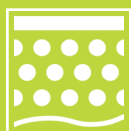


Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2021 - 2024

Effectiviteit en praktische toepasbaarheid van
maatregelen tegen afspoeling

Rapport

Hugo Bosland, Richard Folkersma, Yvonne Gooijer, Julia van
Middelaar en Bo Stout (CLM Onderzoek en Advies) en
Niek Vedelaar, Angelique Walsweer en Koen Wilhelm (Delphy)



Bodem



Water



Onderzoek

CLM-1245



Dit is de-eindrapportage van Delphy Improvement
Centre, CLM Onderzoek en Advies en Delphy
Juli, 2025
CLM-publicatienummer 1245

Mogelijk gemaakt door een subsidie van Provincie
Flevoland en mede gefinancierd vanuit het
Stimuleringsbudget emissiebeperking open teelten
en veehouderij.

Auteurs: Hugo Bosland, Richard Folkersma, Yvonne
Gooijer, Julia van Middelaar en Bo Stout
(allen CLM Onderzoek en Advies) en
Niek Vedelaar, Angelique Walsweer en
Koen Wilhelm (allen Delphy)

Foto omslag: aanbrengen van reliëf met de putjesrol
tussen de uienbedden.

CLM Onderzoek en Advies
Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

Postbus 62
4100 AB Culemborg

www.clm.nl
0345 470 700

Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2021 - 2024

Effectiviteit en
praktische
toepasbaarheid van
maatregelen tegen
afspoeling

INHOUD

Samenvatting	6
1. Inleiding	15
1.1 Aanleiding	15
1.2 Doel	16
1.3 Leeswijzer	17
2. Proefopzet	18
2.1 Proefopzet	18
2.2 Maatregelen	19
2.2.1 Woeltand - beschrijving	19
2.2.2 Woeltand - uitvoering	20
2.2.3 Putjesrol (aanbrengen reliëf) - beschrijving	21
2.2.4 Putjesrol (aanbrengen reliëf) - uitvoering	21
2.2.5 Infiltratiegreppels – beschrijving	22
2.2.6 Infiltratiegreppels – uitvoering	23
2.2.7 Haver tussenzaai – beschrijving	25
2.2.8 Haver tussenzaai - uitvoering	25
2.2.9 Verruwde rug – beschrijving	26
2.2.10 Verruwde rug – uitvoering	26
2.3 Gewaskeuze	27
2.4 Grondsoort	27
2.4.1 Lichte zavelgronden in de Noordoostpolder	27
2.4.2 Zware zavel in Oostelijk Flevoland	28
2.5 Weersomstandigheden	28
2.6 Afvoergreppels	29
2.7 Afspoeling meten	30
2.8 Waterkwaliteit meten	30
2.9 Praktische toepasbaarheid	30
2.10 Statistische analyse	31
2.10.1 Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd - waterkwantiteit	31
2.10.2 Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd - waterkwaliteit	32
2.10.3 Dynamiek van afspoeling	33
2.10.4 Effect van maatregelen op gewasopbrengst	34
3. Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd	35

3.1 Achtergrondinformatie en relevantie	35
3.2 Proefopzet	36
3.3 Monitoring	38
3.3.1 Waterkwantiteit	38
3.3.2 Bodemkwaliteit	40
3.3.3 Praktijkervaring	41
3.4 Resultaten	41
3.4.1 Neerslag en afspoeling 2022 - 2024	41
3.4.2 Woeltand	45
3.4.3 Putjesrol	48
3.5 Conclusie en discussie	53
3.5.1 Conclusies	53
3.5.2 Discussie	54
4. Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring	55
4.1 Proefopzet	55
4.2 Aanleg, verloop en resultaten	56
4.2.1 Proeven in Oostelijk Flevoland op zware zavel/lichte klei	56
4.2.2 Proeven in de oostelijke Noordoostpolder op lichte zavel	60
4.2.3 Proeven in de westelijke Noordoostpolder op lichte zavel	61
4.3 Conclusie en discussie	65
4.3.1 Conclusies	65
4.3.2 Discussie	66
5. Effect van maatregelen op gewasopbrengst	67
5.1 Achtergrondinformatie en relevantie	67
5.2 Proefopzet	67
5.3 Proef-, perceel- en teeltgegevens	69
5.4 Groeiseizoen poot aardappelen	69
5.5 Resultaten poot aardappelen	70
5.5.1 Gewaswaarnemingen	70
5.5.2 Opbrengst	71
5.5.3 Discussie en conclusie	71
5.6 Resultaten B-peen	72
5.6.1 Gewaswaarnemingen	72
5.6.2 Bodemstructuur peen	73
5.6.3 Gewasopbrengst peen	75
5.6.4 Discussie en conclusie	76
6. Dynamiek van afspoeling	77
6.1 Achtergrondinformatie en relevantie	77
6.2 Proefopzet	77
6.3 Monitoring	78
6.3.1 Waterkwaliteit	78
6.3.2 Neerslag	79
6.3.3 Smit- en bemestingsregistratie	80

6.4 Resultaten	80
6.4.1 Neerslag	80
6.4.2 Effect toepassingstijdstip	82
6.4.3 Verschil tussen controle en putjesrol	85
6.4.4 First Flush	88
6.4.5 Concentratie in afspoelend water versus de kwaliteitsnorm	90
6.5 Conclusie en discussie	96
6.5.1 Conclusies	96
6.5.2 Discussie	97
7. Kennisdeling	98
7.1 Kennisdeling seizoen 2024/2025	98
7.1.1 Persberichten en artikelen	98
7.1.2 Op verzoek van het ministerie van LNV naar Den Haag	98
7.1.3 Presentaties voor diverse gezelschappen	100
7.1.4 Akkerbouwers denken mee over proef en resultaten	101
7.1.5 Informeren van andere provincies, waterschappen, agrarische natuurverenigingen, CropLifeNL en ministeries	101
7.1.6 Actualisatie factsheets	102
7.2 Kennisdeling eerdere seizoenen	102
8. Conclusies en aanbevelingen	104
8.1 Conclusies	104
8.1.1 Algemeen	104
8.1.2 Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd	105
8.1.3 Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring	106
8.1.4 Effect van maatregelen op gewasopbrengst	106
8.1.5 Dynamiek van afspoeling	106
8.2 Aanbevelingen	107
9. Handvatten voor telers in Flevoland	108
Referenties	110
Bijlagen	111
Bijlage 1. Statistische tests en resultaten van de analyse	112
Bijlage 2. Bodembeoordeling Locatie Espel augustus 2024	125
Bijlage 3. Bijlage 3: Bodembeoordeling Locatie Espel oktober 2024	134

SAMENVATTING

Aanleiding

Naar aanleiding van het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn, riep de toenmalige minister de sector op om vrijwillig maatregelen te treffen om afspoeling van nutriënten te verminderen. Dit met het oog op de invulling van het 7^e Nitraatactieprogramma. Hier hebben Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland en LTO Noord, in samenspraak met de agrarisch ondernemers, in 2021 invulling aan gegeven, door in verschillende regio's in Flevoland maatregelen in de praktijk te testen, onder de vlag van het Actieplan Bodem en Water Flevoland. Deze proeven werden uitgevoerd door CLM Onderzoek en Advies en Delphy.

Vanuit deze afspoelingsproeven kwamen verschillende maatregelen naar voren die effect lijken te hebben op de hoeveelheid afstromend water en de vracht aan nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen die daardoor in het oppervlaktewater terechtkomt (Folkersma e.a., 2021). Om het effect van deze maatregelen statistisch te kunnen onderbouwen, en de dynamiek van afspoeling op lichte en zware zavel beter in beeld te krijgen, zijn CLM en Delphy doorgegaan met praktijkproeven in 2022, 2023 en 2024. De resultaten van 2021 tot en met 2023 zijn al gerapporteerd. In deze eindrapportage geven we de resultaten weer van de proeven over de hele proefperiode (2021 – 2024), waarbij de focus ligt op de resultaten van 2024.

Dit onderzoek kan handvatten bieden om emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen verder te verminderen, om te kunnen voldoen aan de normen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Daarnaast kan dit onderzoek bijdragen aan het bereiken van de doelen zoals gesteld in de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 (telen met minimale emissies naar het milieu). En het 8^e actieprogramma Nitraatrichtlijn: waterverontreiniging van grond- en oppervlaktewater door nutriënten afkomstig van de landbouw te voorkomen en te verminderen.

Doel

Het doel van de praktijkproeven is vijfledig:

1. Onderzoeken of het effect op afspoeling van maatregelen die praktisch haalbaar zijn kan worden aangetoond over meerdere projectjaren.

2. Onderzoeken wat het effect van afspoelingsverminderende maatregelen is op de concentraties gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten die in het oppervlaktewater terecht komen.
3. Praktijkervaring opdoen op verschillende plaatsen in Flevoland met verschillende gewassen en verschillende maatregelen.
4. Onderzoeken van het effect van maatregelen op de opbrengst.
5. Brede deling van de opgedane kennis in en buiten Flevoland.

De praktijkproeven perceelafspoeling bestaan uit vier verschillende deelonderzoeken:

1. Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd.
2. Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring.
3. Effect van maatregelen op gewasopbrengst.
4. Dynamiek van afspoeling.

In deelonderzoek 1 is in 2024 het effect van twee maatregelen op de hoeveelheid afspoeling onderzocht. Elke maatregel is in zes herhalingen aangelegd en de afspoeling is vergeleken met een nulmeting, die ook in zes herhalingen is aangelegd.

Het ging om de volgende twee maatregelen:

- Woeltand: de grond tussen de rug is losgemaakt met behulp van een woeltand.
- Putjesrol: er is reliëf aangebracht tussen de ruggen met behulp van de putjesrol.

In deelonderzoek 2 zijn maatregelen op praktijkschaal aangelegd, zonder de herhalingen die nodig zijn voor statistische onderbouwing. In dit deelonderzoek hebben we gekeken naar het effect van de putjesrol, een cascadegreppel en een dubbele greppel.

In deelonderzoek 3 is onderzocht of verschillende maatregelen die afspoeling mogelijk kunnen beperken, effect hebben op de gewasopbrengst. Dit onderzoek is uitgevoerd in poot aardappel en peen, waarbij het ging om de volgende maatregelen:

- Woeltand
- Haver tussenzaai in combinatie met verhoogde stikstofgift
- Verruwen van de rug
- Putjesrol

In deelonderzoek 4 is de dynamiek van afspoeling onderzocht. In dit deelonderzoeken we hoe afspoeling werkt. Welke factoren spelen een belangrijke

rol bij oppervlakkige afspoeling? Hoeveel nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen bevat afspoelend water?

De proeven zijn aangelegd in de gewassen peen, (poot)aardappel, lelie, witlof en zaaiui. Een deel van de proefonderdelen is uitgevoerd op percelen met lichte zavel in het noordwesten en noordoosten van de Noordoostpolder, en een deel op percelen met zware zavel in Oostelijk Flevoland.

Het overzicht hieronder (Tabel 1.1) verduidelijkt welke deelonderzoeken zijn uitgevoerd en wat er per deelonderzoek wordt gemeten.

Tabel 1.1 Overzicht van de deelonderzoeken, de grondsoort, de maatregelen en de monitoring in 2024.

Deelonderzoek	Grondsoort *	Maatregelen	Waterkwantiteit	Waterkwaliteit	Bodemkwaliteit	Praktijkervaring	Opbrengst
1. Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd	Lichte zavel	Woeltand en putjesrol	Ja		Ja	Ja	
2. Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring	Lichte en zware zavel	Cascadegreppel, dubbele greppel, putjesrol	Ja			Ja	
3. Effect van maatregelen op gewasopbrengst	Lichte en matig lichte zavel	Woeltand, putjesrol, haver tussezaai i.c.m. verhoogde N-gift, verruwen rug					Ja
4. Dynamiek van afspoeling	Lichte zavel	Putjesrol	Ja	Ja			

* De lichte zavel in het noordwesten van de Noordoostpolder heeft een hoog siltgehalte en een laag gehalte lutum en organische stof. De bodem ontmengt snel en geeft daardoor een grote kans op slemp. Door deze vorm van structuurbederf wordt de waterberging en infiltratie op deze percelen negatief beïnvloed. Dit is niet bij alle lichte zavelgronden het geval en is specifiek voor de gronden in een deel van de Noordoostpolder.

Conclusies

Hieronder zijn de belangrijkste conclusies beschreven. Eerst in het algemeen en daarna per deelonderzoek.

Algemeen

- De drie onderzoeksjaren 2022, 2023 en 2024 verschilden sterk van elkaar qua hoeveelheid neerslag en afspoeling. Op het meetstation van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) in het zuid-westen van de Noordoostpolder was de hoeveelheid neerslag in het meetseizoen (juli t/m november) respectievelijk 298 mm, 612 mm en 396 mm. De afspoeling in diezelfde periode was respectievelijk 36.450 l/ha, 63.726 l/ha en 21.748 l/ha. De verschillen qua weer -en de invloed daarvan op de bodemkwaliteit- lijken grote invloed te hebben op de geteste maatregelen.
- In 2024 is uitzonderlijk weinig afgespoeld, vergeleken met eerdere jaren. In 2023 trad afspoeling vaker op en spoelden per keer ook meer liters water af. In 2022 was het aantal keer dat afspoeling optrad vergelijkbaar met 2024. Per keer spoelden in 2022 wel meer liters af.
- De hoeveelheid afspoeling is sterk afhankelijk van de grondsoort. Dit ligt met name aan de granulaire samenstelling: een laag gehalte lutum, in combinatie met een hoog gehalte silt. Daarnaast is bodem-management van belang.
- Afspoeling kan ook binnen een perceel verschillen.
- De afspoeling verschildte in 2024 sterk van perceel tot perceel, ook binnen dezelfde regio.
- Afspoeling treedt op voordat de bodem verzadigd is. Een deel van het regenwater infiltreert in de bodem, een deel spoelt af.
- Ook beregening kan op afspoelingsgevoelige gronden afspoeling veroorzaken.
- De invloed van een bewerking met de woeltand en de putjesrol op oppervlakkige afspoeling kan van jaar tot jaar en van maand tot maand verschillen.

Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd

- In het droge jaar 2022 spoelde significant minder water af bij de behandeling putjesrol (bij buien > 40 l afspoeling gemiddeld van de controlevelden). Op de proefvelden werd de afspoeling met gemiddeld 75% verminderd. In het natte jaar 2023 verminderde de putjesrol de afspoeling alleen in de maand juli. Na een natte winter en erg natte lente in 2024, zorgde de putjesrol in september en oktober voor meer afspoeling dan de controle. De putjesrol kan afspoeling verminderen als deze onder goede omstandigheden wordt toegepast. Bij toepassing

ervan in een nat voorjaar, kan de putjesrol juist voor meer afspoeling zorgen.

- In het droge jaar 2022 had de behandeling woeltand geen effect op de afspoeling. In het natte jaar 2023 verminderde de woeltand de afspoeling in juli, maar vermeerde die juist in augustus en oktober. In 2024 had de maatregel woeltand opnieuw geen effect op de afspoeling. Toepassing van de woeltand kan de bodemkwaliteit verbeteren, afhankelijk van het herstellend vermogen van de bodem.
- In 2022 en 2023 had de woeltand (toegepast in beide behandelingen) een positief effect op de bodemkwaliteit in november: het verminderde de vorming van slomp¹. In 2024 zorgde de toepassing van de woeltand echter voor de vorming van een breukvlak/compactie van de grond, deze effecten waren een paar weken later niet meer zichtbaar.
- De slechtere bodemstructuur in augustus is naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door het moment van bewerking: het voorjaar van 2024 was te nat om een grondbewerking uit te voeren. Een bewerking onder te natte omstandigheden veroorzaakt versmering² en verdichting van de bodem. Opvallend is dat dit bij de woeltand niet voor meer afspoeling heeft gezorgd, maar bij de combinatie woeltand en putjesrol wel.
- Zowel de woeltand als de putjesrol zijn maatregelen die in principe goed ingepast kunnen worden in de landbouwpraktijk. Beide maatregelen vergen vakmanschap, zodat verslechtering van de bodemstructuur wordt voorkomen. Bij praktijktoepassing worden maatregelen bij voorkeur in combinatie met een andere werkgang (zoals aanaarden) toegepast.

Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring

- Er is in 2024 op negen verschillende percelen ervaring opgedaan met maatregelen om afspoeling te beperken. Door storingen in de dataloggers, die de meetgegevens vastleggen, is een deel van de gegevens helaas verloren gegaan.
- Op drie percelen is ervaring opgedaan met een dubbele greppel of cascadegreppel. In alle gevallen bleek de opzet werkbaar en inpasbaar in de teelt. Waar afspoeling gemeten is, bleek die lager te zijn dan bij een enkele greppel, zowel op de zware zavel in Oostelijk Flevoland, als op de lichte zavel in het westen van de Noordoostpolder. Op beide percelen was de afspoeling sowieso vrij beperkt, waardoor het bergend

¹ Slomp: vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de toplaag wordt dichtgesmeerd met kleinere gronddeeltjes, die een harde laag vormen.

² Versmering: vervorming van de grond als deze nagenoeg is verzadigd met water. De grond kan dan niet dichter worden, maar verliest door vervorming wel zijn structuur.

vermogen van de greppels voldoende bleek te zijn. Deze maatregel kan worden aanbevolen, zeker op percelen met beperkte afspoeling. De maatregel kan tevens gecombineerd worden met een bufferstrook die voor extra buffering zal zorgen.

- De putjesrol is op vijf percelen beproefd. De putjes leveren vrijwel geen belemmering op in de teelt. Wel vergt de inpassing tussen andere werkzaamheden aandacht. Zo moet de rol na - of tegelijk met - aanaarden worden toegepast en kunnen de putjes kapotgereden worden door een spotsprayer. Verschillende gebruikers geven aan dat extra gewicht op de rollen bij toepassing, de putjes kunnen verbeteren. Het effect daarvan op de bodemkwaliteit is echter onduidelijk. Een ondernemer zag dat in de lelieteelt de kunstmest beter bleef liggen. In teelten op bedden, zoals de lelieteelt, kan een bredere putjesrol worden toegepast. De meetresultaten bij de putjesrol waren wisselend. In één perceel spoelde meer af, en bij lelies wisselden de verhoudingen tijdens het seizoen. In witlof was er juist consistent minder afspoeling.

Effect van maatregelen op gewasopbrengst

- Geen van de onderzochte maatregelen heeft effect gehad op de gewasstand, opbrengst en kwaliteit van de in dit deelonderzoek onderzochte gewassen pootaardappel en peen.

Dynamiek van afspoeling

- De samenhang tussen de intensiteit van neerslag en afspoeling lijkt voordehandliggend. In de onderzoeksjaren 2022 tot en met 2024 bleek dit verband echter niet aantoonbaar. De intensiteit (gemeten als mm/15 minuten) voorspelt niet rechtstreeks de afspoeling. Waarschijnlijk spelen andere factoren mee, waaronder: het moment van de voorgaande bui, gewasstand, vochtigheid van de toplaag van de bodem en de bui-intensiteit in een ander tijdsinterval, bijvoorbeeld in millimeters per minuut of per 5 minuten.
- De werkzame stoffen van de gewasbeschermingsmiddelen die gebruikt zijn, spoelen allemaal deels af. De verstreken tijd sinds de laatste bespuiting heeft zeker invloed op de concentratie, maar is niet allesbepalend. Ook het bindend vermogen van een werkzame stof aan bodemdeeltjes heeft invloed.
- Het afspoelende water is geanalyseerd op nitraat en fosfaat. Fosfaat is nauwelijks aangetroffen. Nitraat is wel aangetroffen, maar zorgt niet voor een overschrijding van de richtlijn van de Europese Unie (EU) voor nitraat.
- Bij de buien van 2024 is geen verschil waargenomen in somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen tussen de putjesrol/reliëf-

groep en de controlegroep. Ook voor bijna alle individuele stoffen is geen verschil gevonden. De putjesrol heeft geen effect op de concentratie gewasbeschermingsmiddelen in het afspoelende water.

- In 2023 en 2024 is geen first flush³ waargenomen. Wel is in 2024 voor een deel van de stoffen een 'omgekeerde first flush' waargenomen: de concentratie nam toe in de mengmonsters van de 20^e tot 40^e liter en de 40^e tot 60^e liter, ten opzichte van het mengmonster van de 1^e 20 liter die afspoelde. Het is onduidelijk hoe dit komt. In 2022 is één keer een first flush aangetoond, bij een beregening na een droge periode.
- De resultaten laten zien dat een overschrijding van de waterkwaliteitsnorm, als gevolg van oppervlakkige afspoeling, theoretisch gezien mogelijk is. Het percentage van de bespuiting dat door afspoeling van een paar buien in de sloot kan komen was in 2024 meestal lager dan het percentage van een bespuiting dat door drift in de sloot kan komen. Afspoeling kan – in tegenstelling tot drift – meerdere keren na een bespuiting voorkomen, wat de bijdrage van deze emissieroute vergroot.

Aanbevelingen

- Door de vele variatie tussen jaren, tussen percelen en binnen het perceel, is langjarig onderzoek nodig om het effect van maatregelen als woeltand en putjesrol op afspoeling te duiden. We bevelen aan om op verschillende grondsoorten langjarig onderzoek te doen naar de mate van afspoeling en het effect van verschillende maatregelen hierop.
- Specifiek voor de putjesrol bevelen we aan de werking daarvan verder te onderzoeken. Zoals het moment van toepassen, de manier waarop de grond wordt losgemaakt, de druk en de breedte van de rol.

Handvatten voor telers

Na vier jaar afspoelingsonderzoek in Flevoland hebben we veel geleerd én zijn er nog veel processen onduidelijk. Nu het onderzoek geen vervolg krijgt in Flevoland, geven we ondernemers de volgende praktische handvatten mee om afspoeling vanaf hun percelen te verminderen:

1. Goed bodembeheer is essentieel om afspoeling te verminderen of voorkomen.
2. Leg een op afschot gekilverd perceel vlak(ker).
3. Zorg dat geen afspoeling op kan treden bij beregening. Beregen minder millimeters per keer en/of sluit afvoerbuizen en -greppels af.
4. Zorg dat geen afspoeling op kan treden bij kleine buitjes. Dit gebeurt met name op afspoelingsgevoelige gronden, waar standaard een

³ First flush is een term in de (stedelijke) hydrologie die de gedachte aangeeft dat bij een bui het grootste deel van de vervuiling in het eerste deel van het afgevoerde water zit.

afvoergreppel wordt aangelegd. Afspoeling tijdens kleinere buien kan bijvoorbeeld worden voorkomen door:

- a. Een schep grond in de afvoergreppel te leggen.
 - b. De afvoerbuï in de afvoergreppel iets hoger te leggen.
 - c. De afvoerbuï geheel of voor de helft af te doppen.
5. Een infiltratiegreppel is alleen effectief bij kleinere hoeveelheden afspoeling. Een 2^e greppel (cascade- of dubbele greppel) en/of een bufferstrook verhoogt de opvangcapaciteit.
 6. Teel je op afspoelingsgevoelige gronden? Zorg dan voor een combinatie van maatregelen op het perceel én op de kopakker.
 7. We verwachten een goed effect van de erosiestopper/drempeltjes-machine om afspoeling te verminderen. Om overlast te voorkomen kunnen deze ook alleen in de paden worden aangelegd waar niet wordt gereden met bijvoorbeeld de ziekzoekkar of tijdens de oogst.
 8. Pas op met grondbewerking in een natte periode.
 9. De effectiviteit van de putjesrol is mede afhankelijk van de manier waarop deze wordt toegepast. Het gaat daarbij met name om de manier waarop de grond wordt losgemaakt en de bodemgesteldheid.

Kennisdeling

De binnen het onderzoek opgedane kennis is breed verspreid over de periode 2022 tot en met 2025. Er zijn verschillende persberichten uitgebracht, artikelen verschenen en het onderzoek en alle rapportages zijn beschreven op de website van het Actieplan Bodem Water (ABW). Ook zijn factsheets over diverse maatregelen opgesteld. De resultaten zijn toegelicht tijdens diverse bijeenkomsten: onder andere bij Flevoland Bloeit, Kennisdag Bodem en Water, de gewasbeschermingsavond van waterschap Zuiderzee-land, tijdens bijeenkomsten van het expertteam emissies van het programma Weerbaarheid in de praktijk en tijdens bijeenkomsten van andere projecten. In 2024 zijn ondernemers en onderzoekers op verzoek van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN), naar Den Haag gegaan om het onderzoek aan een groep ambtenaren te presenteren. De opzet en resultaten van het onderzoek zijn twee keer besproken met een kernteam, waarin onder andere provincie Flevoland, waterschap Zuiderzeeland en akkerbouwers vertegenwoordigd zijn. Ook (ingenieurs- en adviesbureau) Antea, Wageningen University and Research (WUR) en de Regieorganisatie Transitie Landelijk Gebied (RTLГ) (onderdeel van het toenmalige ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV, nu ministerie LVVN)) sloten aan. Tot slot zijn de resultaten van het onderzoek tijdens een bijeenkomst verschillende keren gepresenteerd aan medewerkers van de provincie Drenthe, de waterschappen Zuiderzeeland, Hunze en Aa's, Aa en Maas, Brabantse Delta, Wetterskip Fryslân, Rijkswaterstaat, CropLifeNL, de

ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW)en LNV, evenals aan agrarische natuurverenigingen: Agrarische Natuur Drenthe (AND) en Agrarische Natuurvereniging Oost Groningen (ANOG).



1. INLEIDING

CLM en Delphy hebben in de periode 2021 tot en met 2024 afspoelingsproeven uitgevoerd in Flevoland. In deze eindrapportage worden de resultaten weergegeven van de proeven die zijn uitgevoerd van 2021 tot en met 2024, met de focus op de resultaten van 2024. De effectiviteit van een aantal maatregelen op het verminderen van afspoeling is getest. Daarnaast is gekeken of deze maatregelen praktisch toepasbaar zijn. De verwachting is dat dit onderzoek handvatten biedt om emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen verder te verminderen, om te kunnen voldoen aan de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de doelen zoals gesteld in de Toekomstvisie Gewasbeschermingsmiddelen 2030 van het ministerie van LNVN. Ook kan dit praktijkonderzoek helpen om een invulling te geven aan het 8^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn.

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van het 6^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn riep de toenmalige minister de sector op om vrijwillig maatregelen te treffen om afspoeling van nutriënten te verminderen. Dit met het oog op de invulling van het 7^e Nitraatactieprogramma. Hier hebben Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland en LTO Noord, in samenspraak met de agrarisch ondernemers, in 2021 invulling aan gegeven door in verschillende regio's in Flevoland maatregelen in de praktijk te testen, onder de vlag van het Actieplan Bodem en Water Flevoland. Deze proeven werden uitgevoerd door CLM Onderzoek en Advies en Delphy.

Vanuit deze afspoelingsproeven kwamen verschillende maatregelen naar voren die effect lijken te hebben op de hoeveelheid afstromend water en de vracht aan nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen die daardoor in het oppervlaktewater terechtkomt (Folkersma e.a., 2021). Om het effect van deze maatregelen statistisch te kunnen onderbouwen, en de dynamiek van afspoeling op lichte en zware zavel beter in beeld te krijgen, zijn CLM en Delphy doorgeshaan met praktijkproeven in 2022, 2023 en 2024. De resultaten

van 2021 tot en met 2023 zijn al gerapporteerd. In deze eindrapportage geven we de resultaten weer van de proeven over de hele proefperiode (2021 – 2024), waarbij de focus ligt op de resultaten van 2024.

Dit onderzoek kan handvatten bieden om emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen verder te verminderen, om te kunnen voldoen aan de normen van de KRW. De doelstelling van deze Europese richtlijn is het realiseren en behouden van chemisch schoon en ecologisch gezond oppervlakte- en grondwater. De EU-lidstaten moeten deze ‘goede toestand’ uiterlijk in 2027 realiseren. Een beoordeling van de kwaliteit van het oppervlaktewater laat zien dat deze is verbeterd, maar dat veel waterlichamen in 2027 naar verwachting niet aan de doelen voldoen (Knoben e.a., 2021). Op grond van technische onhaalbaarheid en onevenredige hoge kosten maakt Nederland momenteel gebruik van de mogelijkheid om de uitvoering van de KRW te faseren. Vanaf 2027 zijn de uitzonderingsmogelijkheden die de KRW biedt zeer beperkt.

Daarnaast kan dit onderzoek bijdragen aan het bereiken van de doelen zoals gesteld in de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 (telen met minimale emissies naar het milieu). En het 8^e actieprogramma Nitraatrichtlijn: waterverontreiniging van grond- en oppervlaktewater door nutriënten afkomstig van de landbouw te voorkomen en te verminderen, te voldoen aan de norm van 50 mg/l nitraat in het bovenste grondwater en eutrofiëring van het oppervlaktewater tegen te gaan (LVVN, 2025).

1.2 Doel

Het doel van de praktijkproeven is vijfledig:

1. Onderzoeken of het effect op afspoeling van maatregelen die praktisch haalbaar zijn kan worden aangetoond over meerdere projectjaren.
2. Onderzoeken wat het effect van afspoelingsverminderende maatregelen is op de concentraties gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten die in het oppervlaktewater terecht komen.
3. Praktijkervaring opdoen op verschillende plaatsen in Flevoland met verschillende gewassen en verschillende maatregelen.
4. Onderzoeken van het effect van maatregelen op de opbrengst.
5. Brede deling van de opgedane kennis in en buiten Flevoland.

1.3 Leeswijzer

De globale opzet van de proeven is in hoofdstuk twee toegelicht. In de hoofdstukken 3 t/m 6 lichten we de verschillende deelonderzoeken toe:

- Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd.
- Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring.
- Effect van maatregelen op de gewasopbrengst.
- Dynamiek van afspoeling.

In hoofdstuk 7 is aangegeven op welke manier de opgedane kennis is gedeeld. In hoofdstuk 8 zijn de conclusies van de verschillende deelonderzoeken samengevat, aangevuld met aanbevelingen. In hoofdstuk 9 zijn praktische handvatten gegeven voor telers in Flevoland.



2. PROEFOPZET

In 2024 zijn twee maatregelen (de inzet van de woeltand en de putjesrol) in herhaling aangelegd, zodat de effectiviteit statistisch bepaald kan worden. Daarnaast is het effect van verschillende maatregelen onderzocht op praktijkschaal. Het gaat hierbij om een cascadegreppel, een dubbele greppel en inzet van de putjesrol. Het derde deelonderzoek is het effect van de maatregelen op de gewasopbrengst. In het vierde deelonderzoek hebben we de dynamiek van afspoeling in beeld gebracht. Deze proeven zijn op lichte of zware zavelgronden uitgevoerd, in gewassen die voor Flevolandse agrariërs gebruikelijk zijn om te verbouwen: peen, aardappel, witlof, lelie en zaaiui. In dit hoofdstuk is de algemene proefopzet omschreven, in de hoofdstukken over de verschillende deelonderzoeken wordt dieper ingegaan op de proefopzet van dat specifieke onderdeel.

2.1 Proefopzet

De praktijkproeven perceelafspoeling bestaan uit vier verschillende deelonderzoeken:

1. Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd.
2. Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring.
3. Effect van maatregelen op gewasopbrengst.
4. Dynamiek van afspoeling.

In deelonderzoek 1 is in 2024 het effect op de hoeveelheid afspoeling onderzocht van twee maatregelen. Elke maatregel is in zes herhalingen aangelegd en de afspoeling is vergeleken met een nulmeting, die ook in zes herhalingen is aangelegd.

Het ging om de volgende twee maatregelen:

- Woeltand: de grond tussen de rug is losgemaakt met behulp van een woeltand.
- Putjesrol: er is reliëf aangebracht tussen de ruggen met behulp van de putjesrol.

In deelonderzoek 2 zijn maatregelen op praktijkschaal aangelegd, zonder de herhalingen die nodig zijn voor statistische onderbouwing. In dit deelonderzoek hebben we gekeken naar het effect van de putjesrol, een cascadegreppel en een dubbele greppel.

In deelonderzoek 3 is onderzocht of verschillende maatregelen die afspoeling mogelijk kunnen beperken, effect hebben op de gewasopbrengst. Dit onderzoek is uitgevoerd in poot aardappel en peen, waarbij het ging om de volgende maatregelen:

- Woeltand
- Haver tussenzaai in combinatie met verhoogde stikstofgift
- Verruwen van de rug
- Putjesrol.

In deelonderzoek 4 is de dynamiek van afspoeling onderzocht. In dit deel onderzoeken we hoe afspoeling werkt. Welke factoren spelen een belangrijke rol bij oppervlakkige afspoeling? Hoeveel nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen bevat afspoelend water?

Tabel 2.1 verduidelijkt welke deelonderzoeken zijn uitgevoerd en wat per deelonderzoek wordt gemeten.

2.2 Maatregelen

In 2024 zijn de volgende maatregelen getest:

- Woeltand
- Putjesrol
- Infiltratiegreppels
- Haver tussenzaai
- Verruwde rug

2.2.1 Woeltand - beschrijving

Een woeltand is een constructie met stalen ‘tanden’ die door de bodem wordt getrokken. De vorm van de tanden en de toepassingsdiepte verschillen afhankelijk van het doel en het type grond waarin de woeltand wordt ingezet. Sommige ondernemers in het gebied passen een woeltand toe tussen de ruggen. Het gaat om een ondiepe bewerking (zo’n 10 cm diep), die bedoeld is om de grond los te maken. Soms wordt tussen elke rug gewoeld, maar vaker alleen achter de trekkerwielen, om de sporen los te maken.

Tabel 2.1 Overzicht van de deelonderzoeken, de grondsoort, de maatregelen en de monitoring in 2024.

Deelonderzoek	Grondsoort *	Maatregelen	Waterkwantiteit	Waterkwaliteit	Bodemkwaliteit	Praktijkervaring	Opbrengst
1. Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd	Lichte zavel	Woeltand en putjesrol	Ja		Ja	Ja	
2. Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring	Lichte en zware zavel	Cascadegreppel, dubbele greppel, putjesrol	Ja			Ja	
3. Effect van maatregelen op gewasopbrengst	Lichte en matig lichte zavel	Woeltand, putjesrol, haver tussenzaai i.c.m. verhoogde N-gift, verruwen rug					Ja
4. Dynamiek van afspoeling	Lichte zavel	Putjesrol	Ja	Ja			

* De lichte zavel in het noordwesten van de Noordoostpolder heeft een hoog siltgehalte en een laag gehalte lutum en organische stof. De bodem ontmengt snel en geeft daardoor een grote kans op slemp. Door deze vorm van structuurbederf wordt de waterberging en infiltratie op deze percelen negatief beïnvloed. Dit is niet bij alle lichte zavelgronden het geval en is specifiek voor de gronden in een deel van de Noordoostpolder.

2.2.2 Woeltand - uitvoering

Op het proefperceel wordt standaard een woeltand toegepast: in de rijsporen, tijdens de bewerking schoffelen-aanaarden. Daarna is ten behoeve van de proef een woeltand met een kleine ganzenvoetbeitel toegepast (figuur 2.1). Met behulp van een woeltand werd de grond tussen de ruggen tot een diepte van ongeveer 10 cm losgetrokken. De woeltand kan in de praktijk in één werkgang worden toegepast met het aanaarden van de ruggen. In dit onderzoek is de woeltand in een aparte werkgang, na de laatste grondbewerking (in dit geval schoffelen en aanaarden) toegepast. Dit gebeurde vlak voordat het gewas te dicht was om er nog zonder schade doorheen te rijden.



Figuur 2.1 De grond tussen de ruggen wordt opengetrokken met behulp van een woeltand.

2.2.3 Putjesrol (aanbrengen reliëf) - beschrijving

In 2024 is voor het eerst de nieuw ontwikkelde putjesrol toegepast. Dit werktuig heeft vijf woeltanden naast elkaar, met daarachter vijf nokkenwielen (figuur 2.2). Deze kunnen onafhankelijk van elkaar in hoogte versteld worden. De woeltand maken de bodem los, waarna de nokken putjes in de bodem drukken. Afspoelend regenwater kan in de putjes blijven staan, waardoor minder afspoeling optreedt.

2.2.4 Putjesrol (aanbrengen reliëf) - uitvoering

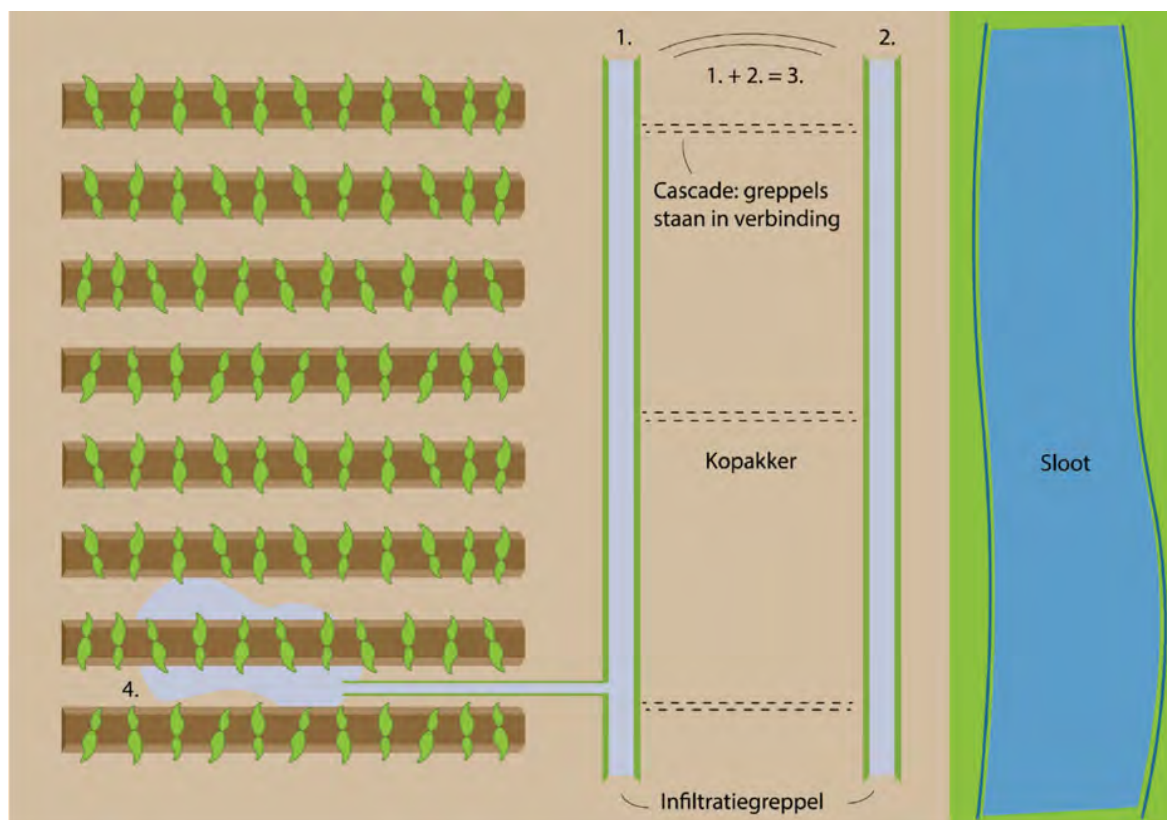
In de lilies is de putjesrol tussen de bedden toegepast. Er bleek een smalle woeltand nodig te zijn, in plaats van de woeltand met beitel die aanvankelijk was gemonteerd (figuur 2.2) en er was extra gewicht nodig om de putjes goed in de bodem te drukken. In de teelt van witlof en peen zijn de putjes met de putjesrol aangelegd tussen de ruggen, na de laatste grondbewerking: aanaarden.



Figuur 2.2: De putjesrol laat een structuur achter in de bodem waarin afspoelend water kan blijven staan en infiltreren. Voor de rol maakt een woeltand de grond los. Op het middelste element is de oorspronkelijke woeltand te zien (rood met beitel); bij element 2 en 4 is deze al vervangen door een eenvoudige staaf.

2.2.5 Infiltratiegreppels – beschrijving

Er zijn twee soorten greppelsystemen toegepast, een cascadegreppel en een dubbele greppel. De greppels worden gebruikt om water op te vangen en in de grond te laten infiltreren. Bij zowel een cascadegreppel als bij een dubbele greppel lopen twee greppels parallel aan de sloot (Figuur 2.4). Bij een cascadegreppel staan de twee greppels met elkaar in verbinding via een buis, die bijna op de bodem van de greppels ligt. Bij een dubbele greppel is er geen verbinding tussen de greppels gemaakt, er ligt een greppel voor het gewas langs, en een greppel dicht bij de sloot. Bij overstroming van de eerste greppel stroomt het water over de kopakker en komt in de tweede greppel terecht. De greppels kunnen variëren in grootte en vorm, afhankelijk van de hoeveelheid water die moet worden opgevangen en de specifieke kenmerken van het perceel.



Figuur 2.4 Verschillende locaties en combinaties van infiltratiegreppels.

2.2.6 Infiltratiegreppels – uitvoering

Op een witlofperceel is een cascadegreppel aangelegd (figuur 2.5). Langs het gewas loopt standaard in dit gebied al een afvoergreppel over de lengte van het hele perceel. Langs de slootkant, langs een deel van 40 ruggen breed (+/- 30 m), is een tweede greppel aangelegd. Via een buis staan deze met elkaar in verbinding. De schijf waarmee de greppel gemaakt werd, moest meerdere keren door de grond getrokken worden, om genoeg diepte te krijgen.

Uiteindelijk is de buis die het water van de tweede greppel naar de sloot afvoert, 15 cm hoger gelegd dan oorspronkelijk. Zo lag die buis nog net lager dan de paadjes tussen de ruggen, waardoor water afgevoerd kan worden.



Figuur 2.5 Aanleg van de tweede greppel van de cascadegreppel met een greppelfrees, parallel aan de sloot.

Op een witlofperceel en op twee aardappelpercelen zijn dubbele greppels aangelegd (figuur 2.6). Voor het gewas langs is een greppel aangelegd. Als deze overstroomt, loopt het water over de kopakker, waarna het in de tweede greppel wordt opgevangen en kan infiltreren. Op een van de locaties is de afvoerbuis half afgedopt, zodat water langer de tijd heeft om te infiltreren.



Figuur 2.6 De dubbele greppel in het onderzoek bestaat uit een afvoergreppel voor het gewas langs. Als deze vol is stroomt het water over het kavelpad naar de tweede greppel voor de sloot langs (foto links). In de tweede greppel is de afvoer gemeten (foto rechts).

2.2.7 Haver tussenzaai – beschrijving

Het zaaien van haver tussen de aardappelruggen heeft een positief effect op het voorkomen van infectie van Y-virus door bladluizen (Dupuis et al, 2017). Door haver tussen de ruggen te zaaien wordt het visuele contrast tussen de aardappelplant en de bodem verlaagd, waardoor luizen de aardappelplanten slechter kunnen onderscheiden. Daarnaast zal haver naar verwachting effect hebben op afspoeling. Enerzijds omdat haver zich snel ontwikkelt: er staat snel een plantje dat afspoeling kan afremmen. Anderzijds kan in theorie meer water infiltreren via de voet van de planten, naar de wortels. Nadat de plant enige omvang krijgt, is het wel van belang om deze weer tijdig te vernietigen, zodat concurrentie om voedingsstoffen wordt voorkomen.

2.2.8 Haver tussenzaai - uitvoering

In 2024 is de maatregel - net als in 2023 - alleen aangelegd in het deel-onderzoek 'Effect van maatregelen op de gewasopbrengst'. Haver tussenzaai is alleen meegenomen in de opbrengstproef in pootaardappel (figuur 2.7). Op 14 mei zijn de aardappelen gepoot en zijn de ruggen gefreesd. Op 17 juni is de haver tussen de ruggen gezaaid. Op 8 juli is de haver doodgespoten om concurrentie om voedingsstoffen te voorkomen.



Figuur 2.7 Opkomst van aardappelen en de tussen de ruggen gezaaide haver op het proefveld.

2.2.9 Verruwde rug – beschrijving

In Flevoland is het gangbaar om ruggen strak af te werken. Op die manier blijft het vocht in de rug behouden. Nadeel hiervan is dat neerslag moeilijk in de rug kan infiltreren. Door de rug te verruwen en een eventueel korstje weer open te maken is de verwachting dat meer water in de rug zelf kan infiltreren. Het oppervlak waar infiltratie kan plaatsvinden neemt toe, wat afspoeling kan verminderen.

2.2.10 Verruwde rug – uitvoering

In 2024 is de maatregel - net als in 2023 - alleen aangelegd in het deelonderzoek 'Effect van maatregelen op de gewasopbrengst'. Het verruwen van de ruggen is in dit onderzoek gerealiseerd door te schoffelen en aan te aarden (figuur 2.8).



Figuur 2.8 Links: Machine voor schoffelen en aanaarden.
Rechts: de open structuur van de rug na deze behandeling.

2.3 Gewaskeuze

Gekozen is om het merendeel van de praktijkproeven in ruggen- of bedden-teelten aan te leggen, in dit geval peen, (poot)aardappel, lelie en witlof. Ruggenteelten hebben namelijk een relatief groot risico op afspoeling, doordat de neerslag op het perceel grotendeels geconcentreerd wordt tussen de ruggen. Dit beperkt de infiltratiecapaciteit en verhoogt zodoende de kans op afspoeling.

Daarnaast is ook oppervlakkige afspoeling gemeten in percelen met zaaiuien; dit gewas bedekt en bewortelt de bodem nauwelijks, waardoor ook bij het telen van zaaiui weinig infiltratie en veel oppervlakkige afspoeling wordt verwacht.

2.4 Grondsoort

Een deel van de proefonderdelen is uitgevoerd op percelen met lichte zavel in het noordwesten en noordoosten van de Noordoostpolder (NOP), en een deel op percelen met zware zavel in Oostelijk Flevoland (OFL).

2.4.1 Lichte zavelgronden in de Noordoostpolder

In de NOP hebben vooral percelen met lichte zavel een zeer lage structuurstabiliteit. Ze hebben een relatief hoog aandeel silt, in combinatie met een laag gehalte aan lutum en organische stof. Lutum en organische stof spelen

een belangrijke rol in de vorming van stabiele aggregaten⁴. Deze aggregaten zorgen voor porositeit in de bodem, waardoor meer infiltratie en een groter waterbergend vermogen mogelijk is. Silt daarentegen is een zeer fijn materiaal en kan verslemping⁵ veroorzaken. Verslemping kan oppervlakkig plaatsvinden, maar ook dieper in de bouwvoor. In dat geval spreken we van interne slomp⁶. Door deze vorm van structuurbederf kan de waterberging en infiltratie op deze percelen verder afnemen. Daarom is het interessant om op deze percelen te zoeken naar manieren om de afspoeling te verminderen. Op één locatie in de Oostelijke NOP is een perceel met een wat grovere zandstructuur in de proef meegenomen. In tegenstelling tot een hoog siltgehalte bij de andere proefpercelen in de NOP (ongeveer 10% lutum en 40% silt) heeft deze locatie ongeveer 10% lutum en 24% silt. Het aandeel grover zand is daarmee ook hoger (60% in plaats van ongeveer 42%). Deze grond is minder gevoelig voor oppervlakkige afspoeling.

2.4.2 Zware zavel in Oostelijk Flevoland

In OFL is de grondsoort aan te duiden als zware zavel, in de volksmond kleigrond genoemd. De grond krijgt de classificatie zware zavel als het lutumgehalte tussen de 17,5 en 25% ligt. Deze gronden kenmerken zich al als 'kleigrond', omdat deze gronden kunnen krimpen en zwellen. Bij een opdrogend profiel komen scheuren in de bodem. Daardoor kan veel water in korte tijd geborgen worden. Deze gronden zijn veel minder afspoelingsgevoelig dan lichte zavelgronden, die de eigenschap van krimpen en zwellen niet bezitten.

2.5 Weersomstandigheden

De neerslag en afspoeling zijn drie jaar op rij intensief gemonitord op het proefperceel. De meetjaren 2022, 2023 en 2024 verschilden sterk van elkaar. Belangrijk zijn de omstandigheden tijdens het klaarleggen van het perceel, het toepassen van de maatregelen (lente en zomer) en de omstandigheden tijdens de proef (zomer en herfst). In 2022 waren de omstandigheden tijdens het klaarleggen en het eerste deel van de proef zeer droog, maar de herfst was nat. In 2023 en 2024 waren de omstandigheden tijdens het klaarleggen zeer nat en was 2023 met name tijdens de zomer ook vrij nat.

⁴ Bodemaggregaten: samenhangende bodemdeeltjes die met organisch materiaal een stabiel geheel vormen.

⁵ Slomp: vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de toplaag wordt dichtgesmeerd met kleinere gronddeeltjes, die een harde laag vormen.

⁶ Interne slomp: vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de gehele bouwvoor verdicht raakt (de bouwvoor zakt na een bodembewerking in elkaar).

Het jaar 2022 was erg droog met ongeveer 300 mm regen. In 2023 viel in de NOP dubbel zoveel regen; ruim 600 mm. Het jaar 2024 zit met 400 mm tussen de twee andere jaren in qua neerslaghoeveelheid. De weersomstandigheden zijn uitgebreider beschreven in hoofdstuk 3.

De neerslag is in alle proefjaren gemonitord met een weerpaal van Sencrop. De weerpaal rapporteert de neerslag in millimeters per 15 minuten. Om de afspoeling betrouwbaar te kunnen meten, is bij de proef met herhalingen (hoofdstuk 3) alleen de afspoeling meegenomen die plaatsvond tijdens een bui. Wanneer er geen neerslag was, maar wel afspoeling gemeten werd, gaat het in de praktijk vaak om debietmeters die onder water staan, door een hoog slootpeil voor de wateraanvoer voor beregening. Ook kan een debietmeter kiepen tijdens onderhoudswerk of bij tests.

Alle buien zijn genummerd en weergegeven in hoofdstuk 3. Het doel van het nummeren van buien is tweeledig:

- 1) selecteren van de perioden waarin de afspoeling betrouwbaar gemeten is;
- 2) in beeld brengen van de neerslag en de neerslagintensiteit gedurende de proef.

Bij het afbakenen en nummeren van buien zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er is minimaal 2 mm neerslag gevallen binnen 60 minuten.
- Neerslag is gegroepeerd tot bui als de maximale periode van droogte 1 uur betrof. Bij een periode van droogte langer dan een uur werd de neerslag tot een andere bui gerekend.
 - › Uitzondering: Wanneer er sprake is van een of meerdere dagen met terugkerende miezerregen afgewisseld met droogte is de gehele periode (soms meerdere dagen) als één bui genoteerd.
- Afspoeling die kort (maximaal 1 uur) na afloop van de bui is gemeten, is tot de voorgaande bui gerekend. De duur van een bui is in dat geval langer dan alleen de periode van neerslag.
- Ook beregening is gemarkeerd. In veel gevallen kan afspoeling tijdens beregening echter niet gemeten worden, omdat het slootwaterpeil wordt verhoogd voor wateraanvoer, waardoor de meetapparatuur onder water staat.

2.6 Afvoergreppels

Om oppervlakkige afspoeling te kunnen meten, moeten afvoergreppels over de gehele breedte van het perceel aanwezig zijn. Het is in het gebied met lichte zavel in de NOP al gangbaar om deze greppels aan te leggen, zodat

plasvorming - met de bijbehorende gewasschade - kan worden voorkomen. Op zware zavel komt het aanleggen van greppels minder voor, omdat de grond door een hoger lutumpercentage in staat is om te krimpen en te scheuren, waardoor het waterbergend vermogen door de gevormde scheuren enorm verbetert.

2.7 Afspoeling meten

Er is gebruik gemaakt van meetapparatuur die continu het aantal liter afspoeling meet. Onderzoekers hoeven daardoor niet op het exacte moment van regen of beregening op de proefpercelen aanwezig te zijn. De gegevens van neerslag en afspoeling konden online worden ingezien. Dat gaf een indicatie of de monsters verzameld konden worden.

2.8 Waterkwaliteit meten

Binnen het deelonderzoek 'Dynamiek van afspoeling' is bij de zes herhalingen van 'controle' een opvangsysteem geïnstalleerd. Het opvangsysteem bestaat uit drie flessen. In de eerste fles komt een mengmonster van grofweg de eerste 20 liter afgespoeld water terecht, in de tweede fles een mengmonster van grofweg de 20^e tot de 40^e liter en in de derde fles van de 40^e tot de 60^e liter. De watermonsters zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten. Door met drie flessen te meten, kan mogelijk een first flush vastgesteld worden. Dat wil zeggen dat de eerste liters die afspoelen meer middelen bevatten dan het water dat later afspoelt. In 2024 is ook een opvangsysteem geïnstalleerd bij de zes herhalingen van de putjesrol. Door de langere verblijftijd van het water, als het door de putjes wordt vastgehouden, kan extra afbraak van gewasbeschermingsmiddelen optreden. Een andere optie is dat het water juist meer gewasbeschermingsmiddelen bevat omdat het langer met de bodem in contact is.

2.9 Praktische toepasbaarheid

De praktische toepasbaarheid van een maatregel is belangrijk voor de adoptie ervan op grote schaal. Belangrijke factoren zijn de hoeveelheid tijd en materiaal die nodig zijn om de maatregel aan te leggen, eventuele neven-effecten van een maatregel op de oogst en bodemkwaliteit en de mate van ervaren hinder tijdens het uitvoeren van andere teeltgerelateerde werkzaamheden op het perceel. Dit soort variabelen zijn ook gemonitord gedurende de proef.

2.10 Statistische analyse

Voor de statistische analyse van de resultaten is gebruikgemaakt van R 4.4.1; het script en de uitkomsten daarvan zijn toegevoegd in bijlage 1. De gevolgde procedure is hieronder per projectonderdeel beschreven.

2.10.1 Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd - waterkwantiteit

In de proef zijn diverse maatregelen getest. Deze maatregelen zijn zogeheten categorische variabelen. De hypothese is dat het type maatregel invloed heeft op het volume afgespoeld water (een kwantitatieve, continue variabele). Op het proefperceel is elke maatregel zes keer herhaald. Er is continu gemeten van juli tot november 2024. De analyse is uitgevoerd op de cumulatieve afspoeling van de gehele meetperiode en op de cumulatieve afspoeling per maand. Hierdoor wordt een eventueel door de tijd veranderend effect van een maatregel zichtbaar.

De data met betrekking tot de hoeveelheid afgespoeld water zijn geanalyseerd met een two-way ANOVA⁷ ('analysis of variance') met het proefveld ('herhaling') als block factor. Hiermee hebben we de natuurlijke variatie, die in de praktijk tussen proefvelden aanwezig bleek, meegenomen in het model.

Het model kan als volgt worden omschreven:

$$\text{Volume} = \text{effect (herhaling)} + \text{effect (maatregel)}$$

Waarbij geldt:

- Volume = het aantal liter afgespoeld water per proefveld en per bui of tijdsperiode;
- Herhaling = één van de zes specifieke proefveldjes;
- Maatregel = 'woeltand', 'putjesrol' of 'controle'.

Het model zoals ingevoerd in R is:

```
AOV <- aov (Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = Testdata)
```

⁷Voor meer informatie over een two-way ANOVA: https://en.wikipedia.org/wiki/Two-way_analysis_of_variance

Voordat het ANOVA-model is toegepast, zijn de volgende voorwaarden getoetst:

- Interactie
- Gelijke varianties
- Normale verdeling van de residuen

Om uit te sluiten dat er interactie is tussen maatregel en maand is het ANOVA-model eerst gedraaid met de interactiefactor 'Maatregel * Maand'⁸. Wanneer er geen interactie bleek te zijn, is het model zonder interactiefactor gedraaid. De aanname dat tussen de maatregelen sprake is van gelijke varianties is getoetst met een Levene's test⁹. De aanname dat de residuen normaal verdeeld zijn is gecontroleerd met een Shapiro's test¹⁰.

Een significant resultaat van de ANOVA voor de factor 'Maatregel' wordt gevonden als de toetsingsgrootte F een P-waarde lager dan 0,05 heeft. Simpel gezegd betekent dit dat met voldoende zekerheid een verschil tussen de maatregelen is geconstateerd. Als dit zo is, is de vervolgstap om een paarsgewijze T-test te doen, om te testen welke specifieke maatregelen van elkaar verschillen.

2.10.2 Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd - waterkwaliteit

Het effect van de maatregelen op de waterkwaliteit is ook onderzocht. De waterkwaliteit van de maatregel 'putjesrol' is vergeleken met de controlegroep. Dit is gedaan voor de meetmomenten 2 en 3 afzonderlijk. Bij meetmoment 1 was de vergelijking niet mogelijk; de maatregelen waren op dat moment nog niet aangelegd.

Voor elk meetmoment zijn de afzonderlijke flesnummers met elkaar vergeleken. Dat wil zeggen dat alle flesnummers 1 van de putjesrolgroep zijn vergeleken met de flesnummers 1 van de controlegroep, et cetera. Ook is een vergelijking gemaakt tussen alle flesnummers van de putjesrolgroep en alle flesnummers van de controlegroep. Dit laatste is voor een goede statistische analyse alleen mogelijk als geen sprake is van een first flush. Dat komt doordat soms flessen ontbreken. Als veel flessen nummer 3 ontbreken bij de putjesrolgroep, maar niet bij de controlegroep, en de controlegroep dus meer

⁸ Alleen bij het model Volume ~ Herhaling + Maatregel * Maand is op interactie getest. Bij het model Volume ~ Herhaling * Maatregel is, in tegenstelling tot de gangbare procedure, niet op interactie getest, vanwege te weinig waarnemingen. In dat geval is meteen het model Volume ~ Herhaling + Maatregel gedraaid.

⁹ Voor meer informatie over Levene's test: https://nl.wikipedia.org/wiki/Toets_van_Levene

¹⁰ Voor meer informatie over Shapiro's test: https://en.wikipedia.org/wiki/Shapiro-Wilk_test

flesnummers 3 heeft, zorgt dat voor een onjuiste vergelijking als er verschillen zijn tussen de flesnummers.

Deze tests zijn uitgevoerd voor alle stoffen die in het afstromende water zijn aangetroffen. Dat gaat om 26 verschillende gewasbeschermingsmiddelen en de somconcentraties van alle gewasbeschermingsmiddelen samen, en 24 andere waterkwaliteitskarakteristieken, waaronder de pH, zoutgehalte (*Electric Conductivity*, EC) en veel verschillende ionen.

Voor de vergelijking is gebruikgemaakt van een t-test. De aanname dat tussen de maatregelen sprake is van gelijke varianties, is getoetst met een Levene's test. De aanname dat de meetwaarden normaal verdeeld zijn, is gecontroleerd met een Shapiro's test. Een p-waarde kleiner dan 0,05 wordt als significant gezien.

2.10.3 Dynamiek van afspoeling

Met behulp van een ANOVA is getest of er verschil is tussen de waterkwaliteit in de flesnummers 1, 2 en 3. Zo kan een eventuele first flush vastgesteld worden. Dit is gedaan voor de meetmomenten 1 (alleen controle), 2 en 3 afzonderlijk. Voor deze meetmomenten zijn de tests apart uitgevoerd voor de controlegroep, voor de putjesrolgroep en voor beide groepen gezamenlijk.

Deze tests zijn alleen uitgevoerd voor de gewasbeschermingsmiddelen die op het proefperceel zijn toegepast, namelijk azoxystrobin, boscalid, difenoconazole, fluxapyroxad, pendimethalin, acifluorfen, pyraclostrobin en clomazone. Daarnaast is fluopyram meegenomen, omdat deze stof vaak is waargenomen. Ook de somconcentratie van gewasbeschermingsmiddelen is onderzocht.

Het model kan als volgt worden omschreven:

Concentratie = effect (flesnummer)

Waarbij geldt:

- Concentratie = de gemeten concentratie van een stof op een bepaald meetmoment
- Flesnummer = 1, 2 of 3

Het model zoals ingevoerd in R is:

```
AOV <- aov(Concentratie ~ Flesnummer, data = Testdata)
```

We hebben ook onderzocht of er een effect is van de maatregel op een eventuele first flush. Ook een eventuele interactie is hierin meegenomen. De volgende ANOVA-modellen zijn daarvoor gebruikt:

Concentratie = effect (flesnummer) + effect (maatregel)

Concentratie = effect (flesnummer) + effect (maatregel) + effect (interactie)

Hierbij geldt dat de maatregel of de controlegroep, of de putjesrolgroep is.

In R zijn de modellen als volgt ingevoerd:

```
AOV <- aov (Concentratie ~ Flesnummer + Maatregel, data = Testdata)
```

```
AOV <- aov (Concentratie ~ Flesnummer * Maatregel, data = Testdata)
```

Met Levene's test is getest of de concentraties van de verschillende flesnummers en maatregelen geen verschillende variantie hebben. Met Shapiro's test is de normale verdeling van de residuen getest.

Een p-waarde kleiner dan 0,05 wordt als significant gezien.

2.10.4 Effect van maatregelen op gewasopbrengst

Het effect van maatregelen in het gewas (poot aardappelen of peen) op de opbrengst is statistisch getoetst met de ANOVA-procedure van Genstat.

A background image showing several wind turbines in a green field under a cloudy sky with a bright sun.

3. EFFECTIVITEIT VAN MAATREGELEN STATISTISCH ONDERBOUWD

Er zijn twee maatregelen (woeltand en putjesrol) in herhaling getest, om statistisch de effectiviteit ervan te kunnen aantonen op oppervlakkige afspoeling. Deze maatregelen zijn vergeleken met een controle. Bij beide maatregelen is ook de praktische toepasbaarheid bekeken. Als maatregelen zowel effectief als praktisch toepasbaar zijn, dan kunnen ze op vergelijkbare grondsoorten in Flevoland en andere delen van Nederland worden ingezet om oppervlakkige afspoeling van water naar de sloot te verminderen. In dit hoofdstuk is dit deelonderzoek beschreven.

3.1 Achtergrondinformatie en relevantie

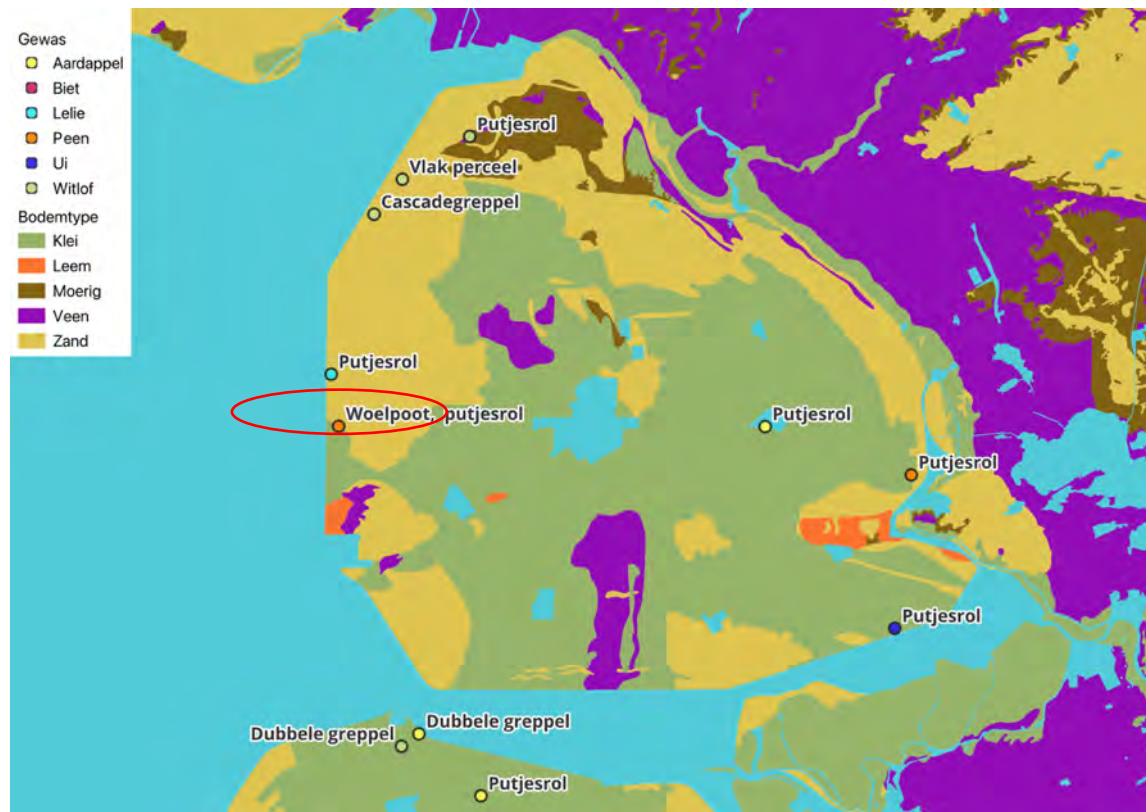
In 2022 is op **zware** zavel geen statistisch verschil aangetoond van de destijds onderzochte maatregelen (woeltand, haver tussenzaai, verruwde rug en wafeltjespatroon) ten opzichte van de controle. Er spoelde weinig water van het perceel, waardoor verschillen niet zichtbaar werden.

Op **lichte** zavel zorgde de putjesrol (voorafgegaan door de woeltand) in 2022 voor significant minder afspoeling bij regenbuien waarbij meer dan 40 liter water afspoelde. Gemiddeld spoelde 75% minder water af bij de objecten met putjesrol, in vergelijking met de controle-objecten. In 2023 zorgde zowel de putjesrol als de woeltand alleen in de maand juli voor minder afspoeling. Bij inzet van alleen de woeltand op lichte zavel spoelde juist meer af in augustus en oktober 2023. Wel zagen we in de bodemkwaliteitsbeoordeling in november duidelijk een positief effect op het voorkómen van slemp op dit proefperceel. Het effect van de woeltand op dit type grond is in belangrijke mate afhankelijk van een actief bodemleven.

In 2024 hebben we nogmaals de maatregelen woeltand en putjesrol onderzocht.

3.2 Proefopzet

Dit deelonderzoek is uitgevoerd op een perceel peen in het westen van de Noordoostpolder (lichte zavelgrond) zie figuur 3.1. Op het hele perceel is de gangbare landbouwpraktijk uitgevoerd van (grond)bewerkingen, bemestingen en bespuitingen.



Figuur 3.1 Locatie van deelonderzoek 'Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd' aangegeven met een rode omcirkeling.

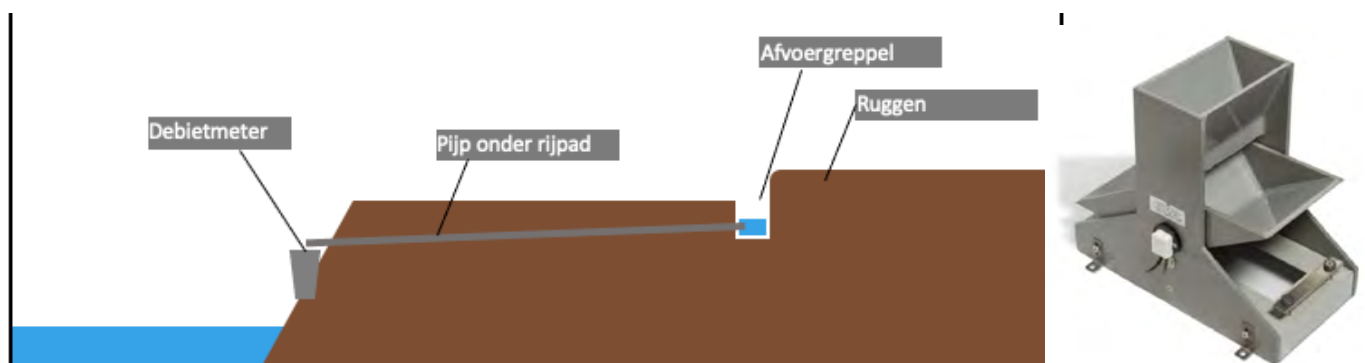
De behandelingen (putjesrol, woeltand en controle) zijn vier ruggen breed aangelegd, waarbij spuitsporen vermeden zijn (Figuur 3.2). Oppervlakkig afspoelend water is afgevoerd naar een afvoergreppel, die per behandeling is afgedamd, om de hoeveelheid afspoelend water per behandeling te kunnen meten. Elke behandeling is in zesvoud aangelegd.



Figuur 3.2 Schematische opzet van de afspoelingsproef, deze opzet is zes keer herhaald (links).

De behandelingen beginnen en eindigen op het midden van de rug (rechts).

Aan de kopse kant van elke behandeling ligt een afvoergreppel. Per behandeling is deze greppel aangesloten op een buis, deze buis ligt onder het rijpad door en komt uit op de slootkant (figuur 3.3 en 3.4). In de slootkant staat, aangesloten op de buis, een debietmeter (figuur 3.4). Deze debietmeter kan met behulp van een datalogger afspoeling tot 0,5 L nauwkeurig meten en registreren. Elke debietmeter is voorzien van twee loggers. Eén logger stuurt de gegevens naar een online dashboard, waarop de data zichtbaar is en bewaard wordt. De andere logger slaat de gegevens lokaal op in een geheugen.



Figuur 3.3 Schematische weergave van de afvoerbuis die water vanuit de afvoergreppel naar de debietmeter in de slootkant leidt (links). Met een foto van de debietmeter (rechts).



Figuur 3.4 Het aanleggen van de afvoerbuizen onder de kopakker door (links).

Installatie van de debietmeter in de slootkant (rechts).

3.3 Monitoring

In deze paragraaf beschrijven we hoe de gegevens over waterkwantiteit, bodemkwaliteit en de praktijkervaring van ondernemers zijn verzameld.

3.3.1 Waterkwantiteit

De hoeveelheid afspoelend regen- en irrigatiewater wordt continu en op afstand gemeten. De afspoeling is gedurende het gehele groeiseizoen gemeten. De hoeveelheid regen op het proefperceel is geregistreerd met een elektronische regenmeter. Ook deze gegevens zijn online beschikbaar. Zowel bij de weerpaal als bij de dataloggers van de debietmeters treden storingen op, waardoor de data soms niet volledig zijn. Bij de weerpaal is in zo'n geval gebruik gemaakt van een openbare bron (zie de vermelding bij tabel 3.1 in paragraaf 3.4.1). Bij de debietmeters zijn de gegevens van de online logger (dashboard) gecombineerd met die van de lokale logger. Per kwartier is de grootste waarde uit de twee bronnen geselecteerd en gebruikt voor de analyse. De data zijn daarnaast gecontroleerd op uitschieters en onbetrouwbare waarden. Het logboek is gebruikt om onbetrouwbare waarden te identificeren en verklaren. De afspoeling van bui 12 (berekening) is verwijderd

omdat de debietmeters op dat moment onder water stonden vanwege het hoge slootpeil¹¹.

¹¹ Bij berekening wordt in dit gebied het slootpeil verhoogd om water naar het beregeningskanon te transporteren.

3.3.2 Bodemkwaliteit

Om te onderzoeken of de verschillende behandelingen effect hebben op de bodem werden tijdens de proef meerdere bodembeoordelingen uitgevoerd door een bodemexpert van Van Tafel Naar Kavel. In 2022 en 2023 is de bodembeoordeling uitgevoerd aan het einde van de teelt (in november). In 2024 is de bodem op twee momenten beoordeeld, om beter in beeld te krijgen hoe de bodem reageert op de maatregelen. De beoordelingen zijn uitgevoerd op 8 augustus en 25 oktober. De proefvelden zijn minstens in duplo beoordeeld, als te veel verschil aanwezig was tussen de beoordelingen, is een extra beoordeling uitgevoerd. De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal (0 – 10) per parameter:

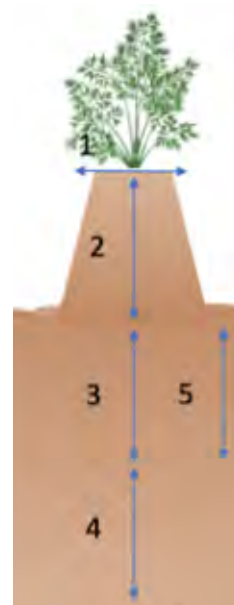
- bodemstructuur
- de mate van activiteit van het bodemleven
- de beworteling

Deze parameters hebben een (indirect) effect op de waterhuishouding en daarmee op oppervlakkige afspoeling.

Per proefveld zijn de volgende beoordelingen uitgevoerd volgens de bodemconditiescore Flevoland (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**)¹²:

- De buitenkant van de rug (1) is beoordeeld op poriën, breuken en zichtbare sporen van afspoeling op de rug.
- De rug (2), kluit (3), ondergrond (4) en de grond tussen de ruggen (5) zijn beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.

Gaandeweg de proef zagen we alleen verschillen tussen de behandelingen op locatie 5 (tussen de ruggen). Dit is ook logisch aangezien hier de grondbewerking plaats heeft gevonden. Vanaf 2024 zijn we daarom overgegaan op het alleen tussen de ruggen beoordelen van de bodem (5).



Figuur 3.5

De bodembeoordeling werd in eerste instantie uitgevoerd aan de buitenkant van de rug (1), in de rug (2), onder de rug (3 & 4) en tussen de ruggen (5). Vanaf de beoordeling in augustus 2024 hebben de beoordelingen alleen plaatsgevonden tussen de ruggen (5) aangezien alleen daar een effect werd waargenomen van de maatregelen.

¹² Opvraagbaar bij BoerenNatuur Flevoland (<https://flevolandsagrarischcollectief.nl/>)

3.3.3 Praktijkervaring

De betrokken onderzoekers hebben gedurende de looptijd van de proef regelmatig contact gehad met de ondernemer die het gewas teelde op het proefperceel. Er werd hem gevraagd naar zijn ervaringen en waarnemingen, deze zijn bijgehouden in een logboek.

Daarnaast zijn de resultaten tijdens het seizoen en na afloop van de proef besproken met 'het kernteam', bestaande uit mensen werkzaam bij Provincie Flevoland, Waterschap Zuiderzeeland, ministerie van – destijds - LNV, LTO Noord en akkerbouwers uit de regio. Tijdens deze bijeenkomsten hebben de ondernemers ook hun praktijkervaringen gedeeld.

3.4 Resultaten

In deze paragraaf lichten we de resultaten van dit deelonderzoek toe. De gebruikte statistische analyse is beschreven in paragraaf 2.9.1. Eerst gaan we in op de neerslag die gedurende de proef is gevallen. Daarna beschrijven we de resultaten per maatregel. Van elke maatregel is de waterkwantiteit, bodemkwaliteit en praktijkervaring beschreven. De effecten op de bodemkwaliteit zijn beknopt beschreven. In bijlagen 2 en 3 is de volledige rapportage van dit onderdeel opgenomen.

3.4.1 Neerslag en afspoeling 2022 - 2024

De neerslag en afspoeling zijn drie jaar op rij intensief gemonitord op het proefperceel. In tabel 3.1 is per seizoen samengevat hoe het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) het seizoen in het betreffende jaar typeert¹³. Duidelijk wordt dat de drie meetjaren sterk van elkaar verschillen. Belangrijk zijn de omstandigheden tijdens het klaarleggen van het perceel, het toepassen van de maatregelen (lente en zomer) en de omstandigheden tijdens de proef (zomer en herfst). Beknopt samengevat waren in 2022 de omstandigheden tijdens het klaarleggen en het eerste deel van de proef zeer droog, maar de herfst was nat. In 2023 en 2024 waren de omstandigheden tijdens het klaarleggen zeer nat en in 2023 was met name de zomer ook vrij nat.

In tabel 3.2 is de neerslag in millimeters per maand tijdens de proef weergegeven. De gegevens zijn afkomstig van het KNMI-meetstation in het zuidwesten van de Noordoostpolder. De kolom SOM (totaal) laat duidelijk de verschillen zien. 2022 was erg droog. In 2023 was er dubbel zoveel neerslag gedurende de proef. 2024 zit qua neerslaghoeveelheid tussen de twee andere

¹³ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten>

jaren in. In tabel 3.2 is beregening niet meegenomen. Het aantal millimeter regen bij het KNMI-meetstation kan verschillen van die op het proefperceel. (Stort)buien treden vaak zeer plaatselijk op, hierdoor kan het voorkomen dat het KNMI-meetstation wel regen registreert, maar geen regen is gevallen op het proefperceel of vice versa. De ligging van het proefperceel vlak naast het IJsselmeer zorg ook voor een mogelijke afwijking van het meetstation.

Tabel 3.1: Samenvatting van het weer per seizoen op basis van gegevens van het KNMI.

Jaar	Winter	Lente	Zomer	Herfst
2021				Zachte en zonnige herfst
2022	Zachte winter	Zachte en droge en zonnige lente	Zeer warme, zonnige en droge zomer	Vrij natte herfst
2023	Zachte winter	Lente zeer nat	Zeer warme en zonnige zomer (natte augustus)	Zeer natte en zachte herfst
2024	Zachte en natte winter	Lente april en mei erg nat	Wisselvallige zomer	Zachte en vrij natte herfst

Tabel 3.2: Neerslag op het meetstation van het KNMI in het zuidwesten van de Noordoostpolder.

Jaar	Bron	Neerslag (mm)					
		juli	augustus	september	oktober	november	SOM
2022	KNMI ZWNOP	49	40	81	56	72	298
2023	KNMI ZWNOP	131	96	75	142	168	612
2024	KNMI ZWNOP	113	51	84	57	91	396

In de droge zomer van 2022 is drie keer beregend. In 2023 was beregening niet nodig. De zomer was warm en zonnig, maar er viel regelmatig genoeg regen, met name in augustus. In 2024 is twee keer beregend tijdens de proef. Dat jaar heeft de ondernemer bewust minder millimeters per keer beregend (8-10) mm, om afspoeling te voorkomen.

Ook de totale afspoeling gedurende de proef verschilde sterk in de drie jaren. NB: in 2022 is de afspoeling gemeten inclusief die bij beregening. In 2023 kon de afspoeling tijdens beregening niet gemeten worden omdat het slootwaterpeil op die momenten te hoog was, waardoor de meetapparatuur onder water stond en niet betrouwbaar kon meten. De afspoeling van de zes proefvelden

‘controle’ is omgerekend naar liters per hectare voor een goede vergelijking. Alleen afspoeling die tijdens een bui of beregening voorkwam is meegerekend. Zie voor de definitie van een bui paragraaf 2.5.

- In 2022 spoelde 36.450 liter/ha af.
- In 2023 spoelde met 63.726 liter/ha, 75% meer water af dan in 2022.
- In 2024 spoelde slechts 3.486 liter/ha af, 90% minder dan in 2022.

Op 12 juli 2024 – enkele dagen voordat de maatregelen werden aangelegd – viel er echter een hevige bui die veel afspoeling veroorzaakte. De debietmeters waren op dat moment al wel geïnstalleerd. Omdat deze bui voor de start van de proef viel, wordt hij aangeduid als ‘bui 0’. Rekenen we deze bui mee, dan was de afspoeling in 2024 21.748 l/ha. Dit voorbeeld laat zien dat één of meerdere hevige buien het grootste deel van de totale afspoeling kunnen verklaren. Op 12 juli is 23 mm neerslag gevallen op basis van een weerstation in de buurt. Mogelijk was de neerslag op het perceel groter, gezien de relatief hoge afspoeling. Naast de neerslag kan ook de voorvrucht een mogelijke verklaring geven voor de geringere afspoeling in 2024. In 2022 en 2023 is winterpeen geteeld op een perceel, waar het voorgaande jaar uien zijn geteeld. In 2024 is de winterpeen geteeld op een perceel waar het voorgaande jaar tarwe is geteeld.

‘Bui 0’ gaf onbedoeld de kans om extra duidelijk in beeld te krijgen hoe groot de variatie tussen de proefvelden is vóór aanleg van de maatregelen. In tabel 3.3 is het aantal liter afspoeling per proefveld bij ‘bui 0’ weergegeven. Variatie tussen de velden kan verschillende oorzaken hebben. Bijvoorbeeld nattere plekken in het perceel, hoogteverschillen in het perceel, de meetafwijking van de debietmeters die toeneemt bij veel liters/minuut, vervuiling in de buizen en debietmeters en andere variatie in de opstelling. Al deze punten zijn - voor zover mogelijk - gecontroleerd, maar kunnen in een praktijksituatie nooit volledig worden uitgesloten.

Tabel 3.3: Afspoeling in liters per proefveld (3x140 meter) bij ‘bui 0’ op 12 juli 2024. Alle proefvelden waren gelijk behandeld, omdat de maatregelen nog niet waren aangelegd.

Maatregel (voor aanleg)	Afspoeling (l)					
	Veld 1	Veld 2	Veld 3	Veld 4	Veld 5	Veld 6
Controle	868,5	831,5	738,0	795,0	653,0	716,0
Woelpoot	565,5	714,5	777,0	870,5	760,5	705,0
Putjesrol	818,5	803,0	856,5	639,5	620,0	751,0

In Tabel 3.4 zijn de regenbuien weergegeven die op het proefperceel zijn gevallen. Bij elke bui is de starttijd, de eindtijd, de duur van de bui, de hoeveelheid mm die is gevallen en de maximale intensiteit per kwartier gegeven. In 2024 is twee keer berekend, één keer in de nacht van 31 juli op 1 augustus en één keer op 7 september. De definitie van een bui staat vanuit de literatuur niet vast. In paragraaf 2.5 zijn de criteria beschreven die in dit onderzoek gehanteerd zijn.

Tabel 3.4: Alle gemeten buien op het proefperceel met start- en eindtijd, duur van de bui, de totale hoeveelheid neerslag en de maximale intensiteit.

Bui nummer	Start	Einde	Duur (uu:mm)	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)
0 *	12-07-24 14:00	13-07-24 13:30	23:30	23	?
1	21-07-24 11:45	21-07-24 13:15	1:30	3,55	1,02
2	26-07-24 4:30	26-07-24 7:30	3:00	2,55	0,51
berekening	1-08-24 0:45	1-08-24 5:15	4:30	6,86	3,05
3	9-08-24 2:00	9-08-24 7:45	5:45	2,78	0,76
4	14-08-24 14:15	14-08-24 20:00	5:45	8,63	3,05
5	16-08-24 6:30	16-08-24 13:00	6:30	8,36	1,52
6	20-08-24 13:30	20-08-24 23:45	10:15	15,5	2,29
7	24-08-24 9:00	24-08-24 9:45	0:45	2,28	0,76
8	24-08-24 18:15	25-08-24 2:30	8:15	9,39	4,57
9	2-09-24 21:30	2-09-24 21:45	0:15	3,81	3,56
10	3-09-24 20:45	4-09-24 4:15	7:30	6,61	3,05
11	6-09-24 18:30	7-09-24 0:15	5:45	3,56	1,02
berekening	7-09-24 15:00	7-09-24 18:00	3:00	8,63	4,57
13	10-09-24 15:15	12-09-24 2:15	11:00	31,73	2,54
14	23-09-24 19:15	23-09-24 22:30	3:15	3,02	0,51
15	24-09-24 16:30	24-09-24 19:30	3:00	2,54	0,76
16	26-09-24 2:00	26-09-24 9:30	7:30	8,59	0,76
17	27-09-24 11:15	27-09-24 18:00	6:45	16,26	1,27
18	30-09-24 14:30	1-10-24 3:30	13:00	21,31	1,52
19	1-10-24 7:00	2-10-24 5:30	22:30	13,95	0,76
20	18-10-24 12:00	18-10-24 19:15	7:15	3,05	0,51
21	21-10-24 22:30	22-10-24 12:45	14:15	5,85	0,51
22	25-10-24 12:00	25-10-24 13:15	1:15	7	0,51
23	28-10-24 7:45	28-10-24 15:15	7:30	5,31	0,51
24	16-11-24 15:15	18-11-24 8:30	17:15	13,06	1,27
25	19-11-24 1:30	19-11-24 21:15	19:45	13,16	0,76
26	20-11-24 2:15	22-11-24 14:30	12:15	8	2,03

* De weerpaal en de maatregelen waren op dit moment nog niet geïnstalleerd. Daarom is neerslagdata uit een openbare bron gebruikt (Bayer regenmeter app)

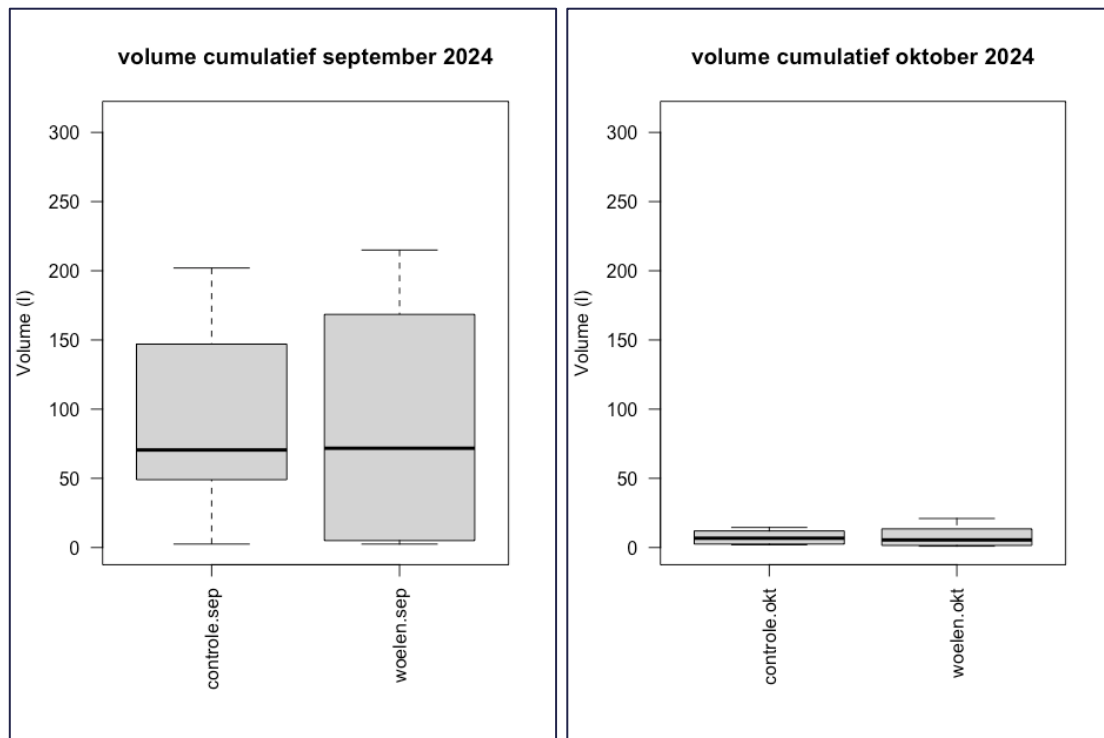
3.4.2 Woeltand

Deze maatregel is aangebracht op 19 juli 2024, met een werkdiepte van ongeveer 10 centimeter. Voorafgaand is op het hele perceel schoffelen-aanaarden toegepast.

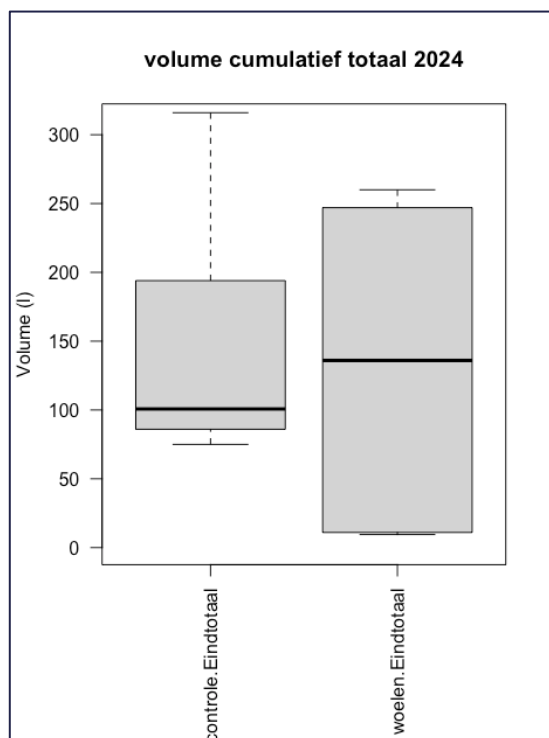
Effect op afspoeling

In figuur 3.7 is het volume van de afspoeling bij toepassing van de woeltand vergeleken met de controle, in september en oktober. Figuur 3.8 geeft de cumulatieve afspoeling van de gehele gemeten periode weer (19 juli tot 22 november). In de maanden juli en augustus was er vrijwel geen afspoeling. Ook in september, oktober en november was de afspoeling zeer beperkt in vergelijking met 2022 en 2023.

In 2024 is geen verschil in liters afspoeling aangetoond tussen controle en woeltandbehandelingen (figuur 3.8). Bij de woeltandbehandeling was de spreiding groter, zowel tussen de onder- en bovengrens (onderste en bovenste lijn van het boxplot) als de interkwartielafstand (onderkant box tot bovenkant box). De variatie was dus iets groter binnen de gewoelde proefvelden.



Figuur 3.7 Volume afgespoeld water voor de maatregel 'woeltand', vergeleken met de controle. Links: september; rechts: oktober.



Figuur 3.8 Volume afgespoeld water voor de maatregel 'woeltand', vergeleken met de controle; periode 19 juli – 22 november 2024.

Het resultaat van 2024 is vergelijkbaar met dat van 2022. Ook in dat jaar was er geen verschil tussen de controle en de woeltandbehandeling. In 2023 verminderde de woeltand de afspoeling in juli, maar vermeerde die juist in augustus en oktober.

Effect op bodemkwaliteit

In 2022 en 2023 was de bodemkwaliteit tussen de ruggen verbeterd na het toepassen van de woeltand: de structuur en de infiltratiecapaciteit werden hier beter beoordeeld (minder slemp waarneembaar) dan in de controlestroken. De beoordeling vond in 2022 en 2023 in november plaats. In 2024 is twee keer een beoordeling uitgevoerd; in augustus en oktober.

In 2024 gaf de bodembeoordeling een ander beeld dan in de jaren ervoor. De bodemkwaliteit was hoger in de controlestroken dan in de stroken waar de woeltand is toegepast:

- Op 8 augustus werd in de kluit van het eerste woeltandproefveld op 10 cm diepte een breukvlak waargenomen, hieronder nam de bodemkwaliteit sterk af (de grond was blauw en vochtig) (figuur 3.9, links). Door de slechtere bodemkwaliteit groeien de wortels niet naar beneden, maar naar linke en rechts (figuur 3.9, rechts). In de kluit van het tweede

proefveld zagen we dat de bodemkwaliteit vanaf 14 cm sterk afnam: de bovengrond was mooi los, maar onder de 14 cm was de grond compact, nat en blauw.

- Op 25 oktober werd de bodemkwaliteit van de kluiten van beide woeltand-proefvelden als voldoende beoordeeld.



Figuur 3.9. Breukvlak op 10 cm tussen de ruggen op 10 cm diepte (links)
Wortels groeien horizontaal over dit breukvlak (rechts).

In tabel 3.5 is de beoordeling van de bodemstructuur, beworteling en bodemleven van de proefvelden waarin de woeltand is ingezet, vergeleken met de controle. De controle proefvelden hebben een hogere beoordeling dan de proefvelden waar de woeltand is ingezet. De bodemkwaliteit van de woeltand proefvelden verbeterde gedurende het seizoen. De volledige bodembeoordeling is opgenomen in bijlagen 2 en 3.

Praktijkervaring

De woeltand heeft de grond tussen de ruggen tot 10 cm diep los gemaakt. Woelen is een eenvoudige bewerking, die gemakkelijk gecombineerd kan worden met een andere bewerking zoals schoffelen-aanaarden.

De kosten en inspanning voor de ondernemer blijven daarmee beperkt. Over de effecten op de bodemkwaliteit verschillen de meningen en ervaringen van ondernemers. Sommigen geven aan dat je juist een geultje trekt waardoor water sneller kan afspoelen. Anderen geven aan dat het korstje breken en de grond losmaken juist gunstig uitpakt. Bij de ervaringen van verschillende ondernemers moet in ogenschouw genomen worden dat kleine verschillen in bodemsamenstelling van percelen het effect van de woeltand sterk kunnen beïnvloeden. Ervaringen lopen daarom uiteen. Op het bedrijf waar de proef lag, wordt een ondiepe woeltand vaak toegepast, ook in de peenteelt en daar heeft de ondernemer positieve ervaringen mee.

Tabel 3.5 Resultaat van de bodembeoordelingen uitgevoerd op 8 augustus (A) en 25 oktober (B) in de woeltand proefvelden en controle proefvelden. In de tabel is de score in cijfers voor bodemstructuur, beworteling en bodemleven opgenomen (1 = zeer slecht, 10 = zeer goed).

Maatregel	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
Woelen A1	6	n.v.t.	4
Woelen A2	7.5 (0-14cm), 4 (14-25cm)	n.v.t.	5
Controle A1*	5	n.v.t.	5
Controle A2	9	8	9
Controle A3	8	7	8
Woelen B1	7	7	7
Woelen B2	7	7	6.8
Controle B1	8.5 (0-23cm), 6 (12-25cm)	7.5	8 (0-12cm), 6,5 (12-25cm)
Controle B2	8	7	7,8

Opmerkingen:
 Woelen A1: De bodemkwaliteit tussen 0-10 cm diepte is voldoende. Rond de 10 cm is een breukvlak zichtbaar, hieronder neemt de bodemkwaliteit sterk af. De grond is hier blauw (duidt op zuurstofgebrek) en vochtig.
 Woelen A2: 0-14 cm grond is los, na 14 cm wordt de bodem compact, nat en bevat blauwe vlekjes.
 Woelen B1: De bodem lijkt iets compacter + kluiten breken scherper af + minder poriën dan in de controlestrook. Er zijn (fijne) wortels aanwezig tussen de rug.
 Woelen B2: De bodemstructuur is de eerste 10 cm diepte iets compacter dan de andere behandelingen, daarna geen groot verschil meer. Minder poriën aanwezig in deze kluit.
 *De kwaliteit van controlestrook A1 was een stuk lager dan de kluiten van de controle A2 en A3, dit komt mogelijk doordat deze kluit in een rijspoor gestoken is.

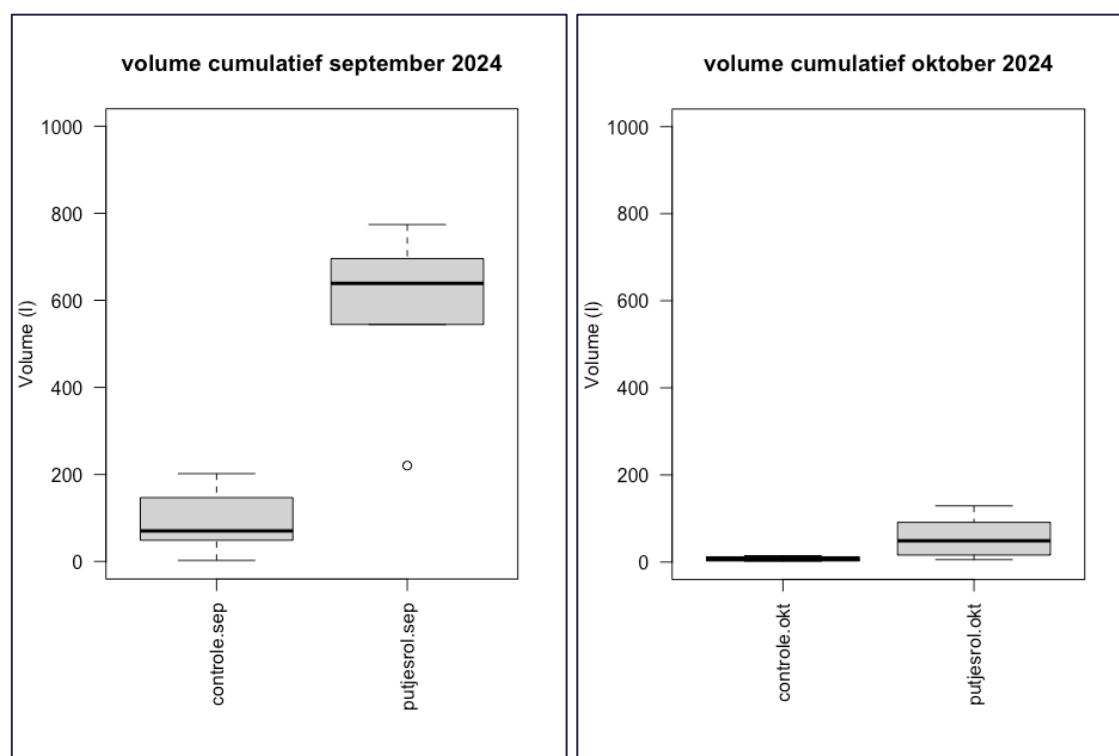
3.4.3 Putjesrol

Deze maatregel is aangebracht op 19 juli 2024. De bewerking bestaat uit een combinatie van een ondiepe (10 cm) woeltand (die de grond losmaakt) en de putjesrol (die de putjes in de bodem drukt). De voor dit doel ontwikkelde machine combineert beide bewerkingen. In voorgaande jaren waren twee werkgangen nodig, waarbij de putjes handmatig werden aangebracht door een nokkenwiel door het gewas te trekken. De woeltand van de putjesrol verschilt van die van de woeltandbehandeling. De laatste heeft een woeltand met ganzenvoet. De putjesrol heeft een verticale staaf die onderaan is afgerond als woeltand (zie afbeeldingen 2.1 en 2.2 in hoofdstuk 2).

Effect op afspoeling

In figuur 3.10 is de cumulatieve afspoeling in september en oktober bij toepassing van de putjesrol vergeleken met de controlevelden. In juli en augustus spoelde er vrijwel geen water af.

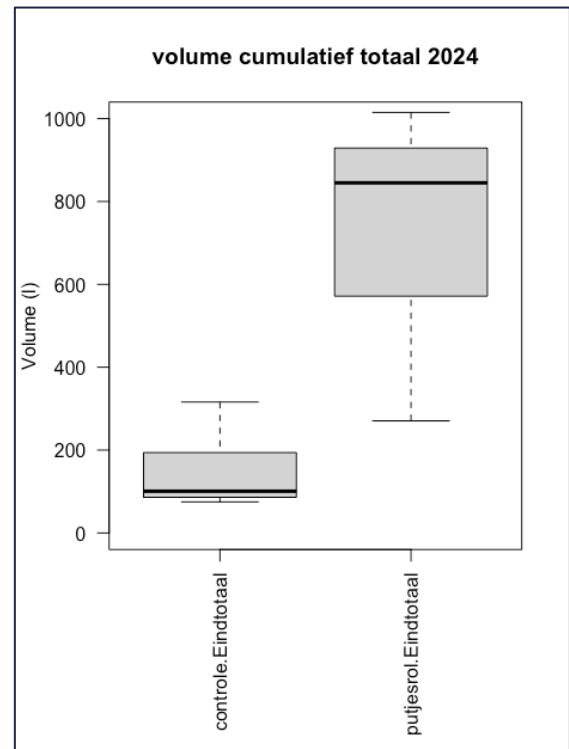
In de maand september spoelde significant meer water af van de putjesrol proefvelden ten opzichte van de controlevelden (figuur 3.10 links). In oktober en november was er geen significant verschil (figuur 3.10 rechts). Bij de totale hoeveelheid afspoeling (figuur 3.11) kon geen statistisch verschil worden vastgesteld, omdat de data niet voldoet aan de voorwaarde van gelijke varianties van de ANOVA-analyse (zie paragraaf 2.10 over de statistische analyse). Dit betekent dat de spreiding te sterk verschilt tussen de groepen. De totale hoeveelheid afspoeling bestaat bijna volledig uit de afspoeling van september.



Figuur 3.10: Volume afgespoeld water voor de maatregel putjesrol, vergeleken met de controle. Links: september 2024; rechts: oktober 2024.

Het resultaat van 2024 is tegenovergesteld aan dat van 2022. In 2022 werd de afspoeling bij grote buien (> 40 liter gemiddeld van de controlevelden) met 75% gereduceerd bij gebruik van de putjesrol. Ook in juli 2023 is een vermindering van de afspoeling vastgesteld. In 2023 is echter al wel duidelijk

geworden grondbewerkingen zoals de woeltand afspoeling juist kunnen vergroten.



Figuur 3.11
Volume afgespoeld water voor de maatregel 'putjesrol' vergeleken met de controle.
Periode: 19 juli – 22 november 2024.

Effect op bodemkwaliteit

In 2022 en 2023 kwam uit de beoordeling van de bodemkwaliteit naar voren dat het reliëf gemaakt door de putjesrol vier maanden na toepassing oppervlakkig niet meer zichtbaar was, maar dat het effect van de woeltand op de bodem nog wel duidelijk terug te zien was in de structuur. In tegenstelling tot de controle was amper inspoeling van fijn sediment (ook wel verslemping genoemd) te zien in deze behandelingen.

In 2024 zagen we een ander effect van de putjesrol. De bodemkwaliteit is hoger in de controle proefvelden dan in de proefvelden waar de putjesrol is toegepast:

- Op 8 augustus werd in de kluit van het eerste putjesrol proefveld een compacte laag waargenomen tussen 13 en 17 cm diepte, daaronder was de bodemstructuur weer voldoende (figuur 3.12, links). De bodemkwaliteit van de kluit van het tweede proefveld werd als onvoldoende beoordeeld (grond was compact, bevatte geen poriën en meer dode dan levende wortels) en we zagen een breukvlak op 11 cm diepte (figuur 3.12, rechts).
- Op 25 oktober werd de bodemkwaliteit in zowel de kluit van het eerste als tweede putjesrol proefveld met een voldoende beoordeeld. De bodem had wel een compacte structuur, maar brak niet scherp af. De

verdichte laag en het breukvlak rond 10-15cm diepte werden niet meer waargenomen.



Figuur 3.12 In de ene kluit was tussen de ruggen een verdichte laag te zien tussen 13 en 17 cm diepte (links). In de andere kluit zagen we tussen de ruggen een scherp breukvlak op 11 cm diepte (rechts).

In tabel 3.6 is de beoordeling van de bodemstructuur, beworteling en het bodemleven van de proefvelden waarin de putjesrol is ingezet, vergeleken met de controle. De controle proefvelden hebben een hogere beoordeling dan de proefvelden waar de putjesrol is ingezet. De bodemkwaliteit van de putjesrol proefvelden verbeterde gedurende het seizoen. De volledige bodembeoordeling is opgenomen in bijlagen 2 en 3.

Praktijkervaring

In de praktijk blijkt dat ondernemers geen last ondervinden van de putjes. De putjes zorgen in tegenstelling tot de erosiestoppers (drempeltjes) niet voor hobbelen op de ziekzoekkar en ze hebben ook geen effect op oogsten met een wiel dat de oogstdiepte bepaalt.

De putjes zijn na verloop van tijd (een paar weken tot maanden) op het oog nauwelijks zichtbaar, maar bij regenval komt het patroon vaak weer tevoorschijn. De putjes konden goed aangebracht worden met de daarvoor ontwikkelde machine. Een punt van aandacht is het toevoegen van gewichten die de rol kunnen aandrukken, waardoor de putjes iets dieper worden. In de uitvoering bleek dat in sommige gevallen een beter resultaat te geven. Gebruikers gaven ook aan dat de rij snelheid vrij hoog kan zijn. In de huidige vorm is een extra werkgang noodzakelijk.

Tabel 3.6 Resultaat van de bodembeoordelingen uitgevoerd op 8 augustus (A) en 25 oktober (B) in de putjesrol proefvelden en controle proefvelden. In de tabel is de score in cijfers voor bodemstructuur, beworteling en bodemleven opgenomen (1 = zeer slecht, 10 = zeer goed).

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
Putjesrol A1	6	n.v.t.	6
Putjesrol A2	5	n.v.t.	5
Controle A1*	5	n.v.t.	5
Controle A2	9	8	9
Controle A3	8	7	8
Putjesrol B1	7	n.v.t.	6
Putjesrol B2	7,5	7	8,5
Controle B1	8.5 (0-23cm), 6 (12-25cm)	7.5	8 (0-12cm), 6,5 (12-25cm)
Controle B2	8	7	7,8

Opmerkingen:
Putjesrol A1: Compacte laag tussen 13 tot 17 cm diepte, daarna weer open. Op 25 cm diepte zit stro van het ploegen.
Putjesrol A2: Breukvalk op 11 cm diepte. Overal is de grond compact zonder poriën en er zijn meer dode dan levende wortels. Dit betekent dat water niet goed kan infiltreren.
Putjesrol B1: Compacte structuur, breekt niet scherp af. Her en der kleine poriën. (0-25 cm diepte). Ondergrond is mooi los, goed waterdoorlatend. Wat oude wortelgangen en een paar microporiën zichtbaar (25-45 cm diepte).
Putjesrol B2: Wat compact (0-25 cm diepte). Op 39 cm diepte een scherpe overgang, daarboven zit een verdichte laag, geen wortels hier: die stoppen bij deze laag. Wel veel bodemleven in deze kluit: veel wormen en zowel fijne als grove poriën zichtbaar.

*De kwaliteit van controleproefveld A1 was een stuk lager dan de kluiten van controleproefvelden A2 en A3, dit komt mogelijk doordat deze kluit in een rijspoor gestoken is.

Ondernemers zijn positief over de mogelijkheden voor verdere mechanisatie: de rol kan volgens hen achter een ander werktuig, zoals de freesmachine, worden gemonteerd, dan is geen extra werkgang nodig. In sommige gevallen kan de extra lengte van de machine wel een probleem vormen. Kosten voor aanleg van de maatregel worden door ondernemers vooral gezien in de aanschaf van de rollen en de montage op de freesmachine. In sommige teelten kan een bredere rol de voorkeur hebben, bijvoorbeeld in de bollen-teelt, waar de tussenruimte tussen de bedden breder is. De deelnemende lelieteler benoemde als extra voordeel van de putjes dat kunstmest beter blijft liggen. Hij zag daardoor in het gewas precies de scheiding waar hij de putjesrol wel en niet had toegepast.

3.5 Conclusie en discussie

Deze paragraaf bevat de conclusies die we trekken op basis van de resultaten van dit onderdeel. De conclusies hebben betrekking op het onderzoeksdoel “Onderzoeken of het effect op afspoeling van maatregelen die praktisch haalbaar zijn, kan worden aangetoond over meerdere projectjaren”. In de tweede paragraaf worden de discussiepunten besproken.

3.5.1 Conclusies

- De drie onderzoeksjaren 2022, 2023 en 2024 verschilden sterk van elkaar qua hoeveelheid neerslag en afspoeling. De verschillen qua weer -en de invloed daarvan op de bodemkwaliteit- lijken grote invloed te hebben op de geteste maatregelen.
- De invloed van een bewerking met de woeltand en de putjesrol op oppervlakkige afspoeling kan van jaar tot jaar en van maand tot maand verschillen. Dit bevestigt het belang van meerjarig onderzoek.
- In het droge jaar 2022 spoelde significant minder water af bij de behandeling putjesrol (bij buien > 40 l afspoeling gemiddeld van de controlevelden). Op de proefvelden werd de afspoeling met gemiddeld 75% verminderd. In het natte jaar 2023 verminderde de putjesrol de afspoeling alleen in de maand juli. Na een natte winter en erg natte lente in 2024, zorgde de putjesrol in september en oktober voor meer afspoeling dan op de controlepercelen.
- In het droge jaar 2022 had de behandeling woeltand geen effect op de afspoeling. In het natte jaar 2023 verminderde de woeltand de afspoeling in juli, maar vermeerde die juist in augustus en oktober. In 2024 had de maatregel woeltand opnieuw geen effect op de afspoeling.
- In 2022 en 2023 had de woeltand (toegepast in beide behandelingen), een positief effect op de bodemkwaliteit in november: het verminderde de vorming van slomp. In 2024 zorgde de toepassing van de woeltand echter voor de vorming van een breukvlak/compactie van de grond, deze effecten waren een paar weken later niet meer zichtbaar.
- De slechtere bodemstructuur in augustus is naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door het moment van bewerking: het voorjaar van 2024 was te nat om een grondbewerking uit te voeren. Een bewerking onder te natte omstandigheden veroorzaakt versmering¹⁴ en verdichting van de bodem. Opvallend is dat dit bij de woeltand niet voor meer afspoeling heeft gezorgd, maar bij de combinatie woeltand en putjesrol wel.

¹⁴ Versmering: vervorming van de grond als deze nagenoeg is verzadigd met water. De grond kan dan niet dichter worden, maar verliest door vervorming wel zijn structuur.

- Zowel de woeltand als de putjesrol zijn maatregelen die in principe goed ingepast kunnen worden in de landbouwpraktijk. Beidemaatregelen vergen vakmanschap, zodat verslechtering van de bodem-structuur wordt voorkomen. Bij praktijktoepassing worden maatregelen bij voorkeur in combinatie met een andere werkgang (zoals aanaarden/frezen) toegepast.
- De ondernemer heeft dit jaar bewust minder millimeters per keer beregend (8-10 mm), om afspoeling te voorkomen. Het effect kon niet gemeten worden door het hoge slootwaterpeil tijdens het beregenen. Wel weten we uit 2022 dat de afspoeling relatief groot kan zijn bij beregening. Eenvoudige maatregelen zoals deze kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het voorkomen van perceelemissie.

3.5.2 Discussie

- De verschillende bodemonderzoeken die in de context van dit project hebben plaatsgevonden, beschrijven hoe een goede bodemkwaliteit (inclusief een actief bodemleven) de vorming van een slemplaag vermindert en het infiltratievermogen van de bodem verbetert. De extra bewerking met een woeltand, al dan niet gecombineerd met een putjesrol, kan de afspoeling zowel verkleinen als vergroten. Daar waar deze maatregelen voor meer afspoeling hebben gezorgd, lijkt dat te komen doordat de kwetsbare bodemstructuur door de bewerking is aangetast. Opvallend is dat dit in 2024 bij de woeltand niet voor meer afspoeling heeft gezorgd, maar bij de putjesrol wel. De putjesrol lijkt onder natte omstandigheden voor meer structuurbederf, en daarmee meer afspoeling, te hebben gezorgd.
- De putjesrolbewerking tussen ruggen is ontwikkeld als alternatief voor drempels/erosiestoppers, vanwege de praktische bezwaren die daaraan kleven. Drempeltjes lijken echter wel robuuster om afspoeling te verminderen. Sommige boeren onderzoeken de toepassing van drempeltjes in alle sporen, uitgezonderd die waar de selectiekar (of een ander werktuig) rijdt. De putjesrol wordt daarbij toegepast in de rijsporen. We adviseren deze werkwijze verder te ontwikkelen en te onderzoeken.
- Het verdient aanbeveling de putjesrol nogmaals de onderzoeken, waarbij de grond op een andere manier wordt losgemaakt. Bijvoorbeeld door het losmaken van de grond van de zijkant van de rug, in plaats van met een woeltand.



4. PROEVEN OP PERCEELSNIVEAU VOOR PRAKTIJKERVARING

Het onderdeel 'Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring' is erop gericht ervaring op te doen met maatregelen tegen afspoeling. In dit hoofdstuk beschrijven we de ervaringen van ondernemers die maatregelen hebben aangelegd. Op alle percelen zijn meetopstellingen geplaatst (zonder herhalingen), om een indicatie te geven van het volume dat afspoelt. De proeflocaties liggen verspreid over het oosten en westen van de Noordoostpolder en in Oostelijk Flevoland. In dit hoofdstuk beschrijven we de resultaten per gebied.

4.1 Proefopzet

In hoofdstuk 2 zijn alle onderzochte maatregelen beschreven evenals de meetmethode voor het meten van het volume dat afspoelt. Voor de 'Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring' zijn acht ondernemers gevonden die maatregelen wilden testen in de praktijk of meer zicht wilden krijgen op de afspoeling van hun perceel. Als eerste is bepaald of het perceel geschikt is voor een meting. Voor een betrouwbare meting is van belang dat we weten van welk deel van het perceel het afspoelende water afkomstig is (wat eenvoudiger is bij ruggen- of beddenteelt). Daarnaast moet een perceel zoveel mogelijk uniform zijn en moet een greppel kunnen worden getrokken om het afspoelende water op te vangen.

Samen met de agrarisch ondernemer en op basis van een hoogtekaart is bepaald welk deel van het perceel het meest geschikt is om de proef aan te leggen. Dit deel van het perceel is vervolgens in tweeën gedeeld, door in het midden een dijkje te leggen in de greppel die voor de ruggen of bedden langs ligt. Vervolgens is op één helft de maatregel aangelegd. Gedurende het teeltseizoen en na afloop daarvan, is met de ondernemer gesproken om zijn ervaring vast te leggen in een logboek. Ook observaties van de onderzoekers zijn vastgelegd in het logboek. In de winter van 2024/2025 zijn meetgegevens over het afspoelingsvolume geanalyseerd en besproken met de ondernemers.

In tabel 4.1 zijn de proeflocaties weergegeven, met de maatregelen die er zijn getest. In figuur 4.1 zijn de locaties weergegeven op een bodemkaart.

Tabel 4.1 Verschillende proefpercelen binnen deelonderzoek 'Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring' met locatie en grondsoort, per gebied (Oostelijk Flevoland (OFL), oostelijke Noordoostpolder (NOP oost) en westelijke Noordoostpolder (NOP west)).

Gebied	Locatie	Grondsoort	Gewas	Maatregel
OFL	Swifterbant, Beverweg	Zware zavel/ lichte klei	Witlof	Dubbele greppel
OFL	Swifterbant, Elandweg	Zware zavel/ lichte klei	Aardappel	Putjesrol
OFL	Swifterbant, Tarpanweg	Zware zavel/ lichte klei	Aardappel	Dubbele greppel
NOP oost	Kraggenburg, Zwartemeerweg	Lichte zavel	Ui	Putjesrol
NOP oost	Marknesse, Ettenlandseweg	Lichte zavel	Aardappel	Putjesrol
NOP oost	Marknesse, Vollenhoverweg	Lichte zavel	Peen	Putjesrol
NOP west	Creil, Noordermeerweg	Lichte zavel	Aardappel	Cascadegreppel
NOP west	Espel, Westermeerweg	Lichte zavel	Lelie	Putjesrol
NOP west	Rutten, Ruttensepad	Lichte zavel	Witlof	Putjesrol

4.2 Aanleg, verloop en resultaten

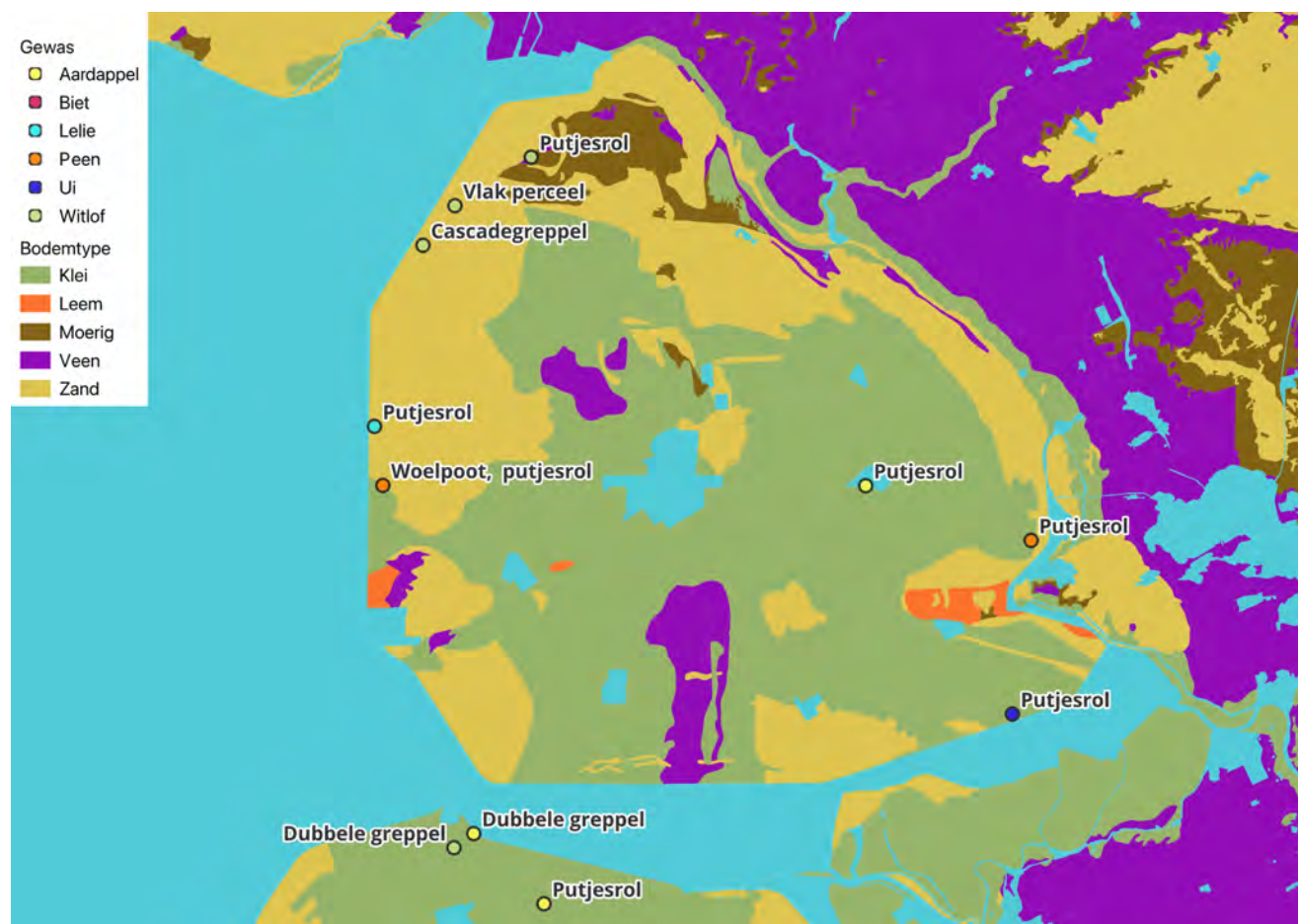
In deze paragraaf beschrijven we per gebied hoe de proeven zijn verlopen en wat de resultaten zijn.

4.2.1 Proeven in Oostelijk Flevoland op zware zavel/lichte klei

In Oostelijk Flevoland is op drie percelen een proef uitgevoerd.

Op 5 juli is de proef aan de Beverweg in Swifterbant aangelegd. In een perceel witlof is een dubbele greppel aangelegd. Het perceel loopt vrijwel in zijn geheel af richting de sloot waarbij op het laagste punt een debietmeter is geïnstalleerd. Zowel het gedeelte met de dubbele greppel als de controle waren ongeveer 1,4 ha groot en lagen tussen de spuitsporen in. De proef is

opgeruimd op 11 oktober. Door storing in de dataloggers zijn de resultaten niet verwerkt in deze rapportage. Uit de praktijkervaring blijkt dat de greppel het hele seizoen goed in stand is gebleven. Ook het talud is niet instabiel geworden door de greppels. De greppel groeide wel makkelijk dicht gedurende de proef. Het was niet zichtbaar dat er water in de greppel heeft gestaan.



Figuur 4.1 Locaties proefpercelen deelonderzoek 'Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring'. De stippen geven de proefpercelen aan op een bodemkaart. De kleur van de stippen geeft het gewas aan.

Op 5 juli is ook de proef aan de Tarpanweg in Swifterbant aangelegd. In een perceel aardappel is een dubbele greppel aangelegd (figuur 4.2). De afvoerbuis in de tweede greppel is deels afgedopt, om het water de tijd te geven te infiltreren en meer water te kunnen bufferen in de greppel. Het perceel loopt vrijwel in zijn geheel af richting de sloot, waarbij op het laagste punt een debietmeter is geïnstalleerd. Zowel het gedeelte met de dubbele greppel als

de controle waren ongeveer 0,5 ha groot en lagen tussen de spuitsporen in. De proef is opgeruimd op 17 oktober.



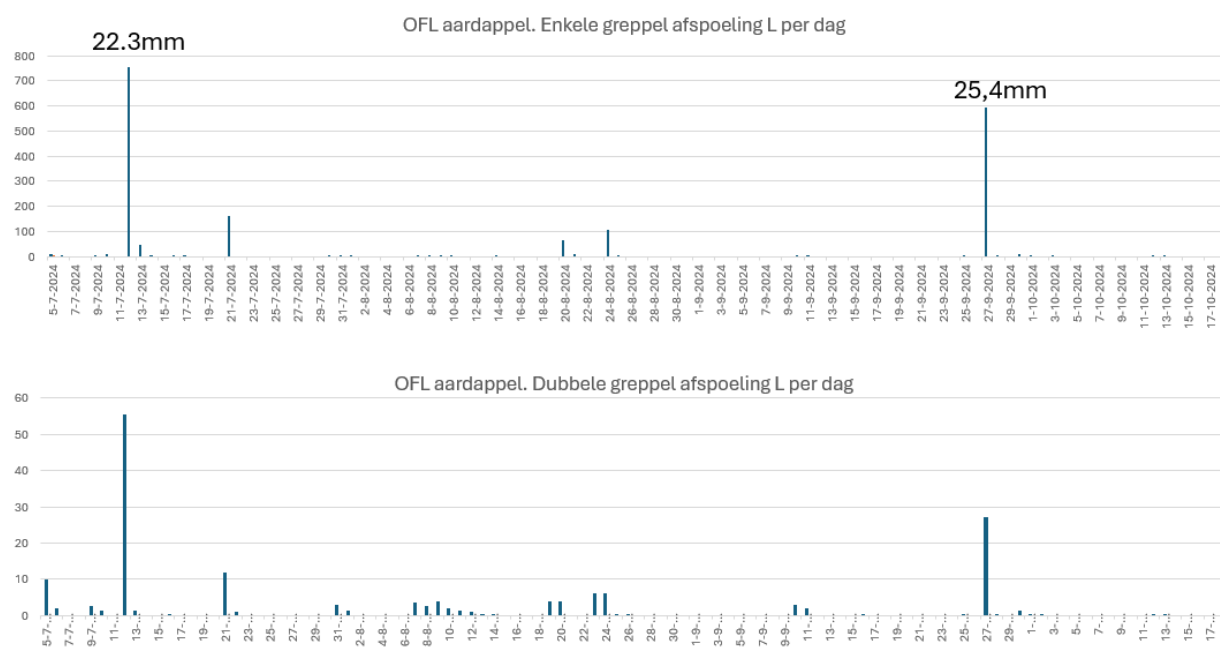
Figuur 4.2

De eerste greppel ligt tegen het gewas aan (links). Als de eerste greppel vol is, stroomt het water over het pad naar de tweede greppel, die langs de sloot ligt.

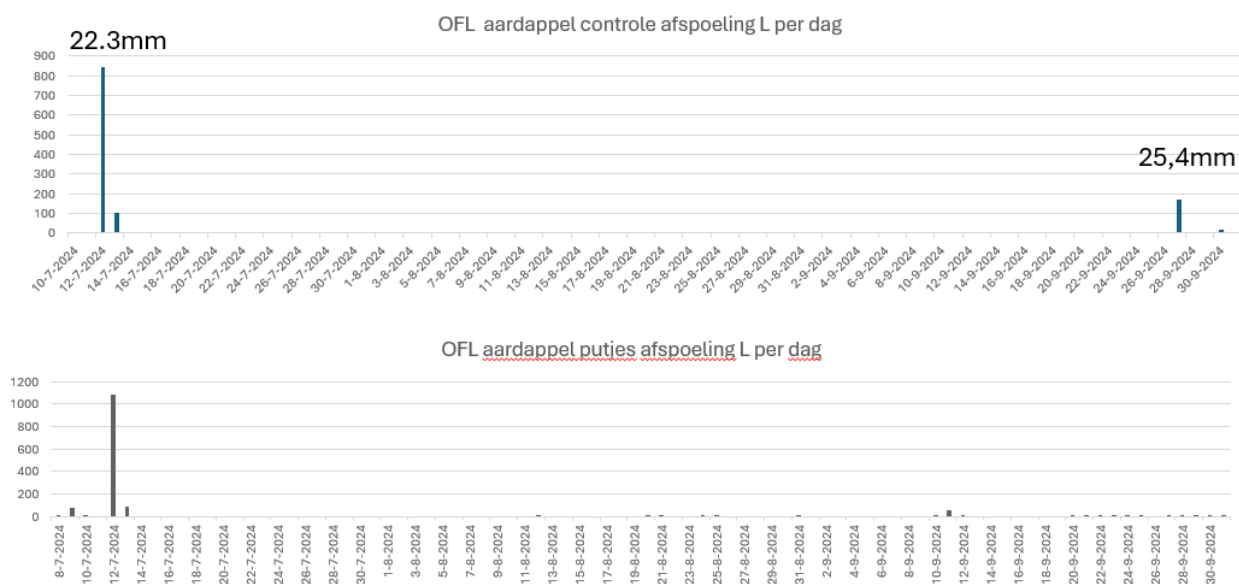
De resultaten (figuur 4.3) laten zien dat op dit perceel de dubbele greppel effectief is in het verminderen van afspoeling bij een normale bui. Bij een bui van 22,3 mm op 12 juli was de afspoeling bij de controle ongeveer 750 liter. De dubbele greppel heeft de afspoeling verminderd tot 55 liter. Bij een bui van 25,4 mm op 27 september heeft de dubbele greppel de afspoeling verminderd met ongeveer 570 liter. De greppels bleven gedurende het seizoen goed in stand. Op sommige plekken werd de greppel echter dichtgereden, waardoor deze weer vrij geschept moest worden.

Op 8 juli is de proef aan de Elandweg in Swifterbant aangelegd. In een perceel aardappel is de putjesrol aangelegd op een deel van het perceel. Zowel het gedeelte met de putjesrol als de controle waren ongeveer 0,2 ha groot en lagen tussen de spuitsporen in. De proef is opgeruimd op 30 september.

Bij toepassing van de putjesrol bleek dat extra gewicht op de rollen wenselijk was. Desondanks konden de putjes goed aangelegd worden. De resultaten laten zien dat in 2024 op dit perceel slechts op een paar momenten afspoeling is opgetreden (figuur 4.4). Bij een bui van 22,3 mm op 12 juli was de afspoeling bij de controle ongeveer 850 liter. Bij de putjesrol was de afspoeling ongeveer 1.100 liter. Bij een bui van 25,4 mm op 27 september was de afspoeling bij de controle ongeveer 150 liter, terwijl er bij de putjesrol nauwelijks afspoeling was.



Figuur 4.3 Hoeveelheid afspoeling bij de controle (enkele greppel, bovenaan) en dubbele greppel (onderaan). De cijfers boven de staafjes geven de hoeveelheid neerslag in mm aan. Let op: om de hoeveelheid afspoeling bij de dubbele greppel inzichtelijk te maken, zijn de y-assen van beide figuren verschillend.



Figuur 4.4 Hoeveelheid afspoeling bij de controle (bovenaan) en putjesrol (onderaan). De cijfers boven de staafjes geven de hoeveelheid neerslag in mm aan. Let op: de y-assen van beide figuren zijn verschillend.

4.2.2 Proeven in de oostelijke Noordoostpolder op lichte zavel

In het oostelijk deel van de Noordoostpolder is op drie percelen een proef op perseelsniveau voor praktijkervaring uitgevoerd.

Op 9 juli is de proef aan de Vollenhoverweg in Marknesse aangelegd. In een perceel peen is de putjesrol aangelegd op een deel van het perceel. Het perceel loopt vrijwel in zijn geheel af richting de tocht¹⁵, waar op het laagste punt een debietmeter is geïnstalleerd. Zowel het gedeelte met de putjesrol als de controle waren ongeveer 1,1 ha groot en lagen tussen de spuitsporen in. De proef is opgeruimd op 17 oktober. Door storing in de dataloggers zijn de meetresultaten niet verwerkt in deze rapportage. De ondernemer vond dat de putjes goed waren aangelegd. In de peenteelt was het onhandig dat er vrij laat in het seizoen nog aangeaard wordt, waardoor de putjes opnieuw aangelegd moeten worden. Bij praktijktoepassing kan de putjesrol daarom beter gecombineerd worden met het aanaarden.

Op 9 juli is de proef aan de Zwartemeerweg in Kraggenburg aangelegd. In een perceel zaaiui is de putjesrol aangelegd op een deel van het perceel (figuur 4.5). Het perceel loopt vrijwel in zijn geheel schuin af richting de tocht waar op het laagste punt een debietmeter is geïnstalleerd. Zowel het gedeelte met de putjesrol als de controle waren ongeveer 0,8 ha groot en lagen tussen de spuitsporen in. De proef is opgeruimd op 4 oktober. Door storing in de dataloggers zijn de resultaten niet verwerkt in deze rapportage. De ondernemer gaf aan dat door het rijden met de spotsprayer de putjes -op het oog- snel verdwenen.



Figuur 4.5

Toepassing van de putjesrol in de zaaiuien.

Op 9 juli is de proef aan de Ettenlandseweg in Marknesse aangelegd. In een perceel aardappel is de putjesrol aangelegd op een deel van het perceel. Het perceel loopt vrijwel in zijn geheel af richting de tocht, waar op het laagste punt een debietmeter is geïnstalleerd. Na aanleg bleek het niet mogelijk om een buis onder het kavelpad door te leggen bij het controleveld. Daardoor kon

¹⁵ Tocht: een waterloop in de provincie Flevoland.

alleen de afspoeling bij de putjesrol gemeten worden. Er is ongeveer 100 liter afspoeling geregistreerd op 24 augustus en 6 september. Op 24 augustus is een bui gevallen van 21 mm.

4.2.3 Proeven in de westelijke Noordoostpolder op lichte zavel

In het westelijke deel van de Noordoostpolder is op drie percelen een proef op perceelsniveau voor praktijkervaring uitgevoerd.

Op 12 april 2024 is een proef met de putjesrol aangelegd op een perceel lelies in Creil. Het voorste deel (22 bedden, 33 meter breed) werd gangbaar behandeld en op het achterste deel (23 bedden, 34,5 meter breed) werd de putjesrol toegepast. Het perceel ligt bol, waardoor het water vanuit het midden over een lengte van 135 meter naar de greppel stroomt. De proefvelden waren (33×135) 4.455 m² en $(34,5 \times 135)$ 4.658 m² groot. Het proefveld met de putjesrol was dus een kleine 5% groter dan het controleveld. In beide proefvelden ligt één spuitpad (zie links in figuur 4.6). De proef is opgeruimd op 22 november 2024.



Figuur 4.6 Aanleg van de putjes tussen de leliebedden (links) en de putjes kort na het aanbrengen (rechts).

Het aanleggen van de putjes ging beter toen er een gewicht bovenop de rollen was geplaatst. Een hogere rijnsnelheid geeft een beter resultaat bij het aanleggen. De ondernemer gaf in september aan dat het patroon vrij lang zichtbaar was geweest en dat zijn lelies er duidelijk zichtbaar beter bij stonden op het proefveld met de putjesrol. Hij gaf aan dat waarschijnlijk de kunstmest beter is blijven liggen. De ondernemer zou met een bredere putjesrol willen werken, omdat nu bij heel veel regen juist een smal gootje ontstaat in het wat bredere rijspoor. Ook zouden bredere putjes minder knikkende enkels veroorzaken bij medewerkers die door het gewas moeten lopen.

In totaal is gedurende de proef 10.000 – 11.000 liter water afgespoeld (tabel 4.2). In april spoelde meer water af bij de putjesrol, in mei is er nauwelijks verschil. Daarna is het beeld wisselend. In juli was de afspoeling bij de controle iets hoger. In augustus en september was de afspoeling bij de putjesrol hoger. In oktober weer bij de controle.

Omdat het proefveld met putjesrol een kleine 5% groter was kan een klein verschil daardoor verklaard worden. In mei is het verschil kleiner dan 5%.

Tabel 4.2 Afspoeling per maand bij de controle en putjesrol in lelies. Bij een verschil groter dan 50 liter is het proefveld met de grootste afspoeling rood gemarkeerd.

Maand	Afspoeling controle (l)	Afspoeling putjesrol (l)
apr	672	864,5
mei	1567	1588,5
jun	22	6
jul	1289,5	1178,5
aug	1059	1426
sep	5382	5780
okt	317,5	12,5
nov	0,5	0,5
Eindtotaal	10309,5	10856,5

Op woensdag 19 juni 2024 is een proef met een cascadegreppel aangelegd op een perceel aardappel in Creil. Twee greppels die onderling verbonden zijn vormen een cascadegreppel. De tweede greppel lag langs de slootkant en was via een buis onder het pad (diameter 125 mm) verbonden met de eerste greppel die langs de ruggen lag. Water kon uit de tweede greppel naar de sloot lopen, via een overloop die 15 cm boven de bodem van de greppel lag. Op deze manier is de (infiltratie)capaciteit van beide greppels optimaal benut. De tweede greppel moest relatief diep gemaakt worden om voldoende verloop te verkrijgen (figuur 4.7). De proefvelden waren 40 ruggen (30 m) breed. Het perceel ligt bol, waardoor het water vanuit het midden over een lengte van 135 m naar de greppel stroomt. De proefvelden waren (30*135) 4.050m² groot. Een deel van het perceel is geoogst rond 25 september. De proef is opgeruimd op 30 september 2024.



Figuur 4.7 De greppels zijn aangelegd met een schuif die is uitgerust met een schijf (links). De schijf werkt de grond omhoog, die vervolgens door de schuif over het pad wordt verdeeld. Links van het pad ligt al een greppel. De tweede greppel is aangelegd langs de sloot (rechts).

De cascadegreppel was volgens de ondernemer werkbaar in de praktijk. Wel dragen collega's aan dat op veel percelen de slootkant instabiel zou worden en vraagt men zich af of persistente middelen zich kunnen ophopen in de bodem. De consensus is wel dat maatregelen op het perceel de voorkeur hebben. De hoeveelheid afspoeling (tabel 4.3) op dit perceel is zeer beperkt in vergelijking met andere percelen in het gebied. Mogelijk zijn grote buien net langs het perceel getrokken. De ondernemer gaf ook aan dat het perceel vrij vlak is gekilverd.

De afspoeling was in juni ongeveer gelijk en in juli, augustus en september consistent minder bij de cascadegreppel, in vergelijking met de controle. De beperkte hoeveelheid afspoeling kon goed opgevangen en geïnfiltreerd worden in de cascadegreppel.

Tabel 4.3 Afspoeling per maand bij de controle en cascadegreppel bij een perceel aardappel. Bij een verschil groter dan 50 liter is het proefveld met de grootste afspoeling rood gemarkeerd.

Maand	Afspoeling controle (l)	Afspoeling cascadegreppel (l)
apr	10,5	11
mei	61	3
jun	109	38,5
jul	58,5	2,5
aug	239	56

Overigens is op 27 september, na de oogst van een deel van het perceel, zo'n 700 l afgespoeld van het proefveld, dat nog intact was. Deze meting is buiten de resultaten in tabel 4.3 gehouden, omdat nog maar één proefveld aanwezig was.

Op 8 augustus 2024 is een proef met de putjesrol aangelegd op een perceel witlof in Rutten. Ongeveer zes weken na het zaaien zijn de witlofruggen geschoffeld. Een aantal weken later zijn de ruggen aangeaard. Daarna is de putjesrol toegepast. Een deel van 54 ruggen breed (27 m) is gangbaar behandeld. Op het naastgelegen deel van 56 ruggen breed (28 m) zijn putjes aangebracht. Het perceel ligt bol, waardoor het water vanuit het midden over een lengte van 100 meter naar de greppel stroomt. De proefvelden waren (27*100) 2.700 m² en (28*100) 2.800 m² groot. Het proefveld met de putjesrol was dus een kleine 4% groter dan het controleveld. In beide proefvelden lag één spuitspoor. Omdat het werktuig vijf putjesrollen heeft op een werkbreedte van 3 m is steeds één spoor tussen de witlofruggen niet bewerkt (Figuur 4.8). Witlof wordt namelijk op kleine ruggen van 50 cm breed geteeld, in tegenstelling tot peen en aardappelen die op ruggen van 75 cm breed worden geteeld. Op 22 november 2024 is de proef opgeruimd.



Figuur 4.8 De putjes worden aangebracht tussen de witlofruggen (links). De putjes kort na aanbrengen (midden) en het spuitspoor (rechts).

Het toepassen van de putjesrol heeft geen problemen opgeleverd in de witlofteelt. De verschillende bewerkingen (schoffelen en aanaarden) hebben ervoor gezorgd dat de putjesrol vrij laat in het seizoen is toegepast. De bewerkingen zouden namelijk de aangebrachte putjes verwijderen. Juist in het begin van de teelt worden herbiciden toegepast. De putjesrol kan daarom beter eerder in de teelt worden toegepast, gecombineerd met de andere bewerkingen.

De afspoeling (tabel 4.4.) was op het deel dat met de putjesrol behandeld is consistent lager dan de controle. Waarschijnlijk hebben de drogere omstandigheden tijdens het toepassen van de putjesrol in augustus voorkomen dat de bodemstructuur verslechterde, waardoor de putjesrol zijn werk kon doen.

Tabel 4.4 Afspoeling per maand bij de controle en putjesrol op een perceel witlof.

Maand	Afspoeling controle (l)	Afspoeling putjesrol (l)
aug	187	8,5
sep	7244,5	5005,5
okt	694	392,5
Eindtotaal	8125,5	5406,5

4.3 Conclusie en discussie

4.3.1 Conclusies

- Op 9 verschillende percelen is ervaring opgedaan met maatregelen om afspoeling te beperken. Door storingen in de dataloggers die de meetgegevens vastleggen, is een deel van de gegevens helaas verloren gegaan. Dit onderstreept het belang van het regelmatig testen en onderhouden van de meetopstelling.
- Op drie percelen is ervaring opgedaan met een dubbele greppel of cascadegreppel. In alle gevallen bleek de opzet werkbaar en inpasbaar in de teelt. Waar afspoeling gemeten is, bleek die lager te zijn dan bij een enkele greppel, zowel op de zware zavel in Oostelijk Flevoland als op de lichte zavel in het westen van de Noordoostpolder. Op beide percelen was de afspoeling sowieso vrij beperkt, waardoor het bergend vermogen van de greppels voldoende bleek te zijn. Deze maatregel kan worden aanbevolen, zeker op percelen met beperkte afspoeling. De maatregel kan tevens gecombineerd worden met een bufferstrook die voor extra buffering zal zorgen.

- De putjesrol is op vijf percelen beproefd. De putjes leveren vrijwel geen belemmering op in de teelt. Wel vergt de inpassing met andere werkzaamheden aandacht. Zo moet de rol na - of tegelijk met - aanaarden worden toegepast, en kunnen de putjes kapotgereden worden door een spotsprayer. Verschillende gebruikers geven aan dat extra gewicht op de rollen de putjes kunnen verbeteren. Het effect daarvan op de bodemkwaliteit is echter onduidelijk. Een ondernemer zag dat de kunstmest beter bleef liggen in de lelieteelt. In teelten op bedden, zoals de lelieteelt, kan een bredere putjesrol worden toegepast. De meetresultaten waren wisselend bij de putjesrol. In een perceel spoelde meer af, en bij lelies wisselden de verhoudingen tijdens het seizoen. In witlof was er juist consistent minder afspoeling.
- De afspoeling verschilde in 2024 sterk van perceel tot perceel, ook binnen een gebied.

4.3.2 Discussie

- De putjesrol laat qua afspoeling een wisselend beeld zien. De rol zelf en de wijze van toepassing moet daarom nog verder onderzocht en ontwikkeld worden. Kansrijk is het combineren van de bewerking met andere bewerkingen, zodat een extra werkgang niet nodig is. Zo mogelijk kan de losse grond van het frezen of schoffelen gebruikt worden om de putjes in te drukken, in plaats van het woeltandje te gebruiken voor het losmaken van de grond. In beddenteelten kan een bredere rol gebruikt worden.



5. EFFECT VAN MAATREGELEN OP GEWASOPBRENGST

In dit hoofdstuk zijn de relevantie, proefopzet, proef-, perceel- en teeltgegevens, monitoring, resultaten en conclusies van onderzoeks-onderdeel drie toegelicht. Er wordt antwoord gegeven op de vraag: “Wat is het effect van de onderzochte maatregelen op de gewasopbrengst?”

5.1 Achtergrondinformatie en relevantie

Voor de praktijk is het van belang dat maatregelen die effectief zijn tegen afspoelingsemissie ook goed toepasbaar zijn. Het is daarbij van belang dat de maatregel kostenefficiënt is. De maatregel mag dus niet ten koste gaan van de opbrengst. In dit deel van het onderzoek kijken we naar het effect van verschillende maatregelen op de opbrengst.

5.2 Proefopzet

Dit onderdeel is uitgevoerd op twee locaties (figuur 5.1, zie cirkels):

- Op een perceel matig lichte zavel aan de Beverweg te Swifterbant met pootaardappelen.
- Op een perceel met lichte zavel aan de Westermeerweg te Espel met B-peen.

In tabel 5.1 zijn de maatregelen weergegeven die op het proefperceel met pootaardappel (OFL) en peen (NOP) zijn aangelegd.

In tabel 5.1 is te zien dat een verlaagde stikstofgift op object B bij de pootaardappelen in de proef is opgenomen. Dit object is toegevoegd ter vergelijking met andere objecten in een andere proef, maar is ter vergelijking met het object J, haver, ook interessant om in deze proef mee te nemen. Het resultaat van object B kan namelijk een indicatie geven of object J een stikstofgebrek had of niet.



Figuur 5.1 Ligging van de proefpercelen voor deelonderzoek 'Effect van maatregelen op gewasopbrengst', met rood omcirkeld.

Tabel 5.1: Per locatie werden de onderstaande objecten aangelegd

Behandeling	Details	Poot aardappel	B-peen
Standaard	Als praktijk	A	A
Verlaagd N	54 kg/ha N i.p.v. 96 kg/ha N	B	n.v.t.
Woeltand	Bij ruggen frezen	n.v.t.	B
Haver tussezaai	60 kg/ha na ruggen frezen	J	n.v.t.
Haver tussezaai	30 kg/ha N voor ruggenfrezen en 60 kg/ha N na ruggen frezen	K	n.v.t.
Haver tussezaai	60 kg/ha N voor ruggenfrezen en 60 kg/ha N na ruggen frezen	L	n.v.t.
Putjesrol	Na ruggen frezen	n.v.t.	C
Verruwen rug	Voor sluiten gewas	M	n.v.t.

5.3 Proef-, perceel- en teeltgegevens

In de pootaardappelpercelen waren de objecten een onderdeel van een grotere proef. De activiteiten voor deze specifieke objecten zijn in tabel 5.2 bij elkaar gezet. In de B-peen waren drie objecten met zes herhalingen aangelegd voor de andere onderzoeksonderdelen. De activiteiten voor de B-peenproef zijn in tabel 5.3 vermeld.

Tabel 5.2: Overzicht uitvoering proef-, perceels- en teeltgegevens pootaardappelen

Activiteit	Datum
Poten Spunta (E 35/55) op 14 cm	14-5-2024
Ruggen frezen	14-5-2024
Haver zaaien	7-6-2024
Schoffelen – aanaarden object M	-
Op objecten met haver doodspuiten met Focus Plus	8-7-2024
Loof doodspuiten	19-8-2024
Loof klappen	30-8-2024
Oogst	18-9-2024

In tabel 5.2 is te zien dat geen datum is ingevuld voor het schoffelen – aanaarden. Deze machines waren op het toepassingsmoment voor de aardappelen bezet door de aanleg van peenvelden. Hierdoor was deze praktijktoepassing niet haalbaar.

Tabel 5.3: Overzicht uitvoering proef-, perceels- en teeltgegevens B-peen

Activiteit	Datum
Eerste waarnemingen gewasstand	29-7-2024
Laatste waarnemingen gewasstand	8-10-2024
Oogst	25-10-2024
Sorteren	Na de oogst

5.4 Groeiseizoen pootaardappelen

De aardappelen van het ras Spunta (E 35/55) werden na een natte periode gepoot op 14 mei op een afstand van 14 cm. Vanwege de vele neerslag in het voorjaar kon pas midden mei begonnen worden met de aanleg van de proef.

5.5 Resultaten poot aardappelen

5.5.1 Gewaswaarnemingen

De visuele gewaswaarnemingen op verschillende tijdstippen (tabel 5.4) vertoonden op alle onderdelen overeenkomst.

Tabel 5.4: Gewasstand op 17 juli (8 = hoog, donkergroen en grondbedekkend, 6 = laag, licht groen en open plekken), aantal stengels per strekkende meter met een niveau van significantie bij 0,05.

	Gewasstand 17 juli	Aantal stengels
A. Standaard	7,8	30
B. Standaard laag N	7,2	30
J. Haver (60 na frezen)	7,3	29
K. Haver (30 voor en 60 na frezen)	7,0	29
L. Haver (60 voor en 60 na frezen)	8,0	28
M. Verruwen rug	7,5	25
F-prob (hele proef)	0,074	0,347
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	0,8	4,092
VC (hele proef)	7	10

Tabel 5.5: Opbrengst in ton/ha per sorteringsklasse en voor het totaal.

	< 28	28-35	35-45	45-50	50-55	> 55	28-55	Uitval	Totaal
A. Standaard	0,22	0,99	3,59	3,36	5,40	29,7a	13,3	3,30	43,2ab
B. Standaard laag N	0,14	0,91	3,59	3,47	5,96	29,6a	13,9	2,50	43,7ab
J. Haver (60 na frezen)	0,19	0,91	3,44	4,10	6,26	24,4a	14,7	2,74	39,3ab
K. Haver (30 voor en 60 na frezen)	0,15	0,83	3,83	3,92	5,46	26,4a	14,0	2,21	40,6ab
L. Haver (60 voor en 60 na frezen)	0,20	0,89	3,37	3,74	5,60	32,34a	13,6	2,35	46,1 b
M. Verruwen rug	0,15	0,94	3,36	3,29	5,97	25,3a	13,6	2,32	39,0ab
F-prob (hele proef)	0,601	0,676	0,164	0,200	0,977	0,010	0,589	0,463	0,003
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	0,072	0,216	0,709	0,818	1,271	4,994	1,854	1,110	4,713
VC (hele proef)	28	17	14	16	16	13	10	31	8

5.5.2 Opbrengst

De resultaten van opbrengst en sortering zijn weergegeven in de tabellen 5.5 t/m 5.7. Tabel 5.5, de opbrengst in ton/ha, toont aan dat geen betrouwbaar statistische verschillen tussen objecten tegen afspoelingsemissie zijn gevonden. Er is ook geen betrouwbaar statistisch verschil gevonden in het totaal aantal knollen in de objecten tegen afspoeling. Ook het percentage van de gemiddelde sorteringsmaat is voor alle objecten tegen afspoeling betrouwbaar statistisch niet verschillend.

Tabel 5.6: Aantal knollen per m² per sorteringsklasse en voor het totaal.

	< 28	28-35	35-45	45-50	50-55	> 55	28-55	Uitval	Totaal
A. Standaard	1,50	3,33	5,96	3,21	3,81	11,1ab	16,3	1,52	30,5abc
B. Standaard laag N	1,04	3,17	5,69	3,25	4,15	11,6ab	16,3	1,48	30,4abc
J. Haver (60 na frezen)	1,23	3,19	5,56	3,85	4,31	9,94ab	16,9	1,54	29,6abc
K. Haver (30 voor en 60 na frezen)	1,17	2,96	6,29	3,88	3,96	10,9ab	17,1	1,92	31,1 bc
L. Haver (60 voor en 60 na frezen)	1,48	3,25	5,75	3,65	3,96	12,3 b	16,6	1,69	32,1 c
M. Verruwen rug	1,04	3,40	5,62	3,21	4,27	9,90ab	16,5	1,63	29,1 abc
F-prob (hele proef)	0,734	0,812	0,218	0,081	0,991	0,016	0,490	0,688	0,002
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	0,548	0,759	1,12	0,744	0,881	1,708	1,980	0,660	2,043
VC (hele proef)	29	17	14	15	15	11	9	28	5

5.5.3 Discussie en conclusie

Alhoewel de objecten K en L haver extra stikstof hebben gehad, zijn er geen betrouwbaar statistische verschillen in de opbrengst tussen alle objecten tegen afspoelingsemissie gemeten. Object J, met haver, had ook geen lagere opbrengst zoals in 2023 door het eerder doodspuiten van alle haverobjecten.

Tabel 5.7: Percentage knollen per sorteringsklasse en gemiddelde sorteringsmaat (mm).

	< 28	28-35	35-45	45-50	50-55	> 55	SORT
A. Standaard	4,86	10,9	19,4	10,6	12,6	4,86	46,9
B. Standaard laag N	3,46	10,4	18,8	10,7	13,6	3,46	47,7
J. Haver (60 na frezen)	4,12	10,8	18,8	13,0	14,5	4,12	46,7
K. Haver (30 voor en 60 na frezen)	3,74	9,50	20,2	12,5	12,7	3,74	46,6
L. Haver (60 voor en 60 na frezen)	4,61	10,2	17,9	11,3	12,3	4,61	47,3
M. Verruwen rug	3,58	11,70	19,3	11,0	14,8	3,58	46,6
F-prob (hele proef)	0,658	0,836	0,579	0,059	0,756	0,658	0,310
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	1,775	2,539	3,301	2,163	2,952	1,775	1,837
VC (hele proef)	28	17	12	13	16	28	3

5.6 Resultaten B-peen

5.6.1 Gewaswaarnemingen

Tijdens het groeiseizoen zijn meerdere waarnemingen uitgevoerd, hierbij is de gewasstand van alle veldjes beoordeeld. Deze waarnemingen zijn één keer in de twee weken gedaan. In totaal zijn zeven waarnemingen uitgevoerd (tabel 5.8). Wat opvalt uit de eerste waarneming op 29-07 is dat de peen homogeen is opgekomen. Daarnaast is te zien dat gedurende het seizoen visueel geen verschillen in het gewas werden waargenomen. Alle veldjes scoorden een 8 tot en met de laatste waarneming op 8-10 (tabel 5.8). Dit resultaat geeft aan dat de strategieën om afspoeling te verminderen, het toepassen van de woeltand en putjesrol, geen effect hebben gehad op de ontwikkeling van de peen in het veld (figuur 5.2).

Tabel 5.8: Gemiddelde gewasstand per object op acht waarnemingsmomenten (9 goed – 1 slecht).

Object	Omschrijving	29-07	12-08	19-08	27-08	09-09	23-09	08-10
A	Onbehandeld	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
B	Woeltand	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
C	Putjesrol	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0



Figuur 5.2 Van links naar rechts: onbehandeld, woeltand en putjesrol.
Deze B-penen zijn op het veld vastgelegd op 9-9-2024.

5.6.2 Bodemstructuur peen

In het seizoen is ook tussen de peen ruggen naar de grondstructuur gekeken. Op de waarneming van 29-07 was de grond licht vochtig. Bij de behandeling met de putjesrol bleef het vocht langer aanwezig in de gevormde putjes (figuur 5.3). Dit is te zien aan de donkerder gekleurde delen. Dit is niet waargenomen bij het onbehandelde object of bij het object met de woeltand. Alhoewel het op de waarneming van 12-08 te droog was om verschillen te zien, waren alle behandelingen nog zichtbaar in de grond. Vanaf de waarnemingen van 19-08 werden er -op het oog- geen verschillen meer waargenomen in de grondstructuur. Wat niet wil zeggen dat het effect van de maatregelen ook is verdwenen.



Figuur 5.3 Van links naar rechts: onbehandeld, woeltand en putjesrol.
Deze objecten zijn vastgelegd op 29-7-2024.

5.6.3 Gewasopbrengst peen

Op 25 oktober werd de peen geoogst. Van elke behandeling werd 1 m gerooid en vervolgens werden de opbrengst, kwaliteit en maatsortering bepaald. Bij de sortering werd de peen ingedeeld in de volgende klassen: < 20 mm, 20-40 mm, > 40 mm, tarra¹⁶ (figuur 5.4) en totaal. Hierbij zijn zowel het aantal penen als het gewicht per klasse bepaald (tabellen 5.9 en 5.10). De oogstmetingen zijn op verzoek van de ondernemer niet in herhalingen uitgevoerd, maar als steekproef. De resultaten in de tabellen 5.9 en 5.10 zijn daarom alleen indicatief.



Figuur 5.4 voorbeelden van Tarra

Op basis van de metingen over verschillende jaren, in combinatie met gewaswaarnemingen, kan worden gezegd dat de inzet van de woeltand en de putjesrol geen negatieve invloed hebben gehad op de opbrengst, maatsortering en kwaliteit van de peen in deze proef.

Tabel 5.9: Gemiddeld aantal penen per meter voor elk object in de klassen: < 20 mm, 20-40 mm, > 40 mm, tarra en het totaal aantal bepaald na de oogst.

Object	Omschrijving	<20 mm	20-40 mm	>40 mm	Tarra	Totaal
A	Onbehandeld	14	76	1	9	100
B	Woeltand	25	81	2	17	125
C	Putjesrol	9	84	2	11	106

¹⁶ Tarra: peen die niet bruikbaar is voor de verkoop.

Tabel 5.10: Gemiddeld gewicht in kg per meter voor elk object in de klassen: < 20 mm, 20-40 mm, > 40 mm, tarra en het totaal aantal penen bepaald na de oogst.

Object	Omschrijving	<20 mm	20-40 mm	>40 mm	Tarra	Totaal
A	Onbehandeld	0,5	6,6	0,3	0,6	8
B	Woeltand	0,8	7,4	0,7	0,9	9,8
C	Putjesrol	0,3	8,2	0,5	0,6	9,6

5.6.4 Discussie en conclusie

In deze proef zijn geen verschillen gevonden in gewasstand, opbrengst en kwaliteit tussen de objecten. Dit resultaat geeft aan dat geen enkele maatregel om afspoeling te verminderen, een negatief effect heeft gehad op de peenteelt in deze proef.



6. DYNAMIEK VAN AFSPOELING

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag wat bepalend is voor de concentratie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (gbm) in oppervlakkig afspoelend water. Er wordt onderzocht of maatregelen de concentratie aan middelen verminderen en of sprake is van een first flush. De gemeten concentraties van stoffen worden vergeleken met het spuitregime. Daarnaast onderzoeken we in dit deelonderzoek de dynamiek van afspoeling. Welke buien zorgen voor afspoeling en hoeveel water infiltreert in de grond? In dit hoofdstuk wordt het deelonderzoek ‘Dynamiek van afspoeling’ beschreven.

6.1 Achtergrondinformatie en relevantie

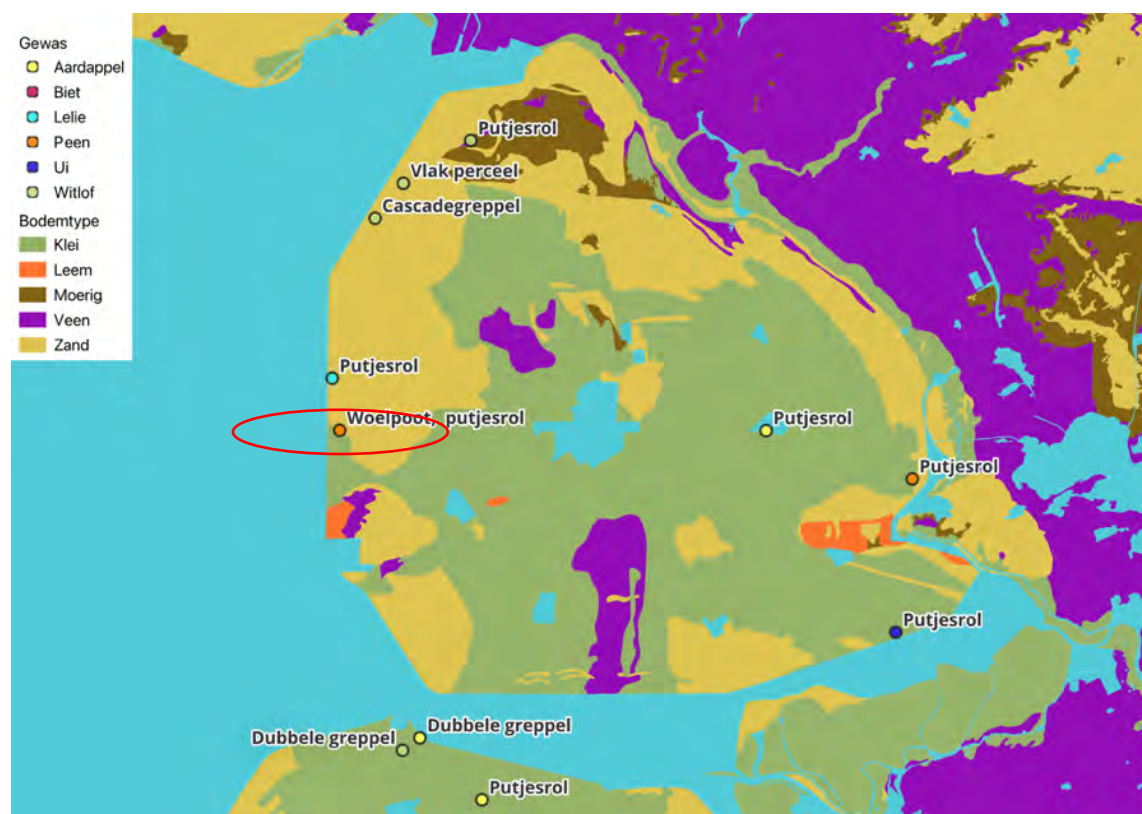
Uit de afspoelingsproeven van 2021, 2022 en 2023 bleek na elke meting dat het afspoelende water gewasbeschermingsmiddelen (gbm) en nutriënten bevatte. De concentraties per afstromingsevent verschilden sterk. Ook de vracht (concentratie x aantal liter) die in de sloot terechtkwam was wisselend. Soms was het verschil in concentratie duidelijk te relateren aan een bespuiting, in andere gevallen was dat niet zo.

Er zijn aanwijzingen (Folkersma e.a., 2023) dat de concentratie nutriënten en GBM in de eerste liters die afspoelen hoger is dan in de liters die later afspoelen (de zogenaamde *first flush*, zie ook paragraaf 2.8). Als we meer zicht op dit proces krijgen, kunnen maatregelen gericht genomen worden. Als de hoogste concentraties inderdaad in de eerste liters afspoelend water voorkomen, kan het voldoende zijn alleen deze first flush af te vangen.

6.2 Proefopzet

Dit deelonderzoek is op dezelfde lichte zavelgrond uitgevoerd als het deelonderzoek ‘Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd’ (figuur 6.1). In het westelijk deel van de Noordoostpolder.

De metingen zijn uitgevoerd bij de zes herhalingen van de controle en putjesrol. Door de langere verblijftijd van het water als het door de putjes wordt vastgehouden kan extra afbraak van gewasbeschermingsmiddelen optreden. Een andere optie is dat het water juist meer gbm bevat, omdat het langer met de bodem in contact is. Zoals eerder genoemd, is op deze proefvelden de gangbare landbouw-praktijk uitgevoerd van (grond)bewerkingen, bemestingen en bespuitingen.



Figuur 6.1 Locatie van deelonderzoek 'Dynamiek van afspoeling', aangegeven met een rode omcirkeling op de bodemkaart.

6.3 Monitoring

In dit deelonderzoek hebben we de waterkwaliteit gemonitord en de spuit- en bemestingsregistratie van de betreffende ondernemer opgevraagd.

6.3.1 Waterkwaliteit

Om de waterkwaliteit van het afspoelende water te kunnen meten, hebben we gebruik gemaakt van de proefopstelling zoals aangelegd voor de statistische proef (beschreven in paragraaf 3.2. De opstelling voor deze proef is vervolgens uitgebreid: er is een goot onder één kant van de debietmeter

gemonteerd. Aan de onderkant van deze goot zijn 3 flessen vastgemaakt (figuur 6.2). Tussen de onderkant van de goot en de opening van de fles is een systeem ingebouwd dat de fles afsluit als die vol is. Hierdoor wordt verdere vermenging met later afspoelend water voorkomen. Door de goot gedeeltelijk onder de afvoer van de debietmeter te plaatsen, kon van elke 20 liter water een mengmonster genomen worden. De eerste fles wordt grofweg gevuld met een mengmonster van de eerste 20 liter die afstroomt. De tweede fles wordt gevuld met een mengmonster van grofweg de 20^e tot 40^e liter die afspoelt. En de derde fles bevat een mengmonster van grofweg de 40^e tot 60^e liter afspoeling.

Elk watermonster is geanalyseerd op de concentratie van nutriënten en gbm. Deze analyse is uitgevoerd door Groen Agro Control (Screening GC-MSMS + LC-MSMS¹⁷).



Figuur 6.2: Meetopstelling om afspoelend water vanuit de debietmeter op te vangen in een drietal monsternameflessen.

6.3.2 Neerslag

Om de relatie tussen afspoeling en de intensiteit en grootte van een bui te kunnen onderzoeken, hebben we gebruik gemaakt van een elektronische regenmeter van Sencrop (figuur 6.3). Deze regenmeter meet de hoeveelheid

¹⁷ Analyselijst water GC-MSMS + LC-MSMS: <https://agrocontrol.nl/wp-content/uploads/2022/09/Water-analyselijst-versie-5-NL.pdf>



regen die op het proefperceel is gevallen en slaat deze gegevens in een online dashboard op. De hoeveelheid afspoelend water is gemeten zoals beschreven in hoofdstuk 3.

Figuur 6.3
Elektronische regenmeter in de proefopstelling

6.3.3 Smit- en bemestingsregistratie

Van het proefperceel zijn de spuit- en bemestingsregistratie opgevraagd. Hierin heeft de ondernemer bijgehouden op welke datum hij een bemesting of bespuiting heeft uitgevoerd. Ook de dosering en de naam van het middel is opgevraagd.

6.4 Resultaten

6.4.1 Neerslag

Om een goed beeld te krijgen van de dynamiek van afspoeling, presenteren we in tabel 6.1 alle buien en beregelingen tijdens het teeltseizoen. In de tabel staat van elke bui de neerslaghoeveelheid, de maximale intensiteit (in mm per 15 minuten), de gemiddelde afspoeling per proefveld (van de controlevelden) en het percentage van de neerslag dat afgespoeld is. De duur van een bui is gebaseerd op de neerslagdata van de weerpaal, gecombineerd met de afspoeling. Om de bui consequent aan afspoeling te kunnen koppelen, definiëren we het einde van de bui als de afspoeling stopt. Dat is ongeveer een uur nadat de bui is afgelopen. In paragraaf 2.5 is de definitie van een bui beschreven zoals we die in dit onderzoek hanteren.

In 2024 is twee keer beregend, één keer in de nacht van 31 juli op 1 augustus en één keer op 7 september. Voor de berekening werd het slootpeil hoog gezet, waardoor de debietmeters onder water stonden. Daardoor kon de afspoeling als gevolg van de berekening niet gemeten worden.

Tabel 6.1 Alle gemeten buien met meer dan 10 l afspoeling op het proefperceel. Weergegeven zijn de start- en eindtijd en de duur van de bui, de totale hoeveelheid neerslag, de maximale intensiteit, de gemiddelde afspoeling (gemiddelde van 6 proefvelden van 3 * 144 meter) en het gemiddelde percentage afgespoeld water ten opzichte van de neerslag op een proefveld.

Bui nummer	Start	Einde	Duur (uu:mm)	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)	Gemiddelde afspoeling (l)	gemiddeld % afgespoeld
0 *	12-07-24 14:00	13-07-24 13:30	23:30	23	?	767,0	7,9%
1	21-07-24 11:45	21-07-24 13:15	1:30	3,55	1,02	0,0	0,0%
2	26-07-24 4:30	26-07-24 7:30	3:00	2,55	0,51	0,0	0,0%
berekening	1-08-24 0:45	1-08-24 5:15	4:30	6,86	3,05		
3	9-08-24 2:00	9-08-24 7:45	5:45	2,78	0,76	0,0	0,0%
4	14-08-24 14:15	14-08-24 20:00	5:45	8,63	3,05	0,0	0,0%
5	16-08-24 6:30	16-08-24 13:00	6:30	8,36	1,52	0,2	0,0%
6	20-08-24 13:30	20-08-24 23:45	10:15	15,5	2,29	0,3	0,0%
7	24-08-24 9:00	24-08-24 9:45	0:45	2,28	0,76	0,0	0,0%
8	24-08-24 18:15	25-08-24 2:30	8:15	9,39	4,57	1,1	0,0%
9	2-09-24 21:30	2-09-24 21:45	0:15	3,81	3,56	0,0	0,0%
10	3-09-24 20:45	4-09-24 4:15	7:30	6,61	3,05	0,0	0,0%
11	6-09-24 18:30	7-09-24 0:15	5:45	3,56	1,02	0,0	0,0%
berekening	7-09-24 15:00	7-09-24 18:00	3:00	8,63	4,57		
13	10-09-24 15:15	12-09-24 2:15	11:00	31,73	2,54	2,2	0,0%
14	23-09-24 19:15	23-09-24 22:30	3:15	3,02	0,51	0,0	0,0%
15	24-09-24 16:30	24-09-24 19:30	3:00	2,54	0,76	0,0	0,0%
16	26-09-24 2:00	26-09-24 9:30	7:30	8,59	0,76	0,3	0,0%
17	27-09-24 11:15	27-09-24 18:00	6:45	16,26	1,27	0,7	0,0%
18	30-09-24 14:30	1-10-24 3:30	13:00	21,31	1,52	88,6	1,0%
19	1-10-24 7:00	2-10-24 5:30	22:30	13,95	0,76	5,1	0,1%
20	18-10-24 12:00	18-10-24 19:15	7:15	3,05	0,51	0,0	0,0%
21	21-10-24 22:30	22-10-24 12:45	14:15	5,85	0,51	0,1	0,0%
22	25-10-24 12:00	25-10-24 13:15	1:15	7	0,51	0,8	0,0%
23	28-10-24 7:45	28-10-24 15:15	7:30	5,31	0,51	0,0	0,0%
24	16-11-24 15:15	18-11-24 8:30	17:15	13,06	1,27	0,6	0,0%
25	19-11-24 1:30	19-11-24 21:15	19:45	13,16	0,76	4,8	0,1%
26	20-11-24 2:15	22-11-24 14:30	12:15	8	2,03	40,9	1,2%

* De weerpaal en de maatregelen waren op dit moment nog niet geïnstalleerd. Daarom is neerslagdata uit een openbare bron gebruikt (Bayer regenmeter app)

Het percentage van een regenbui dat afspoelt varieert van 0 tot 7,9%. Daarbij is de verdeling heel anders dan in eerdere jaren. De hoge waarde van 7,9% komt alleen voor tijdens bui 0, toen de proef nog niet aangelegd was. Daarna is de hoogste waarde 1,2%. Bij de overgrote meerderheid van de buien treedt geen afspoeling op. In 2024 is uitzonderlijk weinig afgespoeld, vergeleken met eerdere jaren (zie Folkersma et al., 2023 en Bosland et al., 2025). In 2023 trad afspoeling vaker op en spoelden per keer ook meer liters af. Het percentage van de regenbui dat afspoelde varieerde van 0,2 tot 5,4%. In 2022 was het aantal keer dat afspoeling optrad vergelijkbaar met 2024. Per keer spoelde in 2022 wel meer liter af. Het percentage van de regenbui dat afspoelde varieerde van 0,1 tot 4,3%.

Het is niet duidelijk waarom de afspoeling in 2024 minder was dan in de jaren ervoor. Een mogelijke verklaring is het verschil in voorvrucht. In 2023 was de teelt voorafgaand aan de peen ui. In 2024 was dat graan. Graan zorgt voor een betere bodemstructuur, waardoor misschien meer water in de bodem kon infiltreren.

Er is net als in 2023 geen duidelijk verband tussen de totale hoeveelheid neerslag en de afspoeling. De grootste bui, bui 13, leidde maar tot gemiddeld 2,2 liter afspoeling. Bui 26, die wat betreft neerslag op de 14^e plek staat, staat qua afspoeling op de 3^e plek.

Er is ook geen duidelijk verband tussen de maximale intensiteit van een bui en de afspoeling. De zeven buien met de hoogste intensiteit (bui 8, 12, 9, 4, 10, 13 en 6) hebben allen geen afspoeling veroorzaakt.

Net als in 2023 blijkt dat de neerslagintensiteit op kwartierschaal en het totaal aantal gevallen millimeters geen goede indicatoren zijn om afspoeling te voorspellen. Ook andere factoren als het moment van de voorgaande bui, de gewasstand, de vochtigheid van de toplaag van de bodem en de bui-intensiteit in een ander tijdsinterval, bijvoorbeeld in millimeters per minuut of per 5 minuten, kunnen een rol spelen. De ondernemer ervaart dat neerslag op droge grond kan leiden tot sponzige grond, waarvan juist veel water afspoelt. Vochtige grond neemt water juist beter op. Ook de vochtopname door het gewas kan een rol spelen bij het bergend vermogen van de bodem. In september neemt het peengewas over het algemeen nog veel vocht op. In november is dat veel minder.

6.4.2 Effect toepassingstijdstip

Gewasbeschermingsmiddelen

Van belang is niet alleen hoeveel water er afspoelt, maar ook wat de kwaliteit van het afspoelende water is. In tabel 6.2 is het spuitschema weergegeven dat

de ondernemer in 2024 heeft aangehouden. Met daarbij de concentratie van de betreffende werkzame stof in de tweede fles van de controlegroep in de rechterkolommen. De hoogste concentratie is steeds het donkerst gekleurd.

Tijdens het groeiseizoen waren de flessen meerdere keren deels gevuld. Er is in die gevallen besloten de flessen te legen, en te wachten op het moment dat de flessen in korte tijd helemaal gevuld zouden zijn. Op de momenten dat voldoende water was afgespoeld voor waterkwaliteitsmonsters, waren de meeste bespuitingen al uitgevoerd. De eerste monsters zijn genomen op 19 juli. De debietmeters, sensoren en het opvangsysteem stonden er al. De maatregelen zijn pas op die dag aangelegd. Omdat geen verschillen verwacht kunnen worden tussen de controle- en de putjesrolgroep, zijn alleen de controlemonsters geanalyseerd. Daarna zijn op 2 oktober en op 22 november monsters genomen, zowel van de controle- als van de putjesrolgroep.

Tabel 6.2 Spuitschema op het proefperceel met de gemiddelde concentratie van dat specifieke middel in het afspoelende water op het 1^e, 2^e en 3^e meetmoment.

					Gemiddelde concentratie controle fles 2 [µg/l]		
					1e meetmoment (19-07)	2e meetmoment (02-10)	3e meetmoment (22-11)
Stof	Datum	Product	Dosering middel [l/ha of kg/ha]	Opmerking			
Herbiciden							
Glyfosaat	16-04-2024	Roundup Evolution	4	Niet gemeten			
Clomazone	27-05-2024	Centium 360 CS	0,2		1,11	0,09	
Aclonifen	27-05-2024	Challenge	0,5			0,19	
Pendimethalin	27-05-2024	Stomp 400 SC	2		0,21	0,39	
Insecticiden							
Spirotetramat	21-09-2024	Batavia	0,75	Niet gemeten			
Fungiciden							
Azoxystrobin	27-07-2024	Amistar Top	1		0,26	8,00	18,45
	24-08-2024	Amistar Top	1				
	~ 15-10-2024	Amistar Top	1				
Difenoconazoo	27-07-2024	Amistar Top	1		0,21	2,15	0,44
	24-08-2024	Amistar Top	1				
	21-09-2024	Dagonis SC	1				
	~ 15-10-2024	Amistar Top	1				
Boscalid	10-08-2024	Signum	0,75		0,76	2,53	0,92
	07-09-2024	Signum	0,75				
Pyraclostrobin	10-08-2024	Signum	0,75		0,05	0,09	
	07-09-2024	Signum	0,75				
Fluxapyroxad	21-09-2024	Dagonis SC	1		0,41	12,42	3,40

De flessen van meting 1 bevatten water dat is afgespoeld tijdens bui 0. De flessen van meting 2 op 2 oktober bevatten water van bui 17 t/m 19. De monsters van meting 3 op 22 november bevatten water van bui 24 t/m 26.

Alle stoffen die toegepast zijn en in het analysepakket zaten, zijn ook daadwerkelijk aangetroffen. Als in tabel 6.2 een cel leeg is, viel de concentratie van die stof voor alle herhalingen onder de detectielimiet. Als een cel wel gevuld is, is het gemiddelde van alle herhalingen boven de detectielimiet weergegeven. We beschrijven het patroon per werkzame stof:

- Clomazone is vooral op het eerste meetmoment aangetroffen. Op het tweede moment was de concentratie veel lager. Dit is goed te verklaren, aangezien het vier maanden daarvoor voor het laatst is gebruikt.
- Aclonifen is slechts in drie flessen aangetroffen, alleen bij het tweede meetmoment.
- Pendimethalin is op 27 mei voor het laatst gebruikt, maar de concentratie op het tweede meetmoment was hoger dan op het eerste meetmoment. In 2023 werden vergelijkbare metingen gedaan. Ook in 2024 kan het weer met de intensiteit van de bui te maken hebben. Pendimethalin hecht sterk aan bodemdeeltjes. Bij een intense bui kan meer bodemmateriaal met pendimethalin afspoelen.
- Azoxystrobine is pas toegepast na het eerste meetmoment. Op het eerste moment is de concentratie dan ook nog laag. Bij de tweede en derde meting is de concentratie hoger. Op het derde meetmoment is de concentratie het hoogst. Dat meetmoment volgt het snelst op een bespuiting.
- Difenconazool is regelmatig toegepast en wordt op alle meetmomenten aangetroffen.
- Boscalid is twee keer tussen het eerste en het tweede meetmoment toegepast. Bij de eerste meting is de concentratie laag, na toepassing neemt deze eerst toe, daarna weer af.
- De concentraties pyraclostrobine zijn laag. Na toepassing neemt de concentratie even toe, daarna af.
- Fluxapyroxad is tussen het eerste en het tweede meetmoment toegepast. De concentratie is het hoogst tijdens meetmoment 2. Daarna neemt de concentratie af.

Samenvattend kan gezegd worden dat de stoffen die gebruikt zijn, allemaal afspoelen. De verstreken tijd sinds de laatste bespuiting heeft zeker invloed op de concentratie, maar is niet allesbepalend. Ook stoffeigenschappen (zoals binding en persistentie) zijn bepalend voor de concentratie van een stof in het afspoelende water. Voor de meeste stoffen is de concentratie op het tweede meetmoment het hoogst. Dat kan liggen aan het spuitschema, alle

bespuitingen zijn dan geweest. Het meetmoment is op 2 oktober geweest, vlak na bui 18, op 30 september/1 oktober. Bij die bui spoelden veel liters af. Dit hoeft echter niet met elkaar te maken te hebben, er is geen reden om aan te nemen dat een groot aantal liters afspoeling ook tot hoge concentraties leidt.

Nutriënten

Bij de analyse van nutriënten focussen we op stikstof en fosfor. Er is drie keer een grote hoeveelheid stikstof toegepast (zie tabel 6.3).

Tabel 6.3 Concentratie nutriënten in het afspoelende water, op 3 meetmomenten

Datum	Product	Dosering (kg/ha)
12 juli	NK 13+25 + 4MgO + 5SO ₃	160
18 juli	KAS 27% + 4% MgO (Nutramon)	215
30 augustus	KAS 27% + 4% MgO (Nutramon)	150

De toepassingen op 12 en 18 juli zijn voor het 1^e meetmoment op 19 juli uitgevoerd. De toepassing op 30 augustus zit tussen het 1^e en 2^e meetmoment (2 oktober) in.

Ammonium is alleen tijdens het eerste meetmoment boven de detectielimiet waargenomen. Fosfor is nooit boven de detectielimiet gekomen. Nitraat is in 2023 nauwelijks boven de detectielimiet van 0,1 mmol/l waargenomen. In 2024 was dat anders. Figuur 6.4 geeft de concentratie nitraat in mmol/l weer in het afspoelende water.

Kijkend naar de gemiddelde waarden (laatste kolom) is duidelijk dat er geen verschil is tussen de controle- en de reliëfgroep (putjesrol). Ook is er geen first flush waargenomen voor nitraat.

De hoogst gevonden concentratie is 2,10 mmol/l. Aangezien de molaire massa van nitraat 62,00 g/mol is, komt 2,10 mmol/l neer op 130 mