afstroming zijn niet genoteerd voor dit perceel. Natte</p>

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
		Meetpunten liggen op 3007.				situatie. Er zijn plassen op de kopakkers waargenomen. Deze plekken zijn zichtbaar als kleine laagten op de bbm-kaart. Dicht bij de kopakkers liggen afstroompunten.
V6	Oppervlakte: 0,9 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT V1o, GHG 60 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 2,0 (-) Gem. bbb: 22,0 mm Gem. bbm: 1,0 mm ROV: groot Helling: 0,7% Sloot langs randen: gedeeltelijk	Ks BOFEK eenheid: 3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H) Infiltratiecapaciteit: MP K: 0 & 0 m/d MP R: 0,58 & 1,18 m/d I en Ks in dezelfde orde van grootte.	bbb gering (10-20 mm) tot matig (20-40 mm). bbm: geïsoleerde punten.	Langs de randen laag (W), laag / gemiddeld (NW), gemiddeld / laag (NO), gemiddeld / hoog (Z). In het midden laag / zeer laag.	Verval 0,63 m Uniforme helling NO-ZW. Afstromingspatroon naar Z-rand. TOP5-afstroompunten van betekenis liggen op de Z-rand (2).	Geometrie perceel en sloten/greppels zoals op kaart. I (MP R) en Ks in dezelfde orde van grootte. Homogene bodem. RI laag – gemiddeld langs randen met aangrenzende sloot. Enkele sporen van afstroming zijn waargenomen langs de N- en O-rand. Langs de Z-rand ligt een groenstrook en zijn geen sporen van afstroming waargenomen. Op deze randen liggen afstroompunten. Volgens de teler zijn er op de kopakkers problemen met water dat blijft staan.
V7	Oppervlakte: 5,2 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT n.b., GHG n.b. (87% nodata) Buisdrainage: ja Gem. RI n.b. Gem. bbb: n.b. Gem. bbm: 0,3 mm ROV: groot Helling: 0,6% Sloot langs randen: gedeeltelijk	Ks BOFEK eenheden: 3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H) 3021 (Sterk lemige zandgronden): 0,19 m/d (H) Infiltratiecapaciteit: MP K: 1,2 & 1,46 m/d MP R: 1,73 & 0,84 m/d I en Ks in dezelfde orde van grootte.	Op 87% van het perceel nodata. bbb gering (10-20 mm) op BOFEK 3015. bbm: geïsoleerde punten en kleine laagten.	n.b.	Verval 1,46 m Geen uniforme helling. Afstromingspatroon N-Z richting naar O-rand en Z-rand. TOP5-afstroompunten liggen op de O-, Z- en N-rand (5).	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I en Ks in dezelfde orde van grootte. Heterogene bodem. MP K locatie t.o.v. grens van bodemtypen niet bepaald. RI kaart niet beschikbaar. Volgens de teler zijn de sloten binnen het perceel gedempt. Drainbuizen op 8 m afstand. Het water zakt bij hevige regen snel weg. Langs alle randen zijn lage plekken en vrij veel sporen van afstroming waargenomen. Afstromingspatroon richting O- en Z-rand; afstroompunten op O-, Z- en N-rand.

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
		Meetpunten K liggen op de grens van 3015, 3021. Meetpunten R liggen op 3015.				
V8	<p>Oppervlakte: 1,3 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT VIIId, GHG 114 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 0,4 (-) Gem. bbb: 64 mm Gem. bbm: 0,0 mm ROV: matig Helling: 2,5% Sloot langs randen: geen</p>	<p>Ks BOFEK eenheden: 3012 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H) 3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H) 3021 (Sterk lemige zandgronden): 0,19 m/d (H)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,67 & 1,3 m/d MP R: 4,1 & 2,8 m/d I tot een factor 10 hoger dan Ks.</p> <p>Meetpunten K liggen in de NO-hoek op de grens van 3012, 3015, 3021.</p>	<p>bbb groot (> 40 mm) in het gehele perceel m.u.v. de NO-hoek (BOFEK 3012). bbb zeer gering (< 10 mm) in de NO-hoek (BOFEK 3015, 3021). bbm: 0 mm.</p>	<p>Langs de randen zeer laag (NW), laag (O), zeer laag (ZO), zeer laag (ZW). In het midden zeer laag (3012) of laag (NO hoek 3021 / 3015).</p>	<p>Verval 2.84 m Uniforme helling ZW-NO. Afstromingspatroon naar ZO-rand. TOP5-afstroompunten: geen.</p>	<p>Geometrie perceel zoals op kaart. Geen sloten – conform de kaart.</p> <p>I (MP K) en Ks dezelfde orde van grootte. I (MP R) tot een factor 10 hoger dan Ks. Heterogene bodem. MP K locatie t.o.v. grens van bodemtypen niet bepaald.</p> <p>Volgens de teler drainbuizen op 8 m afstand. Kopakker is een lage plek. Langs de O-rand zijn lage plekken en sporen van afstroming waargenomen. Het afstromingspatroon gaat richting de O-rand.</p>
V9	<p>Oppervlakte: 4,8 ha Grondsoort: moer Grondwater: GT IIIIb, GHG 37 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 4,1 (-) Gem. bbb: 9,1 mm Gem. bbm: 1,6 mm ROV: beperkt door veenlagen</p>	<p>Ks BOFEK eenheid: 2001 (Moerige gronden met zanddek): 0,83 m/d (H)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,072 & 0,072 m/d MP R: 2,45 & 1,66 m/d</p>	<p>bbb zeer gering (< 10 mm) tot gering (10-20 mm). bbm: laagten op verschillende afstanden van de perceelrand.</p>	<p>Langs de randen gemiddeld (NW), gemiddeld (NO), gemiddeld / hoog (ZO), gemiddeld / hoog (ZW). In het midden gemiddeld of laag (afh. van bbb).</p>	<p>Verval 0,63 m Geen uniforme helling. Vanuit N- en O-richting naar laagste punt in het midden op ZW-rand. Afstromingspatroon naar punt in het midden en punt in de Z-hoek op ZW-rand.</p>	<p>Geometrie perceel en sloten zoals op kaart.</p> <p>I (MP K) een factor 10 lager dan Ks. I (MP R) en Ks in dezelfde orde van grootte. Homogene bodem.</p> <p>RI gemiddeld – hoog langs alle randen. Langs de ZW-rand zijn sporen van afstroming waargenomen. Op deze rand liggen afstroompunten. De andere randen zijn niet</p>

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
	Helling: 0,3% Sloot langs randen: volledig	I (MP K) een factor 10 lager dan Ks. I (MP R) en Ks in dezelfde orde van grootte.			TOP5-afstroompunten van betekenis liggen op de ZW-rand en de N-hoek/NO-rand (3).	bezocht. Volgens de teler is de grond op de lage plek in het midden kapotgereden bij de aardappeloogst. Dit is een van de laagten die zichtbaar zijn op kaart.
V10	Oppervlakte: 4,8 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT VIIId, GHG 77 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 2,0 (-) Gem. bbb: 34 mm Gem. bbm: 0,1 mm ROV: groot Helling: 0,3% Sloot langs randen: volledig	Ks BOFEK eenheid: 3015 (Zwak lemige zandgronden): 0,83 m/d (H) Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,29 & 0,072 m/d MP R: 0,14 & 1,44 m/d I (MP K) tot een factor 10 lager dan Ks. I (MP R) en Ks in dezelfde orde van grootte.	bbb gering (10-20 mm) tot groot (> 40 mm). bbm: geïsoleerde punten.	Langs de randen gemiddeld / hoog (NW), gemiddeld / hoog (NO), laag (ZO), gemiddeld / laag (ZW). In het midden laag of zeer laag (afh. van bbb).	Verval 0,75 m Geen uniforme helling. Vanuit midden naar NO- en ZW- en ZO-richting. Afstromingspatroon naar ZW- en NO-rand. TOP5-afstroompunten op de ZW-rand en de NO-rand (5).	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I (MP K) tot een factor 10 lager dan Ks. I (MP R) en Ks in dezelfde orde van grootte. Homogene bodem. Volgens de teler zijn er heel lang geleden drainbuizen gelegd. RI gemiddeld – hoog langs de randen. Langs alle randen zijn sporen van afstroming en enkele lage plekken waargenomen. Op de (lange) ZW- en NO-rand liggen afstroompunten.
F1	Oppervlakte: 3,2 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT VIo, GHG 73 cm-mv Buisdrainage: ja Gem. RI 1,7 (-) Gem. bbb: 31 mm Gem. bbm: 0,8 mm ROV: zeer groot Helling: 0,2% Sloot langs randen: gedeeltelijk	BOFEK eenheid: 3021 (Sterk lemige zandgronden): 0,19 m/d (H) Infiltratiecapaciteit: MP K: 0 & 0,024 m/d MP R: 0,024 & 0,024 m/d I een factor 10 lager dan Ks.	bbb gering (20-40 mm). bbm: geïsoleerde punten en kleine laagten.	Langs de randen gemiddeld / laag (W, N, W), laag / zeer laag (N), gemiddeld (O), laag / zeer laag (Z). In het midden laag of zeer laag (afh. van de afstand tot de sloot).	Verval = 0,42 m Het perceel ligt bol; vanuit het midden aflopend naar W en naar O. Afstromingspatroon volgens evenwijdige banen op ca. 25 m afstand; vanuit het midden aflopend naar W en O.	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I een factor 10 lager dan Ks. Homogene bodem. Drainbuizen. Volgens de teler ligt het perceel bol. Dit is zichtbaar op de hoogtekaart. Alleen kleine lage plekken zichtbaar op de bbm-kaart. Er zit een harde ijzerlaag op 27 cm diep. Deze is niet aangegeven op de bodemtypenkaart. Greppels op 2 m afstand loodrecht op sloot langs W- en O-rand voor de afvoer van

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
					TOP5-afstroompunten liggen op de O-rand en de W-rand (3).	neerslag. Er stonden plassen op het land (dag ervoor 32 mm neerslag). Kleine lage plekken zichtbaar op kaart. RI gemiddeld langs randen met sloot. Langs alle randen zijn sporen van afstroming en lage plekken waargenomen. Stroombanen richting W- en O-rand met sloten. Op deze randen liggen afstroompunten.
F2	Oppervlakte: 7,1 ha Grondsoort: zand Grondwater: GT VIo, GHG 71 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 2,0 (-) Gem. bbb: 28 mm Gem. bbm: 0,9 mm ROV: zeer groot Helling: 0,1% Sloot langs randen: gedeeltelijk	BOFEK eenheden: 3021 (Sterk lemige zandgronden): 0,19 m/d (H) 3002 (Sterk lemige zandgronden met kleidek): 0,03 m/d (G) Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,14 & 1,8 m/d MP R: 0,096 & 0,072 m/d I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks (H). I (MP R) tot een factor 10 lager dan Ks (H). In MP K hoger dan in MP R. Meetpunten liggen op 3021.	bbb gering (10-20 mm) tot matig (20-40 mm) op BOFEK 3021. bbb zeer gering (< 10 mm) op BOFEK 3002 (NO-hoek). bbm: geïsoleerde punten en kleine laagten.	Langs de randen laag / gemiddeld (W), laag / zeer laag / gemiddeld (N), hoog / gemiddeld (O), gemiddeld (Z). In het midden laag of zeer laag (afh. van de afstand tot de sloot; 3021). Of laag / gemiddeld (3002).	Verval = 0,37 m Het perceel ligt bol; vanuit het midden aflopend naar W en naar O. Afstromingspatroon volgens evenwijdige banen op ca. 25 m afstand; vanuit het midden aflopend naar W en O. TOP5-afstroompunten liggen op de O-rand en op de W-rand (3).	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks. I (MP R) tot een factor 10 lager dan Ks. Heterogene bodem. Drainbuizen. Kleine lage plekken zichtbaar op kaart. RI gemiddeld – hoog langs randen met sloot. Langs de randen zijn geen sporen van afstroming of lage plekken waargenomen. Stroombanen richting W- en O-rand met sloten. Op deze randen liggen afstroompunten.
F3	Oppervlakte: 7,1 ha Grondsoort: zand / klei Grondwater: GT VIIId, GHG 103 cm-mv. Buisdrainage: nee	BOFEK eenheden: 3023 (Zwak lemige zandgronden met kleidek): 0,03 m/d (G)	bbb matig (20-40 mm) tot groot (> 40 mm) op BOFEK 3023.	Langs de randen laag / zeer laag (NW), gemiddeld (NO), laag / zeer laag (ZO),	Verval 1.36 m Tegengestelde helling N-Z aan Oostkant en Z-N aan Westkant van het perceel. Langs de	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I een factor 10 tot 100 hoger dan Ks. Heterogene bodem.

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
	<p>Gem. RI 2,0 (-) Gem. bbb: 42 mm Gem. bbm: 1,7 mm ROV: matig Helling: 0,2% Sloot langs randen: gedeeltelijk</p>	<p>4022 (Kleigronden (zavel) op zandondergrond): 0,03 m/d (G)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 1,1 & 0,86 m/d MP R: 1,1 & 2,4 m/d I een factor 10 tot 100 hoger dan Ks.</p> <p>Meetpunten liggen op 3023.</p>	<p>bbb gering (10-20 mm) tot groot (> 40 mm) op BOFEK 4022.</p> <p>bbm: 1 laagte (groot gebied) op 4022; kleine laagten op 3023.</p>	<p>gemiddeld / hoog (ZW).</p> <p>In het midden laag of zeer laag.</p>	<p>randen NO, ZO, ZW ligt het maaiveld hoger.</p> <p>Afstromingspatroon naar lage delen in de Z- en N-hoek.</p> <p>TOP5-afstroompunten liggen in de Z-hoek van het perceel (2).</p>	<p>Volgens de teler zijn er geen problemen met verdichting of met de afstroming (lage plekken). Drainbuizen op 10-20 m afstand. Langs de N-rand zijn sporen van afstroming waargenomen. Langs de Z-rand ligt een rijpad/groenstrook van ca. 5 m breedte.</p> <p>Op kaart ligt in de ZO-hoek (klei) een lage plek met tevens een geringe berging in de bodem.</p> <p>RI gemiddeld – hoog langs de randen met sloot (ZW, NO). Het afstromingspatroon eindigt in de buurt van de Z- en N-hoek. In de Z-hoek liggen afstroompunten.</p>
F4	<p>Oppervlakte: 6,7 ha Grondsoort: klei / zand Grondwater: GT VIIId, GHG 112 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 1,7 (-) Gem. bbb: 44 mm Gem. bbm: 2,7 mm ROV: groot Helling: 0,1% Sloot langs randen: gedeeltelijk</p>	<p>BOFEK eenheden: 4022 (Kleigronden (zavel) op zandondergrond): 0,03 m/d (G) 3023 (Zwak lemige zandgronden met kleidek): 0,03 m/d (G)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 16 & 8,6 m/d MP R: 5,8 & 17 m/d I een factor 10 tot 100 hoger dan Ks.</p> <p>Meetpunten liggen op de grens van 4022 en 3023.</p>	<p>bbb: matig (20-40 mm) tot groot (> 40 mm) op BOFEK 3023. bbb groot (> 40 mm) op BOFEK 4022.</p> <p>bbm: 5 laagten (groot gebied) op 4022; geïsoleerde punten op 3023.</p>	<p>Langs de randen laag / zeer laag (NW), gemiddeld (NO), laag / zeer laag (ZO), gemiddeld (ZW).</p> <p>In het midden laag of zeer laag.</p>	<p>Verval 0,38 m Uniforme helling ZW-NO. Langs de randen NO, ZW, NW ligt het maaiveld hoger.</p> <p>Afstromingspatroon naar punten op ZO-rand.</p> <p>TOP5-afstroompunten: geen.</p>	<p>Geometrie perceel en sloten zoals op kaart.</p> <p>I een factor 10 tot 100 hoger dan Ks. Heterogene bodem. MP locatie t.o.v. grens van bodemtypen niet bepaald.</p> <p>Volgens de teler zijn er geen problemen met verdichting of met de afstroming (lage plekken). Drainbuizen op 10-20 m afstand. Er zijn geen sporen van afstroming waargenomen. Langs de N-rand ligt een rijpad (verhard). Gras/bloemen randen rondom.</p> <p>Op kaart zijn 5 lage plekken te zien (op klei); waarvan 3 met matige ruimte voor berging in de bodem.</p> <p>RI gemiddeld langs de randen met sloot (ZW, NO). Het afstromingspatroon eindigt op de ZO-rand zonder sloot. Geen afstroompunten.</p>

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
F5	<p>Oppervlakte: 12,1 ha Grondsoort: klei Grondwater: GT VIo, GHG 63 cm-mv. Buisdrainage: ja Gem. RI 4,5 (-) Gem. bbb: 3,2 mm Gem. bbm: 7,2 mm ROV: matig Helling: 0,3% Sloot langs randen: gedeeltelijk</p>	<p>BOFEK eenheden: 4002 (Kleigronden (klei) op veen): 0,063 m/d (G) 4007 (Kleigronden (zware klei) homogeen of op zware klei tussenlaag of op veen): 0,063 m/d (G). Smalle strook langs W-rand van het perceel.</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 0,072 & 0,86 m/d MP R: 5,8 & 1,3 m/d I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks. I (MP R) tot een factor 100 hoger dan Ks.</p> <p>Meetpunten liggen op de grens van 4002 en 4007.</p>	<p>bbb: zeer gering (< 10 mm) op het gehele perceel (BOFEK 4002).</p> <p>bbm: meerdere laagten; groot gebied op het midden en langs de ZO- en ZW-rand van het perceel. Patroon in de lengterichting (ZO-NW)</p>	<p>Langs de randen hoog (W, NW), gemiddeld (NO), hoog (ZO, ZW, ZO), hoog / zeer hoog (ZW)/</p> <p>In het midden gemiddeld.</p>	<p>Verval 0,99 m Geen uniforme helling. Het perceel ligt hol; vanuit de ZO-rand en de NW-rand aflopend naar het midden.</p> <p>Het rijpad vanaf het erf naar de centrale plek van de windmolen ligt buiten de grenzen van het perceel. Afstromingspatroon naar punt in het midden van het perceel en naar een punt op W-rand. Dit zijn punten zonder aangrenzende sloot.</p> <p>TOP5-afstroompunten: geen punten van betekenis.</p>	<p>Geometrie perceel en sloten zoals op kaart.</p> <p>I (MP K) tot een factor 10 hoger dan Ks. I (MP R) tot een factor 100 hoger dan Ks. Heterogene bodem. MP locatie t.o.v. grens van bodemtypen niet bepaald. Drainage?</p> <p>Volgens de teler wordt indien nodig met een prikijzer de kleilaag doorstoken. Het water kan snel in de veenlaag wegzakken. Geen problemen met plasvorming. Greppel evenwijdig aan de sloot aanwezig langs NW-rand. Alleen langs de W-kant is een laag gedeelte waargenomen.</p> <p>Laagte in het midden komt niet tot uiting in de beschikbare berging in de bodem. RI hoog langs de randen met een sloot en verder overal gemiddeld.</p> <p>Het afstromingspatroon eindigt in punten zonder aangrenzende sloot. Geen afstroompunten.</p>
F6	<p>Oppervlakte: 8,6 ha Grondsoort: klei Grondwater: GT IV, GHG 48 cm-mv. Buisdrainage: ja Gem. RI 4,4 (-) Gem. bbb: 1,5 mm Gem. bbm: 6,3 mm ROV: groot Helling: 0,1%</p>	<p>BOFEK eenheid: 4002 (Kleigronden (klei) op veen): 0,063 m/d (G)</p> <p>Infiltratiecapaciteit: MP K: 14 & 5,76 m/d MP R: 2,9 & 4,3 m/d I een factor 100 hoger dan Ks.</p>	<p>bbb: zeer gering (< 10 mm). Geen spreiding.</p> <p>bbm: meerdere laagten; groot gebied m.n. op het midden van het perceel. Patroon in de lengterichting (ZO-NW).</p>	<p>Langs de randen hoog (NW), gemiddeld (NO), hoog (ZO), gemiddeld (ZW).</p> <p>In het midden gemiddeld.</p>	<p>Verval = 0,40 m Het perceel ligt hol; vanuit de ZO-rand en de NW-rand aflopend naar het midden.</p> <p>Afstromingspatroon via geul naar punt op ZO-rand. De geul is gegraven voor de kabels van een windmolen.</p>	<p>Geometrie perceel en sloten zoals op kaart.</p> <p>I tot een factor 100 hoger dan Ks. Homogene bodem - afgezien van de geul die is gegraven voor de kabels van een windmolen. Drainage? Langs de NW- en ZO-rand met sloot ligt een ca. 5 m breed rijpad/groenstrook. Deze randen liggen hoger t.o.v. het perceel. Geen lage gedeelten of sporen van afstroming waargenomen.</p>

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
	Sloot langs randen: gedeeltelijk	In MP K hoger dan in MP R.			TOP5-afstroompunten: geen.	Laagten in het midden komen niet tot uiting in de beschikbare berging in de bodem. RI hoog langs de randen met een sloot en verder overal gemiddeld. Het afstromingspatroon gaat naar het punt op de ZO-rand ter hoogte van de geul. Geen afstroompunten.
F7	Oppervlakte: 1,5 ha Grondsoort: klei Grondwater: GT VIo, GHG 68 cm-mv. Buisdrainage: ja Gem. RI 4,2 (-) Gem. bbb: 1,6 mm Gem. bbm: 0,5 mm ROV: matig Helling: 0,2% Sloot langs randen: geen	BOFEK eenheid: 4003 (Kleigronden (klei) op homogene ondergrond - soms met veen): 0,038 m/d (G) Infiltratiecapaciteit: MP K: 0 & 0 m/d MP R: 1,1 & 0,14 m/d I tot een factor 10 hoger dan Ks.	bbb: zeer gering (< 10 mm) op het hele perceel. Geen spreiding. bbm: geïsoleerde punten	Langs de randen gemiddeld / hoog (N), gemiddeld (O), gemiddeld / hoog (Z), gemiddeld (W). In het midden gemiddeld.	Verval 0,29 m Smal perceel zonder eenduidige helling. Afstromingspatroon naar punten op (lange) NW-kant. TOP5-afstroompunten: geen	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I tot een factor 10 hoger dan Ks. Grond was erg nat, vooral op MP K. Homogene bodem; 30 cm klei op veen. Drainbuizen op 24 m afstand. Volgens de teler zijn er geen problemen met water op het perceel. Langs de (korte) N- en Z-rand met sloot ligt een ca. 5 m brede bloemenstrook. Er zijn geen lage plekken of sporen van afstroming waargenomen. RI hoog – gemiddeld langs de randen en verder overal gemiddeld. Afstromingspatroon richting de (lange) W-rand van het perceel (zonder sloot). Geen afstroompunten.
F8	Oppervlakte: 6,4 ha Grondsoort: klei Grondwater: GT VIo, GHG 71 cm-mv. Buisdrainage: ja Gem. RI 3,0 (-) Gem. bbb: 1,7 mm Gem. bbm: 4,5 mm ROV: matig Helling: 0,2% Sloot langs randen: gedeeltelijk	BOFEK eenheid: 4003 (Kleigronden (klei) op homogene ondergrond - soms met veen): 0,038 m/d (G) Infiltratiecapaciteit: MP K: 2,9 & 7,2 m/d MP R: 4,3 & 5,8 m/d I tot een factor 100 hoger dan Ks.	bbb: zeer gering (< 10 mm) op het hele perceel. Geen spreiding. bbm: meerdere laagten; in het midden en op ca. 50 m afstand van de rand. Patroon in de lengte-richting (ZW-NO)	Langs de randen gemiddeld (NW), gemiddeld (NO), hoog (ZO), gemiddeld / hoog (ZW). In het midden gemiddeld.	Verval 0,47 m Het perceel ligt hol; vanuit de randen ZW en NO aflopend naar het midden. Afstromingspatroon naar punten op ZO-rand en NW-rand. TOP5-afstroompunten op ZO-rand (2).	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I tot een factor 100 hoger dan Ks. Homogene bodem. Drainbuizen op 24 m afstand. Volgens de teler zijn er geen problemen met water op het perceel. Langs de (korte) N- en Z-rand met sloot ligt een ca. 5 m brede bloemenstrook. Er zijn geen lage plekken of sporen van afstroming waargenomen. RI hoog – gemiddeld langs de randen en verder overal gemiddeld. Afstromingspatroon

Perceel	Perceelkenmerken in IMAP (gemiddelde, dominante waarde, topografie)	Waternverzadigde doorlatendheid (Ks) in IMAP vs. meting infiltratiecapaciteit (I)	Kaartbeeld beschikbare berging in bodem (bbb) en beschikbare berging op maaiveld (bbm) in IMAP	Kaartbeeld risico-index (winter-situatie) in IMAP	Kaartbeeld maaiveld-helling, afstromingspatroon, en afstroompunten (zomersituatie) in IMAP	Vergelijking IMAP met waarnemingen en informatie van teler
						richting de (lange) W-rand van het perceel (zonder sloot). Geen afstroompunten.
F9	Oppervlakte: 14,7 ha Grondsoort: klei Grondwater: GT VIo, GHG 59 cm-mv. Buisdrainage: ja Gem. RI 4,5 (-) Gem. bbb: 1,5 mm Gem. bbm: 2,6 mm ROV: matig Helling: 0,2% Sloot langs randen: gedeeltelijk	BOFEK eenheid: 4014 (Kleigronden (klei) op homogene ondergrond - soms met veen): 0,038 m/d (G) Infiltratiecapaciteit: MP K: 1,3 & 3,0 m/d MP R: 17 & 10 m/d I tot een factor 100 hoger dan Ks.	bbb: zeer gering (< 10 mm) op het hele perceel. Geen spreiding. bbm: meerdere laagten m.n. op het midden van het perceel.	Langs de randen gemiddeld (NW), hoog / zeer hoog (NO), hoog / zeer hoog (ZO), gemiddeld (ZW). In het midden gemiddeld.	Verval 0,74 m Niet-uniforme helling O-W. Afstromingspatroon naar ZO rand / W-hoek. TOP5-afstroompunten op ZO rand / W-hoek en naar NO-rand (4).	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I tot een factor 100 hoger dan Ks. Homogene bodem. Drainbuizen op 24 m afstand. Volgens de teler geen problemen met water op het perceel. Langs de randen met sloot ligt een 3 m brede grasstrook. Een enkele lage plek waargenomen op de kopakker bij de ZO-rand. Geen sporen van afstroming waargenomen. RI zeer hoog – hoog langs de randen en verder overal gemiddeld. Afstromingspatroon richting de ZW-rand (W-hoek) en de NO-rand. Hier liggen de afstroompunten.
F10	Oppervlakte: 14,6 ha Grondsoort: klei Grondwater: GT VIo, GHG 54 cm-mv. Buisdrainage: nee Gem. RI 4,5 (-) Gem. bbb: 3,5 mm Gem. bbm: 5,1 mm ROV: matig Helling: 0,2% Sloot langs randen: gedeeltelijk	BOFEK eenheid: 4018 (Kleigronden (zware zavel) op homogene ondergrond - soms met veen): 0,018 m/d (G) Infiltratiecapaciteit: MP K: 37 & 14 m/d MP R: 43 & 60 m/d I tot een factor 1000 hoger dan Ks.	bbb: zeer gering (< 10 mm) op het hele perceel. bbm: meerdere laagten op het midden van het perceel en op ca. 50 m afstand van de rand.	Langs de randen gemiddeld (NW), hoog / zeer hoog (NO), zeer hoog (ZO), hoog (ZW). In het midden gemiddeld.	Verval 0,59 m Uniforme helling Z-N/NW-rand. Langs de randen ligt het maaiveld hoger. Afstromingspatroon naar NW-rand en naar de ZO-rand/O-hoek. TOP5-afstroompunten: NO-rand/O-hoek (1).	Geometrie perceel en sloten zoals op kaart. I tot een factor 1000 hoger dan Ks. Homogene bodem. Drainbuizen op 24 m afstand. Volgens de teler geen problemen met water op het perceel. Langs de NO-rand ligt een 3 m brede grasstrook; langs de ZW-rand een rijpad. Geen lage plekken of sporen van afstroming waargenomen. RI hoog – gemiddeld langs de randen en verder overal gemiddeld. Afstromingspatroon richting de NW-rand zonder sloot en de NO-rand. Op de NO-rand ligt een afstroompunt.

Bijlage 10: Discussie, conclusies en aanbevelingen veldonderzoek

Aan deze bijlage is meegewerkt door Jaco van der Gaast (Deltares).

Inhoud

- De situatie van de percelen
- Afstromingspatroon met afstroompunten (zomersituatie)
- Meetresultaten
 - Grondwaterstand
 - Infiltratiecapaciteit
 - Indringingsweerstand
- Infiltratiemetingen nader gecorrigeerd
- Discussie, conclusies en aanbevelingen veldonderzoek

De situatie van de percelen

Het veldonderzoek is uitgevoerd in de periode van 21 april tot 30 mei 2021. De locatie van de validatiepercelen is te zien in Bijlage 3. In Tabel 9-1 is de datum gegeven van het bezoek aan het bedrijf met elk twee vooraf geselecteerde percelen; inclusief de informatie over het grondgebruik en de laatste groundbewerking.

De percelen in Vechtstromen (zandgebied) zijn in 2020 en 2021 gebruikt voor de teelt van mais, alleen perceel V9 is in 2020 gebruikt voor de teelt van aardappelen. Op het tijdstip van de metingen zijn percelen zojuist bewerkt; V1, V2 en V3 zijn tot 10 cm diep geëgd; V5 en V6 zijn geploegd; V7 t/m V10 zijn tot 20 cm diep geëgd.

De percelen in Zuiderzeeland (kleigebied) zijn in 2020 en 2021 gebruikt voor de teelt van diverse akkerbouw gewassen en niet voor mais. Op het tijdstip van de metingen zijn de percelen F1, F4, F10 nog niet bewerkt. Perceel F2, F7, F8 en F9 zijn geploegd tot 20-25 cm diep. Perceel F3 is licht gefreesd tot 10 cm diep. Perceel F6 is gelijk met het zaaien omgewerkt tot 5 cm diep. Perceel F10 is in het najaar geploegd en ingezaaid (wintertarwe).

Tabel 9-2 bevat de informatie van de teler en de observaties van de veldwerkers; over sporen van afspoeling op de rand van het perceel en over maatregelen die zijn genomen. In Vechtstromen zijn op 9 van de 10 percelen sporen van afspoeling waargenomen. Van perceel V5 ontbreekt deze informatie. Op Perceel V4 zijn maatregelen getroffen. Die betreffen niet het verminderen van de afspoeling, maar het verbeteren van de aan- en afvoer van water als de beek overstroomt. In Zuiderzeeland zijn op geen van de 10 percelen sporen van afspoeling waargenomen. Op drie percelen zijn maatregelen getroffen. Op perceel F1 bevindt zich een harde ijzerlaag in de bodem op 27 cm diepte. Op dit perceel zijn greppels aangelegd om de afvoer van water te bevorderen. Op F3, F4 en F7 zijn stroken gras of bloemen aangelegd langs de sloot.

De infiltratiecapaciteit van de bovengrond is over het algemeen meer afhankelijk van de praktijk (groundbewerking) en in mindere mate van de bodemeigenschappen. De metingen in het veld zijn gedaan in de periode nadat de grond is bewerkt ter voorbereiding op de teelt van dat jaar. Omdat er nog geen gewas staat is de toegankelijkheid van het perceel goed. De groundbewerking in de toplaag heeft invloed op de infiltratiecapaciteit van die laag. Direct na bewerking is de infiltratiecapaciteit van de bewerkte bodemlaag het hoogst. In de periode daarna klinkt de grond in, al dan niet bevorderd door het optreden van neerslag, en neemt de infiltratiecapaciteit af. Dit maakt dat de lengte van de periode

tussen de grondbewerking en de meting relevant is. Overigens kan de infiltratiecapaciteit ook in de tijd toenemen door vorming van scheuren (door afwisselend bevochtigen en uitdrogen); dit geldt met name voor zware kleigronden.

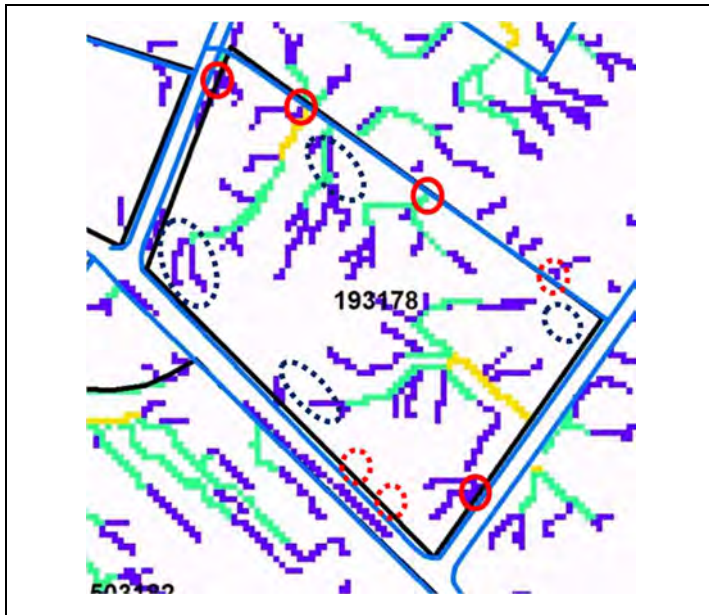
Door de recent uitgevoerde grondbewerking zijn sporen van plassen uitgewist; in het perceel zelf kunnen alleen sporen van plassen worden gevonden die daarna zijn ontstaan.

Afstromingspatroon met afstroompunten (zomersituatie)

In deze sectie is voor twee percelen de vergelijking van observaties in het veld met het afstromingspatroon en de afstroompunten op de risicokaarten beschreven. De hoogtekaart, het afstromingspatroon met de afstroompunten van de validatiepercelen zijn te zien in Bijlage 3.

Perceel V1

In Figuur 10-1 zijn voor Perceel V1 observaties op het perceel vergeleken met het afstromingspatroon volgens een voorloper van de kaart in IMAP. Er zijn sporen van afspoeling waargenomen op vier plaatsen die overeenkomen met de kaart van het afstromingspatroon (rode cirkels). Ook zijn sporen van afspoeling aangetroffen op drie plaatsen die niet zichtbaar zijn op de kaart van het afstromingspatroon (rode cirkels met onderbroken lijn). Op drie plekken waar volgens de kaart afspoeling optreedt zijn in het veld geen sporen van afspoeling waargenomen.



Figuur 10-1: Kaart van het afstromingspatroon in Perceel V1 (versie o.b.v. AHN2 die gebruikt is tijdens het veldonderzoek; paars, groen en geel staat voor weinig, gemiddeld en veel accumulatie). Observaties; rode cirkel dichte lijn = sporen van afspoeling en ook op kaart. Rode cirkel onderbroken = sporen van afspoeling niet op kaart. Zwarte onderbroken ovalen = laagtes in perceel.

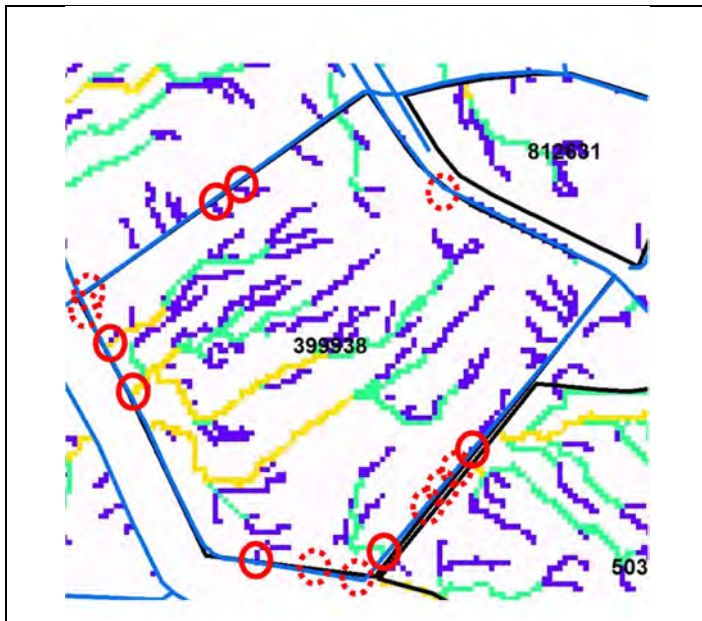
Drie van de vier plaatsen die zijn aangegeven als een laagte in het perceel (zwarte onderbroken ovalen) worden op de kaart doorkruist door stroombanen (het afstromingspatroon). Figuur 10-2 (rechts) geeft een voorbeeld van een geul naar een sloot waarlangs afspoeling heeft plaatsgevonden.



Figuur 10-2: Perceel V1 in Vechtstromen. Links een overzichtsfoto vanaf de ZO zijde van het perceel. Rechts de geul naar de sloot aan de ZO zijde van het perceel.

Perceel V2

In Figuur 10-3 zijn voor Perceel V2 observaties op het perceel vergeleken met het afstromingspatroon volgens een voorloper van de kaart in IMAP. Er zijn sporen van afspoeling waargenomen op zes plaatsen die overeen komen met de kaart van het afstromingspatroon. Ook zijn sporen van afspoeling aangetroffen op acht plaatsen die niet zichtbaar zijn op de kaart van het afstromingspatroon (rode cirkels met onderbroken lijn). Op vijf plekken waar volgens de kaart afspoeling optreedt zijn in het veld geen sporen van afspoeling waargenomen.



Figuur 10-3: Kaart van het afstromingspatroon in Perceel V2 (versie o.b.v. AHN2 die gebruikt is tijdens het veldonderzoek; paars, groen en geel staat voor weinig, gemiddeld en veel accumulatie). Observaties; rode cirkel dichte lijn = sporen van afspoeling en ook op kaart. Rode cirkel onderbroken = sporen van afspoeling niet op kaart.

Bij de observaties op Perceel V2 zijn de laagten niet aangegeven op de kaart. Bij de NW-zijde van het perceel is aangegeven dat het perceel rond loopt. Figuur 10-4 toont de vier zijden van het perceel. Aan drie zijden is de sloot ondiep. Deze staat droog op het tijdstip van de veldmetingen.



Figuur 10-4: Perceel V2 in Vechtstromen. Met de klok mee linksboven overzichtsfoto vanaf zuidzijde. NW (langs weg), ZO en ZW.

Meetresultaten

In elk validatieperceel zijn vier meetpunten gekozen; twee op plekken waarvan werd verwacht dat de infiltratiecapaciteit lager dan gemiddeld zou zijn binnen het perceel (Meetpunt 1 en 2, aangeduid als kwetsbaar). Eerst is op basis van de informatie van de teler naar lage plekken in het perceel gekeken. Als er geen specifieke plekken met lagere waterdoorlatendheid bekend waren dan werden twee punten geselecteerd op een van de kopakkers. Voor de andere twee meetpunten werden plekken gekozen waarvan werd verwacht dat de infiltratiecapaciteit representatief zijn voor het perceel (Meetpunt 3 en 4, aangeduid als representatief).

Tabel 9-3 geeft een overzicht van de resultaten in de meetpunten. Naast de grondwaterstand en de infiltratiecapaciteit zijn de duur van de infiltratiemeting en de cumulatieve hoeveelheid infiltratie gegeven. De drie criteria voor de mate van verdichting zijn afgeleid van de gemeten indringingsweerstand.

Grondwaterstand

In een aantal percelen in Vechtstromen zat het grondwater dieper dan het bereik van de grondboor; op alle vier de meetpunten > 1 m (V6); op de meetpunten representatief > 1 m (V2) of > 85 resp. 95 cm (V5). Op de andere percelen in Vechtstromen zat het grondwater tussen 20 en 95 cm diep. Voor perceel V7 en de representatieve meetpunten van V8 ontbreken metingen. Voor de overige percelen in Vechtstromen geldt dat het grondwater op de twee kwetsbare meetpunten minder diep zit dan op de

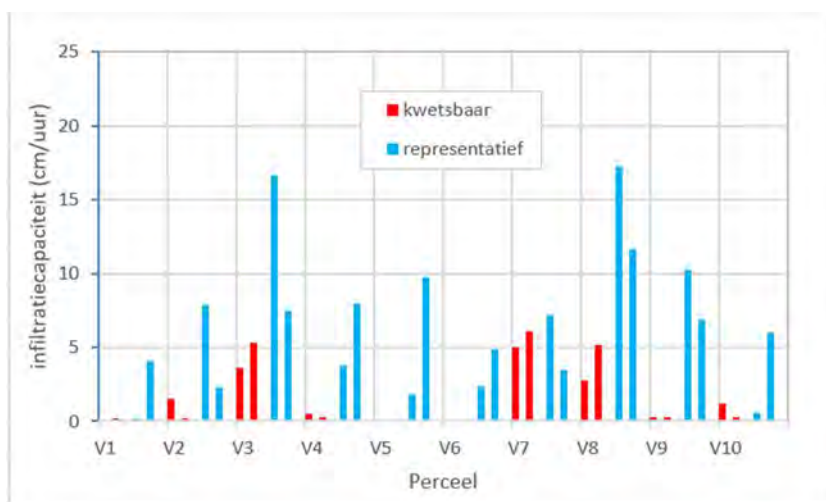
twee representatieve meetpunten. De kwetsbare meetpunten zijn geselecteerd in een laagte of op de kopakker. In die plekken is het maaiveld lager dan in de rest van het perceel. De hogere grondwaterstand op de kwetsbare meetpunten komt overeen met de verwachting.

In de percelen F3, F4, F6 zat het grondwater dieper dan het bereik van de grondboor; > 100 cm. Op Perceel F8 en F10 was dit het geval in een enkel meetpunt (> 90 of > 100 cm). Zonder de extreem hoge waarde van 10 cm in Perceel F4 Meetpunt 4, bevindt de gemeten grondwaterstand in deze groep percelen zich tussen de 45 en 105 cm. De kwetsbare meetpunten zijn geselecteerd in een laagte of op de kopakker. In die plekken is het maaiveld lager dan in de rest van het perceel. Er is geen eenduidig verschil tussen de diepte van het grondwater in beide groepen meetpunten.

Infiltratiemetingen

Bij de start van de meting bleek regelmatig dat er water buiten de buitenste ring omhoog kwam. Om het wegsijpelen te voorkomen zijn de ringen dieper in de grond geslagen, tot 10 of tot 15 cm diep.

De infiltratiecapaciteit op de percelen in Vechtstromen is gegeven in een histogram in Figuur 10.6. Op vier meetpunten kwetsbaar (3 percelen) is de infiltratiecapaciteit = 0 cm/uur. De overige waarden liggen tussen 0.1 en 17.2 cm/uur. Op 7 percelen is de waarde lager dan 1 cm/uur. Op vier meetpunten (op 3 percelen) is de infiltratiecapaciteit hoger dan 10 cm/uur. Op de meetpunten kwetsbaar is de infiltratiecapaciteit lager dan op de meetpunten representatief. De uitzondering zijn Perceel V7 meetpunt 4 (representatief) en V10 meetpunt 1 (kwetsbaar).

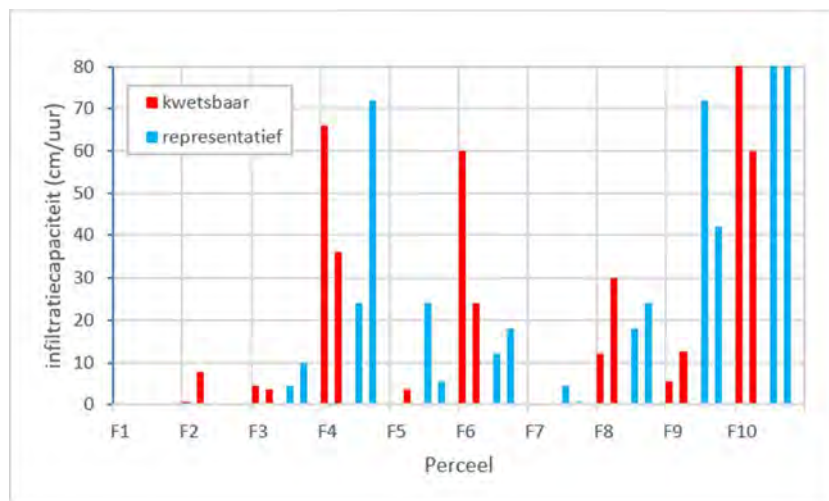


Figuur 10.5: Infiltratiecapaciteit in de meetpunten op de validatiepercelen in Vechtstromen (cm/uur).

De percelen in het pilotgebied Vechtstromen vormen geen homogene groep. De dominante grondsoort is klei op V3 en moer op V9. Volgens de kaart van BOFEK2020 liggen op 6 van de 10 percelen twee of meer bodemtypen; waarvan 2 op zand en klei.

De infiltratiecapaciteit op de percelen in Zuiderzeeland is gegeven in een histogram in Figuur 10.7. Op drie meetpunten kwetsbaar (op 2 percelen) is de infiltratiecapaciteit = 0 cm/uur. De overige waarden liggen tussen 0.1 en 252 cm/uur. Op Perceel F1 zijn de waarden = 1 cm/uur. Op 6 percelen is de infiltratiecapaciteit hoger dan 10 cm/uur. Op de meetpunten kwetsbaar is de infiltratiecapaciteit lager dan op de meetpunten representatief. De uitzondering is Perceel F2.

De percelen in het pilotgebied Zuiderzeeland vormen evenmin een homogene groep. De (dominante) grondsoort op de percelen F1, F2 en F3 is zand. Volgens de kaart van BOFEK2020 ligt Perceel F4 gedeeltelijk op zand en klei, en ligt Perceel F5 op 2 bodemtypen klei.



Figuur 10.6: Infiltratiecapaciteit in de meetpunten op de validatiepercelen in Zuiderzeeland. Op Perceel F10 zijn de hoogste waarden gemeten; 156, 180 en 252 cm/uur.

In Tabel 10.1 zijn de resultaten voor beide groepen percelen samengevat. De spreiding van de infiltratiecapaciteit is groot. Het gemiddelde en de mediaan zijn voor de groep kwetsbaar lager dan voor de groep representatief. Het verschil tussen de meetpunten kwetsbaar en representatief is groter in de groep percelen in Vechtstromen dan in de groep percelen in Zuiderzeeland. Dit blijft onveranderd als de extreme waarden van Perceel F10 buiten beschouwing worden gelaten.

Tabel 10.1: Meetresultaten infiltratiecapaciteit; op 10 percelen in Vechtstromen (zand) en 10 in Zuiderzeeland (klei); twee soorten meetpunten kwetsbaar en representatief.

	Vechtstromen		Zuiderzeeland	
	kwetsbaar	representatief	kwetsbaar	representatief
min	0.0	0.2	0.0	0.1
max	6.1	17.2	156.0	252.0
gem	1.6	6.6	24.1	38.2
med	0.3	6.5	6.6	15.0
n	20	20	20	20

Indringingsweerstand

Op de percelen in Vechtstromen varieert de toetswaarde voor de mate van verdichting (Criterium A; Tabel 8.1) van -2,18 tot 5,58 MPa (n = 29). Op twee percelen is het verschil negatief; V4 met drie meetpunten, en V10 met een meetpunt. Een negatief getal impliceert dat de dichtheid van de laag 0-60 cm diepte lager is dan de dichtheid van de laag beneden 60 cm diepte. Het positieve getal in de andere 25 punten impliceert dat de dichtheid van de laag 0-60 cm diepte hoger is dan de dichtheid van de laag beneden 60 cm diepte; dit is een aanwijzing voor verdichting in de laag tot 60 cm diepte.

Op de percelen in Zuiderzeeland varieert de toetswaarde voor de mate van verdichting (Criterium A, Tabel 8.1) varieert van -0,61 tot 4,96 MPa (n = 35). Op drie percelen is het verschil negatief; F4 met één meetpunt, F8 met twee meetpunten, F10 met één meetpunt. Dit impliceert dat de dichtheid van de laag 0-60 cm diepte lager is dan de dichtheid van de laag beneden 60 cm diepte. Het positieve getal in de andere 31 meetpunten impliceert dat de dichtheid van de laag 0-60 cm diepte hoger is dan de dichtheid van de laag beneden 60 cm diepte. Dit is een aanwijzing voor verdichting in de laag tot 60 cm diepte. Op basis van de uitkomsten en de criteria A, B C is geen duidelijk verschil tussen de groep meetpunten kwetsbaar en de groep meetpunten representatief.

De metingen van de indringingsweerstand in de percelen in beide pilotgebieden geven geen aanwijzing dat de mate van bodemverdichting in de groep meetpunten kwetsbaar groter is dan in de groep meetpunten representatief. Mogelijke verklaringen zijn; de mate van heterogeniteit – te weten meer dan 1 bodemtype in het perceel, de helling van het perceel, de ligging van de meetpunten in het perceel (Bijlage 3), een beperkt aantal meetpunten.

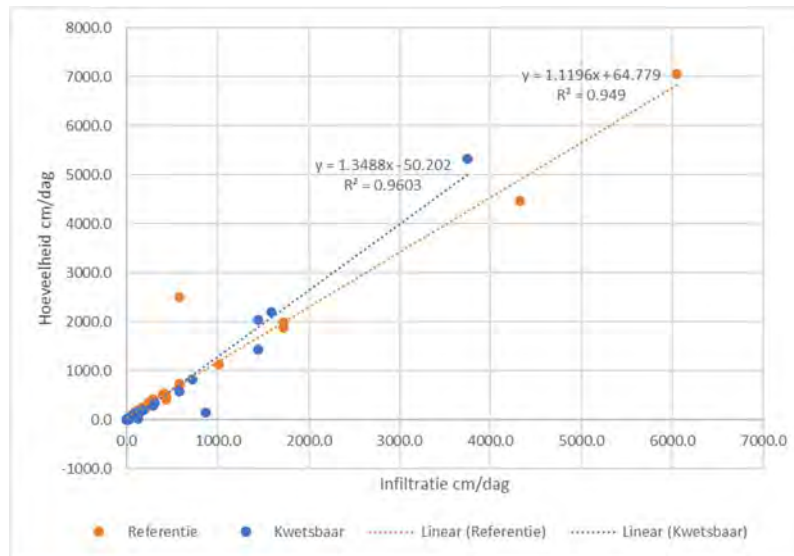
Infiltratiemetingen nader gecorreleerd

Inleiding

Op basis van de factoren die van invloed zijn op de infiltratiecapaciteit van de bodem liggen correlaties met fysische kenmerken zoals waterverzadigde doorlatendheid van de bovengrond, grondwaterstand en indringingsweerstand in de lijn der verwachtingen. Daarom is naast het meten van de infiltratiecapaciteit met een dubbele ringinfiltrometer ook de indringingsweerstand met een penetrometer gemeten en zijn verschillende fysische kenmerken geïnventariseerd. Twee locaties zijn niet meegenomen in deze analyse (F3-kwetsbaar 1 en F7-kwetsbaar 1) omdat de coördinaten ten tijde van de analyse niet beschikbaar waren. Bij de analyse is onderscheid gemaakt tussen de representatieve en kwetsbare locaties.

Analyse van gegevens

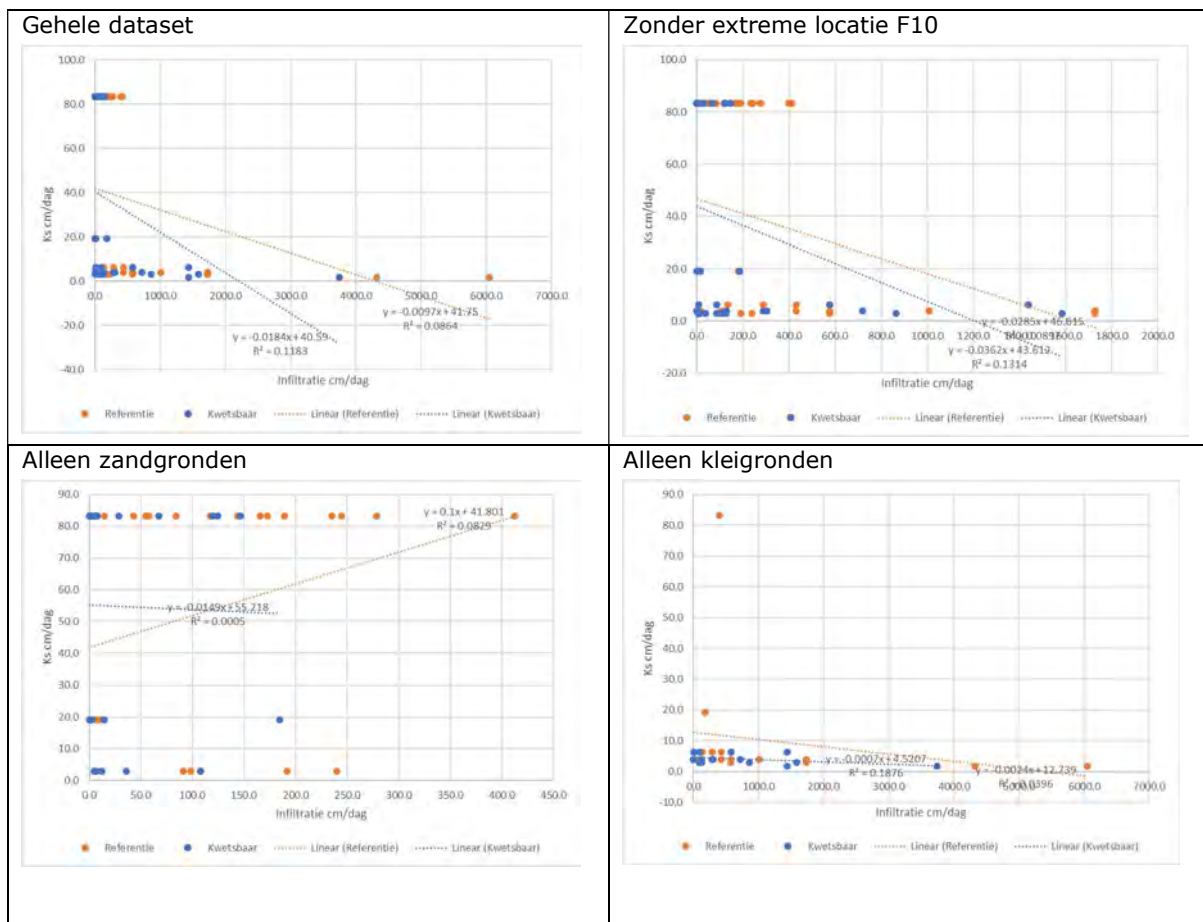
Bij het zoeken naar verbanden is echter gebleken dat de gevonden correlaties met verschillende fysische kenmerken tegen de verwachting in erg gering zijn. Alvorens hier nader op in te gaan is daarom besloten de meetgegevens nader te toetsen. Dit is gedaan aan de hand van de beschikbare meetgegevens (Tabel 9-3). Die bestaan uit de constante infiltratiesnelheid aan het einde van de proef (infiltratiecapaciteit in cm/uur), de totale meettijd (min) en de cumulatieve hoeveelheid geïnfilterd water (cm). Aan de hand van de totale meettijd en de cumulatieve hoeveelheid geïnfilterd water kan een gemiddelde infiltratiesnelheid worden berekend. Aangezien de initiële infiltratiecapaciteit bij een droge grond hoog is zal de op deze wijze berekende gemiddelde infiltratiesnelheid altijd hoger zijn dan de naar verloop van tijd gemeten (bijna) constante infiltratiesnelheid. Deze waarden blijken onderling een goede correlatie te hebben (Figuur 10-7).



Figuur 10-7: Relatie tussen de infiltratiecapaciteit (de infiltratiesnelheid aan het eind van de veldmeting; cm/dag; x-as) en de gemiddelde infiltratiesnelheid (de cumulatieve hoeveelheid geïnfiltreerd water en de totale meetperiode; cm/dag; y-as); berekend voor de meetpunten representatief en voor de meetpunten kwetsbaar.

Naast een goede correlatie blijkt echter ook dat de gemiddelde infiltratiesnelheid tegen de verwachting in lager kan zijn dan de gemeten infiltratiesnelheid aan het eind van de veldmeting (de infiltratiecapaciteit). Deze discrepantie is op 7 van de 78 meetlocaties geconstateerd (Perceel V8, V10, F1, F2, F3, F4 en F6). Vooral snog is hier geen verklaring voor te geven.

De gemeten infiltratiesnelheid zal, nadat deze naar verloop van tijd bij benadering constant is geworden (we noemen dit de infiltratiecapaciteit), ongeveer overeenkomen met de waterverzadigde doorlatendheid van de bovengrond. Daarom wordt een sterke relatie verwacht tussen de infiltratiecapaciteit en waterverzadigde doorlatendheid (K_s). De K_s -waarde wordt doorgaans geschat op basis van de K_s -waarden voor de meeste bovengrondbouwstenen van de profielen uit de Bodemfysische Eenheden-kaart (Heinen et al., 2020). Voor de uiteindelijke bepaling van de infiltratiecapaciteit wordt deze K_s -waarde in sommige onderzoeken gereduceerd om rekening te houden met luchtinsluiting en verslamping (van Bakel et al., 2018). Indien de gemeten infiltratiesnelheden tegen de K_s -waarde van de Staringreeks worden uitgezet blijkt er geen goede relatie te zijn (Figuur 10-8). Ook het verwijderen van een locatie met extreem hoge infiltratiesnelheden die waarschijnlijk het gevolg zijn van scheurvorming (kleigrond F10) of het afzonderlijk beschouwen van pilotgebieden Vechtstromen (zand) en Zuiderzeeland (klei) geeft geen substantiële verbetering in de correlatie tussen infiltratiecapaciteit en K_s -waarde.



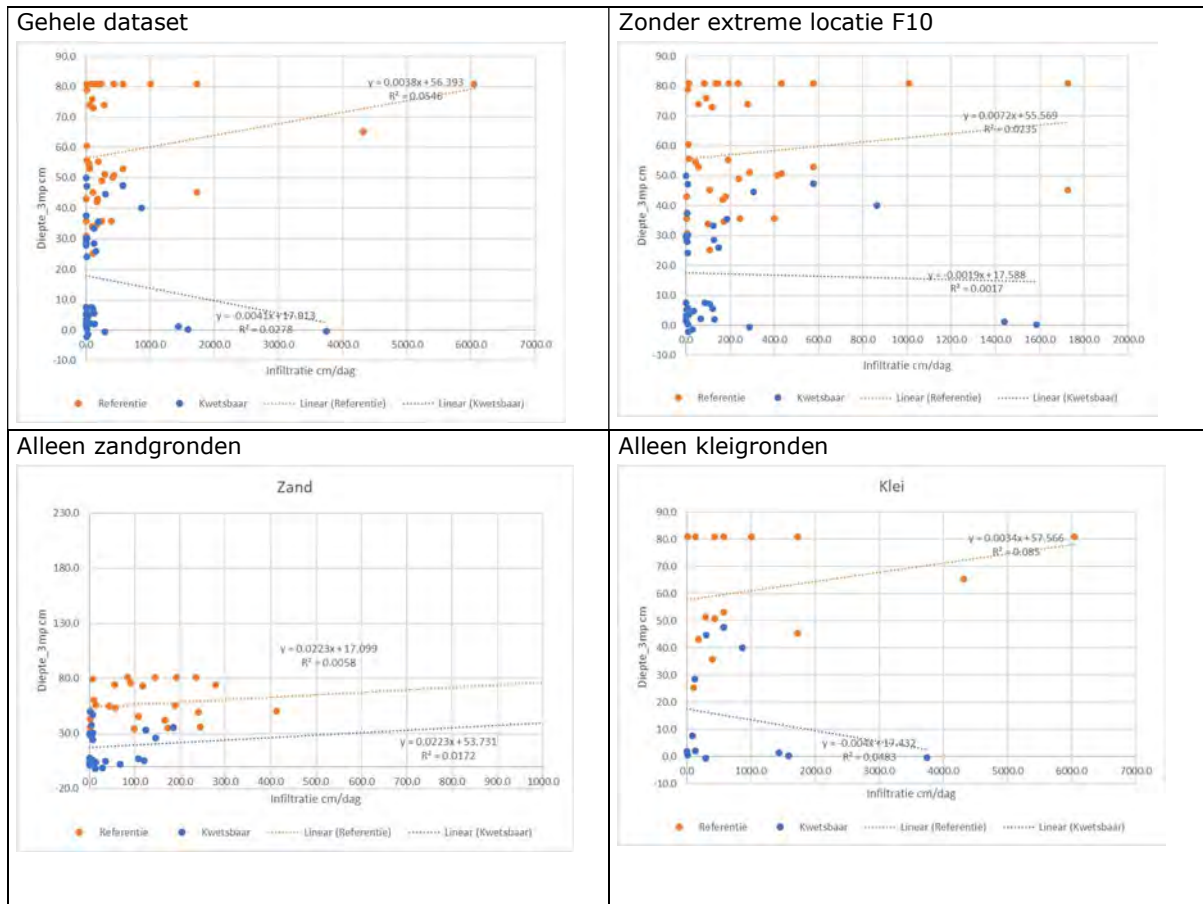
Figuur 10-8: Relatie tussen de infiltratiecapaciteit (infiltratie; cm/dag; x-as) en de waterverzadigde doorlatendheid van de bovengrond bouwsteen volgens de Staringreeks (K_s ; cm/dag). Voor de percelen in Vechtstromen (zand) en in Flevopolders (klei) en met onderscheid tussen de meetpunten representatief en de meetpunten kwetsbaar.

Mogelijke verklaringen voor het geconstateerde slechte verband zijn:

- De heterogeniteit binnen percelen en van de groep percelen binnen de pilotgebieden (zie Sectie Meetresultaten; deze bijlage)
- De kwaliteit en representativiteit van de gemeten infiltratiesnelheden is mogelijk onvoldoende (zie Sectie Controle metingen; deze bijlage);
- Onjuiste toekenning van bodemeigenschappen gezien de schaal van de BOFEK2020 kaart;
- De beperkte variatie in bouwstenen van de Staringreeks (voor heel Nederland slechts 18 bovengronden);
- De invloed van de bodemkundige gesteldheid van de bovengrond in relatie tot grondbewerking en seizoensinvloeden (zwellen en krimpen) (zie Sectie Meetresultaten; deze bijlage);
- De invloed van andere factoren zoals beschikbare bodemberging, de ontwateringssituatie, het grondwaterstandsniveau en gelaagdheid in het bodemprofiel.

Teneinde te onderzoeken of andere fysische factoren gecorreleerd zijn met de gemeten infiltratiecapaciteit is ook naar een aantal andere parameters gekeken. Naast de infiltratiecapaciteit is ook de indringingsweerstand op dezelfde locaties gemeten. De indringingsweerstand is samengevat in drie karakteristieke waarden of criteria (Bijlage 9; Tabel 9-3). Criterium B is de diepte waarop de indringingsweerstand voor het eerst vanaf maaiveld groter is dan 3 MPa. Indien deze diepte wordt uitgezet tegen de infiltratiecapaciteit kan een verschil tussen de representatieve locaties en de kwetsbare locaties worden waargenomen (Figuur 10-9). Toch is er geen sprake van een sterk verband

tussen de gemeten infiltratiecapaciteit en de gemeten indringingsweerstand. Het verband tussen de gemeten infiltratiecapaciteit met de andere karakteristieken van de indringingsweerstand is vergelijkbaar.



Figuur 10-9: Relatie tussen de infiltratiecapaciteit (infiltratie; cm/dag; x-as) en de waterverzadigde doorlatendheid van de bovengrond bouwsteen volgens de Staringreeks (K_s ; cm/dag). Voor de percelen in Vechtstromen (zand) en in Flevopolders (klei) en met onderscheid tussen de meetpunten representatief en de meetpunten kwetsbaar.

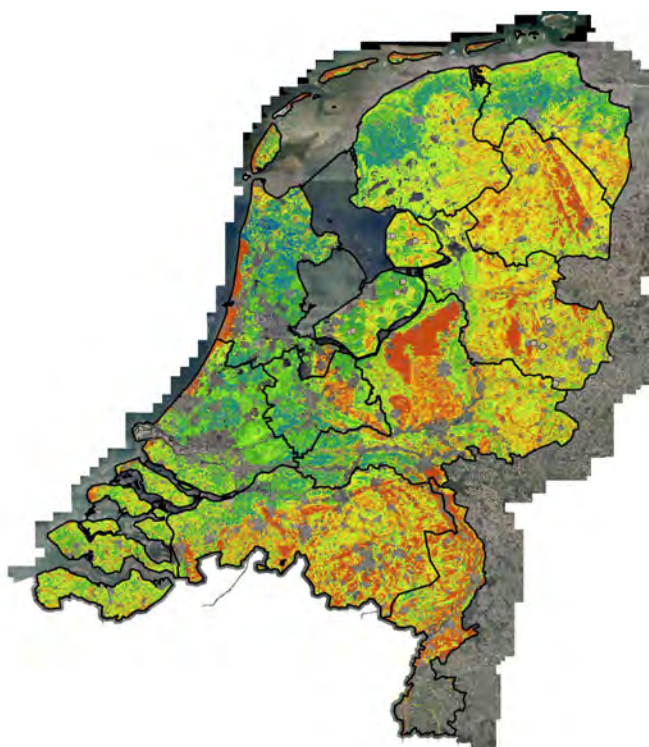
De grenswaarde van 3 MPa is een indicator voor de diepte van de bewortelbaarheid. Een wortel kan weliswaar geen hogere druk uitoefenen dan ongeveer 1 MPa, maar de conus van de penetrometer is veel groter en ondervindt dus een hogere weerstand dan een wortel (Locher en de Bakker, 1987). Dit duidt tevens op een beperking van de penetrometermethode. De wortel kan gemakkelijk in poriën dringen waar de conus van de penetrometer niet in past. Als er een stelsel van verticale poriën aanwezig is die voldoende groot zijn voor wortelgroei, kan een met de penetrometer gevonden hoge weerstand misleidend zijn (Locher en de Bakker, 1987). Ook bij stroming van water en de hiermee samenhangende infiltratiecapaciteit van de bodem kan dit aspect een belangrijke rol spelen en een mogelijke verklaring zijn voor de geconstateerde geringe correlatie tussen de infiltratiecapaciteit en de indringingsweerstand. Een tweede mogelijke verklaring is dat de resultaten van de meetproef met de ringinfiltrometer en van de handpenetrometer representatief zijn voor verschillende bodemlagen. Het is daarom verstandig om in een veldonderzoek ook de structuur en de waar te nemen bewortelingsdiepte van het bodemprofiel te beschrijven.

Het niveau van het grondwater is ook van invloed op de infiltratiecapaciteit. De fluctuatie van de grondwaterstand is samengevat in grondwatertrappen bestaande uit een GHG en GLG. De vlakdekkende

kaarten van deze samenvattende fysische parameters (van der Gaast et al., 2010) zijn ook gebruikt als bron van de risicokaarten in IMAP. Indien sprake is van een goede correlatie, kan deze parameter tevens worden gebruikt voor het voorspellen van de infiltratiecapaciteit en de hiermee samenhangende maaiveldafvoer. De correlatie tussen de gemeten infiltratiecapaciteit en de gekarteerde GHG blijkt ook niet sterk te zijn.

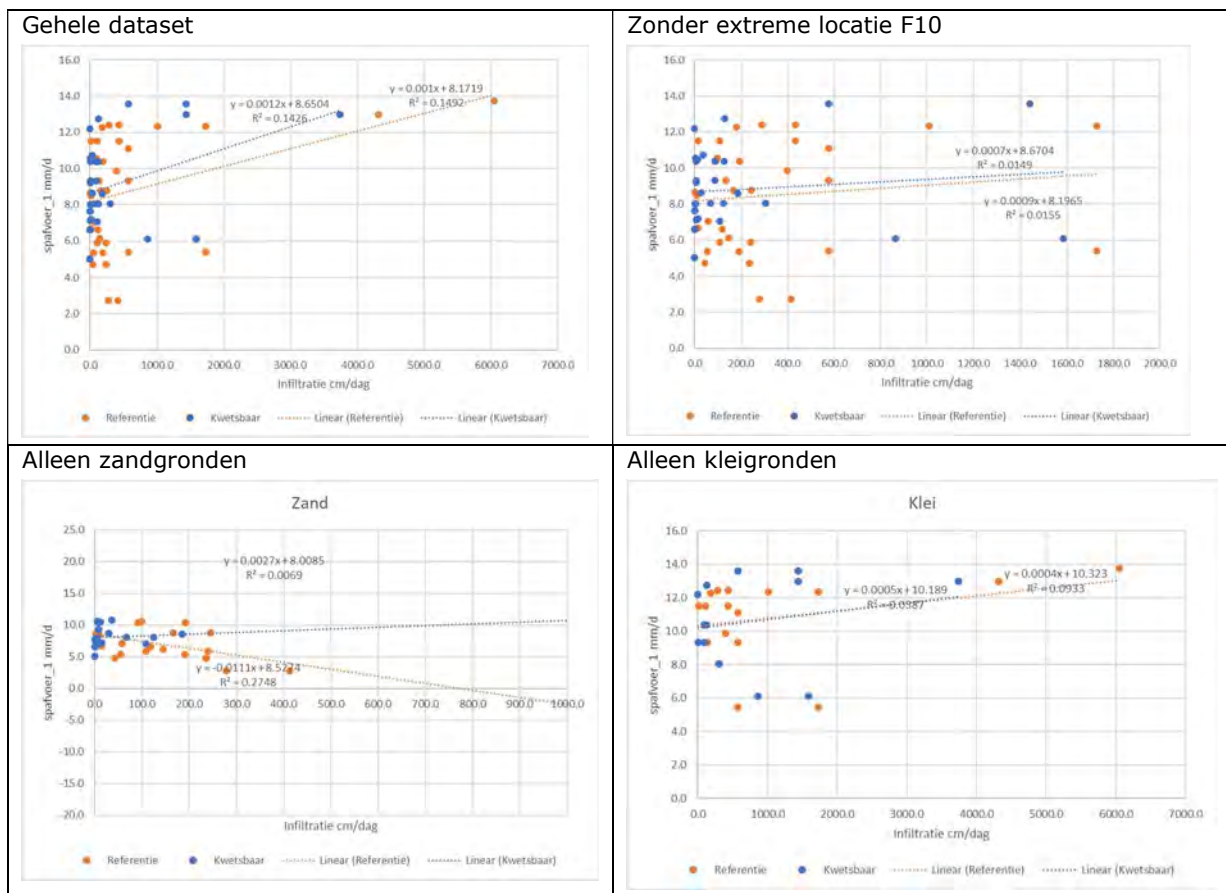
Indien gekeken wordt naar de correlatie tussen de gemeten infiltratiecapaciteit en de gekarteerde GVG blijkt het verband iets beter te zijn. Vooral het verschil tussen de zandgronden en de kleigronden wordt iets duidelijker. Toch is de hoeveelheid verklaarde variantie nog niet erg hoog. Het is ook niet alleen het grondwaterniveau dat bepalend is voor de infiltratiecapaciteit en de hiermee samenhangende oppervlakkige afvoer over maaiveld.

Daarom is ook gekeken naar een via modelmatige weg verkregen parameter die een correlatie met de afvoer over maaiveld zou moeten hebben. In het kader van het onderzoek 'hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' zijn onder meer afvoerkaarten gemaakt (van der Gaast et al., 2006). De meest relevante kaart voor oppervlakkige afvoer over maaiveld is de maatgevende afvoer (Figuur 10-10).



Figuur 10-10: Maatgevende afvoer op basis van karteerbare kenmerken (bron: van der Gaast et al., 2006)

De maatgevende afvoer is gedefinieerd als de afvoer die 1 maal per jaar wordt bereikt of overschreden. De kaart is gebaseerd op berekeningen met een aangepaste versie van het model SWAP waarin alle afvoerrelaties op gedetailleerde wijze worden gesimuleerd. Het gaat hierbij zowel om de afvoerrelaties naar de verschillende ontwateringsmiddelen als de afvoer over maaiveld. Om de maatgevende afvoer te bepalen zijn vervolgens voor iedere schematisatie-eenheid bestaande uit meteoregio, hydrotype en bodemfysische eenheid een groot aantal metarelaties afgeleid. Indien gekeken wordt naar de relatie tussen de gemeten infiltratiesnelheid en de maatgevende afvoer op basis van karteerbare kenmerken worden ook geen sterke verbanden gevonden (Figuur 10-11). Opvallend is wel de relatief goede correlatie voor de representatieve locaties voor de zandgronden.



Figuur 10-11: Relatie tussen de infiltratiecapaciteit (infiltratie; cm/dag; x-as) en de maatgevende afvoer die 1 keer per jaar voorkomt (mm/dag). Met de klok mee vanaf linksboven: Voor de gehele dataset; idem, zonder de extreme locatie Perceel F10; voor de percelen in Vechtstromen (zand); en voor de percelen in Flevopolders (klei). Met onderscheid tussen de meetpunten representatief en de meetpunten kwetsbaar.

Conclusies en aanbevelingen veldonderzoek

Discussie

Een factor die van invloed is op de infiltratiecapaciteit is de toestand van de grond op het tijdstip van de meting. Op akkerbouw- en maispercelen wordt de grond meestal bewerkt door ploegen of frezen in het voorjaar. Daardoor wordt de toplaag van de grond losser van structuur en kan het water beter infiltreren. Als er tussen de grondbewerking en de meting neerslag is gevallen dan kan enige verdichting van de toplaag hebben plaatsgevonden, waardoor het water weer minder goed kan infiltreren.

Het meten van indringingsweerstand is toegepast in studies naar verdichting van gronden. Akkerbouw en maispercelen worden vaak jaarlijks bewerkt. De grens van de bewerkte laag en onbewerkte laag (ploegzool) is vaak een overgang waar de weerstand groter wordt. Dat is te zien in grafieken waar de indringingsweerstand is uitgezet tegen de diepte; voorbeeld Figuur 8-1 (V4). Op alle percelen in Vechtstromen en vier percelen in Zuiderzeeland (F1-F4) is dit verloop met de diepte te zien. Een andere oorzaak voor dit verloop kan zijn een storende laag in het bodemprofiel (F1). Er is geen systematisch verschil gevonden tussen de indringingsweerstand van de bodem in de meetpunten kwetsbaar en meetpunten representatief. De groep percelen binnen het pilotgebied is in veel opzichten niet homogeen; voor wat betreft het gebruik, bodem, ontwatering en reliëf.

De infiltratiemetingen zijn gedaan in de bovenste 10-15 cm van de grond. Op akkerbouwgrond wordt de bouwvoor regelmatig bewerkt door te ploegen, eggen of frezen. Daardoor ontstaat vaak een zogenaamde ploegzool op circa 30 cm diepte (ondergrondverdichting). De grond daarboven wordt bewerkt en bij het ploegen gaat het wiel van de trekker door de voor waardoor de grond wordt aangeduwd. Op de diepte van de ploegzool is sprake van een abrupte overgang naar een lagere waterverzadigde doorlatendheid.

Voor de infiltratiecapaciteit wordt bij het ontbreken van goede gegevens vaak de waterverzadigde doorlatendheid (K_s -waarde) van de Staringreeks gebruikt. Uit de metingen blijkt dat de gemeten infiltratiecapaciteit veel hoger is dan de K_s -waarde. Dit is mogelijk een gevolg van:

1. De wijze waarop gemeten wordt. Bij een K_s -bepaling in het laboratorium wordt een ringmonster gestoken waarin uitsluitend verticale stroming mogelijk is. Het optreden van laterale stroming leidt meestal tot overschatting van de gemeten infiltratiesnelheid. Bij het gebruik van een dubbele ringinfiltrometer dient de buitenste ring om het effect van laterale stroming op de meting in de binnenste ring zo klein mogelijk te houden. Het optreden van laterale stroming kan echter niet uitgesloten worden.
2. De diepte en het moment waarop gemeten wordt. Een infiltratiemeting vindt plaats nabij het grondoppervlak en de binnenste ring heeft een diameter van circa 30 cm. Op bouwland wordt de toplaag vaak rul gemaakt voor het begin van het groeiseizoen. Een ringmonster wordt doorgaans iets dieper genomen en heeft een hoogte van 10 cm en een diameter van 20 cm. Als het ringmonster iets dieper is genomen kan de bodemstructuur afwijken van die in de bovenste laag. Hierdoor kan een in het laboratorium gemeten waterverzadigde doorlatendheid lager uitkomen.

De correlaties van de infiltratiecapaciteit met andere fysische parameters zoals indringingsweerstand, de karakteristieken van het grondwaterregime (GHG en GVG) en de maatgevende afvoer zijn beperkt. Een mogelijke verklaring is het aantal meetpunten, de schaal waarop gemeten wordt, en de hiermee samenhangende representativiteit. Een gemeten infiltratiesnelheid wordt gemeten op enkele cm diepte en een diameter van 30 cm. De indringingsweerstand wordt op een schaal van 1 cm² gemeten en varieert met de diepte. Dit verschil in de diepte is een mogelijke verklaring voor de geringe correlatie. Op een iets grotere schaal bezien is verslemping van het bovenste laagje van de bovengrond niet de enige, mogelijk beperkende factor voor infiltratie. De bovengrond wordt indien nodig door middel van grondbewerking 'open' gehouden, er is veel beworteling, meer organische stof en meer biologische activiteit. Vaak zijn slecht doorlatende lagen op geringe diepte in hoge mate bepalend voor de mate van infiltratie. Dit zou ook een verklaring kunnen zijn voor de geringe correlatie tussen de gemeten infiltratiesnelheid, de karakteristieken GHG en GVG, en de maatgevende afvoer.

Conclusies

Het veldonderzoek is uitgevoerd aan het begin van het groeiseizoen - kort na bewerking van de grond. De gemeten infiltratiecapaciteit is op dat moment optimaal voor die grond. Dit geeft een onderschatting van het risico op afstroming op de validatiepercelen.

De resultaten van de metingen met de handpenetrometer op de validatiepercelen geven weinig inzicht in het verband met ondergrondverdichting. Een mogelijke oorzaak ligt in de opzet van het protocol (het aantal en de locatie van de meetpunten). Een andere, mogelijke oorzaak ligt in de specifieke situatie op een deel van de validatiepercelen.

Slechte correlatie tussen de gemeten infiltratiecapaciteit van de waterverzadigde doorlatendheid van de bovengrond is te verklaren door de methode en de diepte waarop gemeten wordt. De proefopzet met de dubbele ringinfiltrometer in het veld sluit het optreden van laterale stroming in de bodem onder de

ringen niet uit. De diepte van de meting in het veld is wat minder dan de diepte van het ringmonster dat gebruikt wordt voor de meting van de waterverzadigde doorlatendheid in het lab.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om delen van het veldonderzoek te herhalen aan het einde van het groeiseizoen. Op dat moment zijn de omstandigheden minder gunstig dan aan het begin van het groeiseizoen wanneer de grond is losgemaakt door bewerking.

Aanbevolen wordt om het graven van een profielkuil en de beschrijving van het bodemprofiel toe te voegen aan het protocol voor dit soort veldonderzoek.

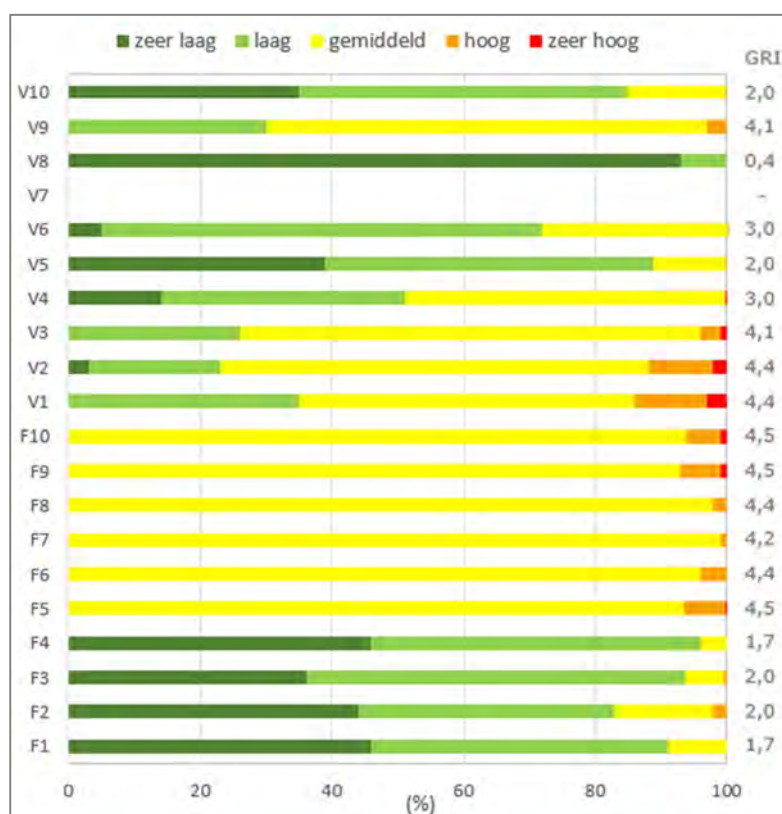
Bijlage 11: Validatie van de risico-kaarten

Het veldonderzoek is uitgevoerd in een pilotgebied op zand en een pilotgebied op klei. In deze bijlage worden de resultaten van het veldonderzoek vergeleken met de perceelkenmerken en de risico-kaarten in de tool. Aansluitend worden de onderzoeksvragen beantwoord en wordt een aantal aanbevelingen geformuleerd.

Perceelkenmerken in IMAP

Het oppervlak van het validatieperceel is gemiddeld 3,2 ha in Vechtstromen en 8,2 ha in Zuiderzeeland (BRP versie 2020). In de actuele versie van het percelenbestand blijkt dat een aantal percelen in Zuiderzeeland is opgesplitst of uitgebreid. Dit soort wijzigingen kunnen een deel van de vooraf berekende risico-kaarten van het geselecteerde perceel onbruikbaar maken. Om dit te ondervangen, wordt aanbevolen in een volgende versie van de tool de risico-kaarten te berekenen tijdens de sessie van de tool; op basis van de vorm van het door de gebruiker geselecteerde perceel en overige (kaart)gegevens.

Op de tegel van IMAP wordt de gemiddelde waarde van de risico-index (wintersituatie) getoond. De tool opent met de kaart van de risico-index (wintersituatie). In Figuur 11-1 is de verdeling te zien van de waarde van de risico index (wintersituatie) in de punten op het perceel. De gemiddelde waarde staat rechts in de figuur; dit is het perceelkenmerk op de tegel in Farmmaps.



Figuur 11-1: Verdeling van de risico-index (wintersituatie) in de punten op het perceel over vijf klassen; op de validatiepercelen in Zuiderzeeland (F) en Vechtstromen (V); met het perceelkenmerk GRI (gemiddelde waarde) in de rechter kolom.

Binnen deze groep is de score relatief hoog voor de percelen in Zuiderzeeland (F5 t/m F10); met min of meer dezelfde combinatie van aangrenzende sloten, zeer geringe ruimte voor berging van water in de bodem, en gemiddelde waterverzadigde doorlatendheid. De score is ook relatief hoog voor een aantal percelen in Vechtstromen (V1 t/m V3; V9). De spreiding van de score binnen deze percelen in Vechtstromen hangt samen met de mate van heterogeniteit (grondsoort, bodemtype). Overigens zijn deze percelen in Vechtstromen onderling meer verschillend dan die in Zuiderzeeland (F5 t/m F10). De spreiding van de score binnen de percelen F1 t/m F4 is het gevolg van de relatief grote afstand tussen de aangrenzende waterlopen; hier liggen punten in alle vier de afstandsklassen. Op Perceel V8 is de overheersende score zeer laag door het ontbreken van aangrenzende sloten, in combinatie met grote ruimte voor berging van water in de bodem (Gt VII) en hoge waterverzadigde doorlatendheid.

Op basis van dit resultaat is de conclusie dat de gemiddelde risico-index (wintersituatie) een indicatie geeft van de kwetsbaarheid van het perceel voor oppervlakkige afstroming in de wintersituatie. Verschillende combinaties van de verklarende factoren kunnen leiden tot dezelfde score van het perceelkenmerk GRI. Het is niet bekend in welke mate en op welke schaal de maximale score voor deze groep validatiepercelen in andere delen van het beheersgebied of daar buiten wordt overschreden. Met behulp van de kaarten in IMAP is het mogelijk om het patroon van de risico-index (wintersituatie) binnen het perceel te herleiden tot de verklarende factoren (zie ook verderop in deze sectie).

De helling van de groep percelen is gemiddeld 0,8% in Vechtstromen en 0,2% in Zuiderzeeland. Op de meeste percelen met een hoger hellingpercentage zijn uitsluitend geïsoleerde punten te zien met een beschikbare ruimte voor berging van water op het maaiveld. Op de meeste percelen met een lager hellingpercentage zijn ook lage plekken te zien waar mogelijk plassen op het land kunnen staan. Deze lage plekken kunnen een risico vormen voor afstroming en afspoeling.

Het grondwater op de percelen in Vechtstromen zit over het algemeen hoger dan in Zuiderzeeland. Het perceelkenmerk Gt (Grondwatertrap) op de percelen in Vechtstromen is IIIb (4), VIo (3) of VIId (2). De Grondwatertrap op de percelen in Zuiderzeeland is IV (1), VIo (7) of VIId (2).

Op 11 van de 20 percelen komt de drainage situatie volgens het veldonderzoek overeen met de kaart (7 in Vechtstromen en 4 in Zuiderzeeland). Op 6 percelen komt de drainage situatie volgens het veldonderzoek niet overeen met de kaart (2 in Vechtstromen en 4 in Zuiderzeeland). Op de 3 resterende percelen is de drainage situatie tijdens het veldonderzoek niet genoteerd.

Infiltratiecapaciteit en waterverzadigde doorlatendheid (m/d)

De gemeten infiltratiecapaciteit van de bodem op de onderzochte percelen is vergeleken met de waterverzadigde doorlatendheid volgens de bodemfysische eenhedenkaart van Nederland.

Vechtstromen

In Vechtstromen liggen 8 van de 10 validatiepercelen op zand (bodemtypen: zwak – of sterk lemige zandgronden of enkeerdgronden, 1 op klei (zavel op zandondergrond) en 1 op moerige grond (moerige grond met zanddek. Zie Tabel 2-8 voor meer details). De variatie in bodems binnen het perceel is in Vechtstromen groter dan in Zuiderzeeland; op 7 percelen komen 2 of 3 bodemtypen voor. Op 3 percelen liggen de meetpunten voor de infiltratiecapaciteit dicht op de grens tussen bodemtypen met een verschil in waterverzadigde doorlatendheid. Voor deze meetpunten geldt dat het bodemtype niet te bepalen is aan de hand van de kaart; op de lokale schaal zijn de grenzen tussen de kaartvlakken onvoldoende nauwkeurig. Op 3 percelen liggen de meetpunten kwetsbaar en representatief op afstand van elkaar en mogelijk op bodemtypen met een verschil in de waarde van de waterverzadigde doorlatendheid van de bovengrond.

Op 9 percelen in Vechtstromen is de infiltratiecapaciteit op de meetpunten representatief hoger dan op de meetpunten kwetsbaar. Op 6 percelen zijn de infiltratiecapaciteit (meetpunten representatief) en de

waterversadigde doorlatendheid van dezelfde orde van grootte. Op 3 percelen is de gemeten infiltratiecapaciteit een factor 10 tot 100 groter dan de waterversadigde doorlatendheid. Op bouwland is de infiltratiecapaciteit over het algemeen meer afhankelijk van de praktijk en minder van bodemeigenschappen (Massop et al., 2012). Dit kan de spreiding in de deze resultaten ten dele verklaren. Een mogelijke verklaring voor de relatief hoge waarden van de infiltratiecapaciteit, is dat de metingen zijn gedaan aan het begin van het groeiseizoen - kort na een grondbewerking waarbij de bodem is losgewerkt. Tijdens het groeiseizoen zal de infiltratiecapaciteit dalen als gevolg van de impact van neerslag en eventueel berijding.

Zuiderzeeland

In Zuiderzeeland liggen 7 van de 10 validatiepercelen op klei (bodemtypen: kleigronden (klei, zware zavel of zavel) op homogene ondergrond (soms met veen), sterk of zwak lemige zandgronden. Zie Tabel 2-8 voor meer details). De variatie in bodems binnen het perceel is in Zuiderzeeland kleiner dan in Vechtstromen; op 4 percelen komen 2 bodemtypen voor. In alle percelen liggen de meetpunten kwetsbaar en representatief op bodemtypen met dezelfde waarde voor de waterversadigde doorlatendheid van de bovengrond.

Op 2 percelen is de gemeten infiltratiecapaciteit (representatief) lager dan de waterversadigde doorlatendheid. Op 8 percelen is de gemeten infiltratiecapaciteit een factor 10 tot 100 groter dan de waterversadigde doorlatendheid; met een factor 1000 als uitschieter (F10). Een verklaring voor de relatief hoge waarden van de infiltratiecapaciteit is het tijdstip van de metingen aan het begin van het groeiseizoen (zie boven). Een andere verklaring is het optreden van preferente stroming via scheuren in het kleidek (gerijpte klei). Deze scheuren kunnen in verbinding staan met de veen- of zandlaag. Deze laag heeft een relatief hoge waterversadigde doorlatendheid en de ontwatering van het perceel verloopt voor een deel via deze bodemlaag.

De spreiding van de gemeten infiltratiecapaciteit is groot. Het gemiddelde en de mediaan zijn lager voor de groep meetpunten kwetsbaar dan voor de groep meetpunten representatief. De heterogeniteit van de bodems van de percelen in Vechtstromen is groter dan in Zuiderzeeland. Het verschil tussen de meetpunten kwetsbaar en representatief in Vechtstromen is groter dan in Zuiderzeeland (Tabel 10.1).

Risico-kaarten

Risico-index (wintersituatie)

De waarde van de risico-index (wintersituatie) in een punt op het perceel is gebaseerd op een classificatie met een score voor elke combinatie van drie factoren: de afstand tot de dichtstbijzijnde, aangrenzende sloot; de waterversadigde doorlatendheid; en de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem. Op het platform Farmmaps worden de kaarten getoond met als achtergrond een versie van de topografische kaart waarop de kleinste waterlopen ontbreken. Het zichtbaar maken van de kavelsloten die gebruikt zijn in de berekeningen, zou het voor de gebruiker eenvoudiger maken om het kaartbeeld van de risico-index (wintersituatie) te interpreteren. Op de kaart van de risico-index (wintersituatie) zijn de perceelranden met aangrenzende sloot te herkennen aan het patroon in de nabijheid van de rand. In de richting dwars op een perceelrand mét aangrenzende sloot neemt de waarde van de risico-index (wintersituatie) toe van gemiddeld naar hoog (en zeer hoog). In de richting dwars op een perceelrand zónder aangrenzende sloot neemt de waarde van de risico-index (wintersituatie) niet toe. Een lage waarde van de waterversadigde doorlatendheid van de bodem betekent een hoog risico voor afstroming en afspoeling. Op percelen met meer dan één bodemtype met een verschil in waterversadigde doorlatendheid zijn de vlakken volgens de bodemkaart herkenbaar in het patroon van de risico-index (wintersituatie). Een kaart van de waterversadigde doorlatendheid is aanwezig in de tool. Hetzelfde geldt voor de kaart van de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem. Momenteel is afstandenkaart niet opgenomen in de tool.

Beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem (mm)

De beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem is een van de onderdelen van de risico-index (wintersituatie). De hoeveelheid (mm) is berekend voor de bodemlaag tussen maaiveld en de GHG (onverzadigde zone). Veel kleigronden zijn in de wintersituatie vrijwel waterverzadigd. De beschikbare ruimte voor berging van water is dan zeer gering en het risico op afstroming en de bijdrage aan de risico-index (wintersituatie) zijn dan hoog. Op de percelen in Vechtstromen is de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem het laagst op de sterk lemige zandgronden (met kleidek) en op de kleigronden (zavel) op zand. Op de percelen in Zuiderzeeland is de beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem het laagst op de kleigronden en op de sterk lemige zandgronden met een kleidek.

De beschikbare ruimte voor berging van water in de bodem varieert sterker met de grondsoort (het bodemtype) dan met de GHG. Op kaart zijn de grenzen tussen bodemtypen goed te herkennen als de waarde van de waterverzadigde doorlatendheid tot uiting komt in verschillende klassen. Het verband tussen de GHG en de beschikbare ruimte voor berging is goed zichtbaar als er voldoende ruimtelijke variatie is binnen het perceel. Momenteel is de GHG-kaart niet opgenomen in de tool.

Het zichtbaar maken van de kavelsloten op de achtergrond van het platform of op een kaart in de tool, zou de interpretatie van de risico-kaarten in IMAP eenvoudiger maken. Ook het toevoegen van de GHG-kaart, de afstandenkaart en de bodemtypenkaart, zou de interpretatie van de risico-kaarten eenvoudiger maken.

Beschikbare ruimte voor berging van water op het maaiveld (mm)

De kaart van de beschikbare ruimte voor berging van water op maaiveld toont de opvulling van afvoerlose laagten in het perceel tot de overloop. Op de meeste percelen in Vechtstromen, met een gemiddelde helling van 0,3 tot 0,8%, zijn uitsluitend geïsoleerde punten te zien met ruimte voor berging van water op het maaiveld. Op één perceel, de uitschieter met een gemiddelde helling van 2,5%, is geen enkel punt met ruimte voor berging op het maaiveld aanwezig. Op deze hellende percelen is de bruikbaarheid van de kaart van de beschikbare ruimte voor berging van water op het maaiveld beperkt. Op de percelen in Zuiderzeeland, met een gemiddelde helling van 0,1 tot 0,3%, zijn naast geïsoleerde punten ook clusters te zien. Dit zijn de lage plekken in het perceel die een risico vormen als die via een route over het maaiveld verbonden zijn met de aangrenzende sloot. Vooral op de percelen die hol liggen zijn veel van deze lage plekken te zien op kaart. Afhankelijk van de infiltratiecapaciteit van de bodem, verzamelt zich op deze plekken het water dat tijdens een hevige bui niet in de bodem kan infiltreren.

Afstromingspatroon en afstroompunten

Op de meeste percelen in Vechtstromen loopt het afstromingspatroon globaal in de richting van de helling naar de laaggelegen rand(en). Langs die rand(en) bevindt zich meestal een aangrenzende sloot. Het totale vanggebied van de TOP5-afstroompunten op deze percelen bedraagt 25 tot 70% van het perceeloppervlak. De rest van het perceeloppervlak (75 tot 30%) behoort tot vanggebiedjes van afstroompunten langs de rand die buiten de TOP5 vallen, of van punten langs de rand zonder aangrenzende sloot. Op een paar percelen in Vechtstromen is sprake van een bijzondere situatie; er ligt een brede oeverwal tussen het perceel en de beek, of aangrenzende sloten ontbreken. Hier zijn geen afstroompunten berekend. Op alle onderzochte percelen in Vechtstromen zijn langs de randen wel sporen van afstroming waargenomen.

Op de percelen in Zuiderzeeland is meer variatie te zien in het afstromingspatroon. Op een aantal percelen ligt het maaiveld bol en volgt het afstromingspatroon de richting van de drainbuizen of de maaiveldgreppels. Op percelen die hol liggen eindigt het afstromingspatroon in veel gevallen in het punt op de rand zonder aangrenzende sloot. Ook zijn er percelen in Zuiderzeeland met een afstromingspatroon waarin de graafwerkzaamheden herkenbaar zijn, die in het verleden zijn uitgevoerd in verband met de aanleg van windmolens. Op een aantal percelen ligt een rijpad/groenstrook langs de rand van het perceel. Deze strook ligt vaak wat hoger ten opzichte van de rest van het perceel. Dit is

goed te zien op de 0,5m-resolutie hoogtekaart. Dit hoogteverschil resulteert in het afstromingspatroon dat min of meer evenwijdig langs de perceelrand loopt. Op de meeste percelen in Zuiderzeeland zijn geen sporen van afstroming of laagten langs de randen waargenomen. Een aantal percelen heeft een bovengrond van gerijpte klei (20-30 cm) op zand en soms op veen. Preferente stroming via scheuren in het kleidek en de relatief hoge doorlatendheid van de ondergrond kunnen de verklaring zijn voor het ontbreken van zichtbare sporen van afstroming op deze percelen. Op 4 van de percelen in Zuiderzeeland zijn geen afstroompunten berekend. Het totale vanggebied van de TOP5-afstroompunten op de andere percelen in Zuiderzeeland bedraagt 12 tot 75% van het perceeloppervlak.

Op een aantal validatiepercelen in Zuiderzeeland is sprake van een bijzondere de situatie met betrekking tot de ontwatering en de waterverzadigde doorlatendheid. Dit maakt dat de resultaten wellicht minder representatief zijn voor de droogmakerijen in Nederland als geheel.

Conclusies

De risico kaarten zijn gevalideerd door te beschrijven hoe het kaartbeeld zich verhoudt tot de metingen en waarnemingen in het veld.

1^e onderzoeksvraag: Zijn de percelen met de hoogste risico-index op de kaarten inderdaad representatief voor de worst-case?

Het perceelkenmerk van de gemiddelde risico-index (wintersituatie) geeft een goede indicatie voor het verschil in kwetsbaarheid. Dit verschil kan worden verklaard uit de combinatie van bodemeigenschappen, grondwaterregime en de afstand tot de sloot langs de rand van het perceel. Verschillende combinaties van deze verklarende factoren kunnen leiden tot dezelfde score van gemiddelde risico-index (wintersituatie). Het is niet onderzocht in welke mate en op welke schaal de maximale score binnen de groep van onderzochte percelen in andere delen van het beheersgebied of daar buiten wordt overschreden.

2^e onderzoeksvraag: In hoeverre komen de kaarten op deze hoog-risico locaties overeen met de situatie in het veld (geometrie, basisgegevens, stroombanen)?

Geometrie: Gedurende de looptijd van het project zijn drie van de twintig onderzochte percelen in Zuiderzeeland opgesplitst of uitgebreid. Dit soort wijzigingen kunnen een deel van de vooraf berekende risico-kaarten van een perceel onbruikbaar maken. De ligging van sloten en droogvallende greppels langs de randen van de onderzochte percelen komt overeen met de Topografische Kaart van Nederland, schaal 1 : 10.000 en is onveranderd.

Basisgegevens: De spreiding van de gemeten infiltratiecapaciteit is groot. Het gemiddelde en de mediaan zijn lager voor de groep meetpunten kwetsbaar dan voor de groep meetpunten representatief. De heterogeniteit van de bodems van de percelen in Vechtstromen is groter dan in Zuiderzeeland. Het verschil tussen de meetpunten kwetsbaar en representatief is in Vechtstromen groter dan in Zuiderzeeland (Tabel 10.1).

De gemeten infiltratiecapaciteit van de bodem op de onderzochte percelen is over het algemeen hoger dan de waterverzadigde doorlatendheid volgens de bodemtypenkaart. De mate van heterogeniteit volgens de bodemkaart op de onderzochte percelen is groter in Vechtstromen dan in Zuiderzeeland. Een mogelijke verklaring voor de relatief hoge waarden van de infiltratiecapaciteit is dat de metingen zijn gedaan aan het begin van het groeiseizoen - kort na een grondbewerking waarbij de bodem is losgewerkt. Tijdens het groeiseizoen zal de infiltratiecapaciteit dalen als gevolg van de impact van de neerslag en eventueel als gevolg van berijding. Een 2^e mogelijke verklaring is het optreden van preferente stroming via scheuren in het kleidek (gerijpte klei; Zuiderzeeland). Deze scheuren kunnen in verbinding staan met de veen- of zandlaag. De ontwatering van het perceel verloopt voor een deel via deze zand- of veenlaag.

Stroombanen: Het afstromingspatroon is de weergave op kaart van het risico in de zomersituatie. Dit patroon is berekend op basis van de hoogtekaart en de aangrenzende sloten – de bodem is geen invoer. Op de meeste percelen in Vechtstromen loopt het afstromingspatroon in de richting van de helling naar de laaggelegen randen met een aangrenzende sloot. Op alle onderzochte percelen in Vechtstromen zijn langs de randen sporen van afstroming waargenomen. Op de onderzochte percelen in Zuiderzeeland is het beeld van het risico op afstroming en afspoeling in de zomersituatie divers. Op percelen die bol liggen volgt het afstromingspatroon de richting van de drainbuizen of de maaiveldgreppels. Op percelen die hol liggen eindigt het afstromingspatroon in veel gevallen in een punt op de rand zónder aangrenzende sloot. Op percelen met een strook langs de rand die hoger ligt ten opzichte van de rest van het perceel, zijn minder afstroompunten berekend. Op de onderzochte percelen in Zuiderzeeland zijn vrijwel geen sporen van afstroming of laagten langs de randen waargenomen.

3^e onderzoeksvraag: Biedt dat voldoende aanknopingspunten om opties voor maatregelen te kunnen bespreken?

De meeste akkerbouwers weten wel welke percelen kwetsbaar zijn, bijvoorbeeld waar binnen het perceel laagtes zitten. Maar verdere verschillen met precieze locaties in het perceel zijn meestal niet inzichtelijk. Door telers wordt aangegeven dat de tool zeker zinvol is als het je als teler ondersteunt in je besluitvorming, een bevestiging geeft van je aanpak, of helpt om je eigen plan te verifiëren. Bij voorkeur een kaartje waar je ziet wat de toestand is van je perceel en opties krijgt om er iets mee te doen.

Aanbevelingen

Een wijziging in de vorm van het perceel kan een deel van de vooraf berekende risico-kaarten onbruikbaar maken. Dit is te ondervangen door de risico-kaarten tijdens een sessie te berekenen; voor het perceel die de gebruiker voor dit doel heeft geselecteerd. Deze procedure wordt momenteel gevolgd in andere apps op het platform Farmmaps. Aanbevolen wordt om in een volgende versie van IMAP een procedure te implementeren om de risico-kaarten *on-demand* te berekenen op een server van WEnR.

Aanbevolen wordt om de kavelsloten die als invoer zijn gebruikt in de berekening van de risico-kaarten zichtbaar te maken op de achtergrond van het platform of in de tool zelf. Dit maakt de interpretatie van de risico-kaarten in IMAP eenvoudiger.

Aanbevolen wordt om de huidige set kaarten in de tool uit te breiden met de kaart van de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG), de afstandenkaart en de bodemtypenkaart volgens BOFEK2020. Dit sluit beter aan bij de invoer en maakt de interpretatie van de risico-kaarten eenvoudiger.

Nu de tool IMAP is opgeleverd, ontbreekt het nog aan praktijkervaring van telers met dit product. Aanbevolen wordt om het draagvlak van de IMAP tool onder telers te vergroten en om de feedback van gebruikers op een systematische manier te verwerken.

Bijlage 12: Interviews telers/adviseurs

	VRAAG	ANTWOORD TELER/ADVISEUR
1	Beschrijf kort uw bedrijf (bouwplan, areaal, grondsoort, personalia, evt andere activiteiten)	<ul style="list-style-type: none"> • Naam teler/adviseur: • Adres: • Hoofdteelten/bouwplan: • Oppervlakte (ha): • Grondsoort: • Omgeven door sloten: ja/nee/deels • Overige opmerkingen:
2	Heeft u een adviseur? Kunnen we hem/haar ook interviewen?	
3	a. Wat gaat er goed op het gebied van bodemkwaliteit en afspoeling?	
	b. Waar ligt nog een uitdaging op het gebied van bodemkwaliteit en afspoeling?	
4	Hoe werkt u daar nu aan, hoe draagt u zorg voor de bodem?	
5	Is dat voldoende en hoe weet u dat? Wat zou u meer/beter kunnen doen? Als u zichzelf vergelijkt met uw collega's, hoe goed doet u het dan?	
6	Ervaart u afstroming van water van percelen en ervaart u dat als een probleem? <i>(Deze vraag vormt een bruggetje naar de diepgaandere vragen en de lijst van maatregelen, om daarover door te praten)</i>	
7	a. Waarom wel/niet?	
	b. Specifieke teelten?	
	c. Specifieke situaties?	
	d. Wat doet u eraan?	
8	a. Ervaart het als probleem > Kunnen we eens kijken naar mogelijke maatregelen om deze aan te pakken? <i>(checklist)</i>	
	b. Ervaart het niet als een probleem > Maatregelen die je kunt nemen om afstroming te voorkomen en beperken hebben vaak overlap met andere doelen zoals een goede vochthuishouding. Ik ben benieuwd hoe u daarvoor zorgt. Kunnen we bespreken welke maatregelen u toepast, waarom en wat daarbij komt kijken?	
	MAATREGELENIJST DOORNEMEN EN AANVINKEN (TIP: GEPRINT)	

ALGEMENE VRAGEN	VRAAG <i>afhankelijk van de lijst maatregelen die zijn aangekruist, hier nog wel/niet ingaan op deze vragen</i>	ANTWOORD TELER/ADVISEUR
	1 Hoe gaat u na of en waar afstroming optreedt?	
	2 Welke factoren liggen (hoofdzakelijk) aan afstroming ten grondslag? (percelen/perceelseigenschappen/bodem/gewassen/seizoenen/weersomstandigheden/management effecten/maatregelen)	
	3 Maakt u zich zorgen om de waterkwaliteit in uw gebied?	
	a. Wat zijn de grootste knelpunten voor de waterkwaliteit?	
	b. Doet u daar iets aan of ligt dat buiten uw macht?	
	<i>Aan de hand van de lijst maatregelen wel/niet aangekruist, ingaan op de maatregelen en achterliggende beweegredenen, beperkingen, toepasbaarheid etc m.b.v. de vragen.:</i>	
CATEGORIE	VRAAG	
Organische stofbeheer	1 Werkt u met een organische stofbalans / meet u wat u aan organische stof aan- en afvoert?	
	a. Hoe doet u dat? (houdt u rekening met de labiele en stabiele fractie?)	
	b. Voert u stro aan? Compost? Organische mest?	
	c. Teelt u groenbemesters of rustgewassen, wanneer en welke?	
Bodemstructuur	2 Ervaart u problemen met de bodemstructuur? Welke problemen, en wat doet u eraan?	
	b. Op welke manier houdt u rekening met de bodemstructuur?	
	c. Hoe voorkomt u bodemverdichting?	
Doorlatendheid bodem	3 Heeft u infiltratiegeulen? Welke?	
Buffercapaciteit bodem	4 Ziet u mogelijkheden om de buffercapaciteit van (bepaalde) percelen te vergroten? Welke?	
Irrigatie en waterbeheer	5 Op welke manier past u irrigatie toe?	
	a. Hoe besluit u wanneer u gaat beregenen en hoeveel?	
	b. Hoe gaat u om met een overschot aan neerslag?	
	c. Overweegt u in de toekomst te investeren in een zuinig/gestuurd irrigatiesysteem zoals drip?	
Erosiestoppers	6 Gebruikt u erosiestoppers zoals drempels?	
	a. Waarom wel/niet?	
	b. Welke/hoe?	
Bufferzone (gras/kruiden) en infiltratiegreppels	7 Maakt u gebruik van bufferzones (zoals grasstroken) of infiltratiegreppels?	
	a. Waarom wel/niet – en welk type?	
Opvangstructuren	8 Ziet u mogelijkheden voor spaarbekkens of opvangstructuren voor drainwater?	
	a. welke past u al toe?	
	b. Welke overweegt u?	
Watervoering via sporen beperken	9 Is het mogelijk om spoorvorming te verminderen?	
	a. welke mogelijkheden zie je en pas je al toe?	
Duurzaam en aangepast gebruik gewasbeschermingsmiddelen	10 Past u specifieke maatregelen toe bij het toedienen van gewasbeschermingsmiddelen? Gericht op:	
	a. minder middelgebruik?	

		b. minder bodembelasting?	
		c. minder spuitdrift?	
Planning van werkzaamheden	1 1	Laat u de werkzaamheden afhangen van de bodemconditie? (zoals eerder oogsten onder droge omstandigheden)	
		a. Hoe plant u de werkzaamheden?	
Alternatieve teeltstrategieën	1 2	Ziet u mogelijkheden om het teeltsysteem aan te passen? Bijvoorbeeld strokenteelt.	
		a. Welke?	
		b. Nu of op termijn?	
		c. Wat is daarvoor nodig?	
AFSLUITENDE VRAGEN			
	1	Hoe houdt u rekening met uitdagingen in de toekomst, welke?	
		a. door klimaatverandering krijgen we te maken met hevige buien en wateroverlast, hoe gaat u hiermee om?	
		b. Neemt u afspoeling mee in uw investeringsplan? (Bijv. lichte machines, druppelirrigatie)	
	2	<i>Van de maatregelen uit de lijst:</i> kunt u aangeven welke 5 het beste zijn toe te passen en waarom?	
	6	<i>Van de maatregelen uit de lijst:</i> Zitten er maatregelen bij die u wel graag zou toepassen maar in uw situatie niet kunnen of door bijvoorbeeld wet-/regelgeving lastig zijn?	
	3	<i>Van de maatregelen uit de lijst:</i> mist u maatregelen? Verdere opmerkingen?	
	4	Bent u geïnteresseerd om in groepjes met andere telers verder in te gaan op maatregelen omtrent afspoeling?	
	5	Heeft u het idee dat u meer wil of kan doen m.b.t. afspoeling en wat is daarvoor nodig? Wat kan daarbij helpen?	

Bijlage 13: Andere initiatieven en praktijkervaringen afspoeling percelen

Hieronder staat een aantal voorbeelden van afstroming gerelateerde projecten die tijdens de expertsessies en interviews naar voren kwamen vanuit de praktijk:

1. Praktijkervaringen, lopende initiatieven en bestaande kennis over afstroming van water met afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor diverse open teelt sectoren.
 - Er lopen diverse projecten in de regio's naar de onderliggende processen, maar ook naar effectiviteit en uitvoerbaarheid van maatregelen voor waterbeheer en nutriënten.
 - In Noord-Brabant en Limburg werd ten tijde van de ontwikkeling van de webtool een onderzoek naar oppervlakkige afspoeling van nutriënten uitgevoerd in aardappelteelt op ruggen: Effectgerichte maatregelen fosfaatzuivering (BO-project 43-101-018) met als doel om de P-afspoeling te reduceren (2018-2022). Dat is na overleg met ons onderzoeksteam uitgebreid met bemonstering van het afstromend water en met analyses op gewasbeschermingsmiddelen.
 - Binnen het Actieplan Bodem en Water zijn in Flevoland het afgelopen seizoen een aantal maatregelen in ruggenteelten getest. Ze zijn bedoeld om regenwater (bij piekbuien) langer op het land vast te houden en om te voorkomen dat water met meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen afspoelen naar de sloot. De maatregelen zijn op klei en op zavel uitgetoet. Het project is uitgevoerd door adviesbureau CLM in samenwerking met Delphy.

Andere initiatieven kunnen gevonden worden op:

- <https://www.dawnoordnederland.nl/perceelsemissie/>
- <https://agrarischwaterbeheer.nl/content/duurzame-bollenteelt-onderdeel-uitvoeringsprogramma-drentsche-aa>
- <https://delphy.nl/research/aanpak-perceelsemissie-fryslan/>
- <https://delphy.nl/research/perceelsemissies-brabant/>
- <https://delphy.nl/research/naar-een-toekomstbestendige-landbouw-in-zeeland-strookenteelt/>



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT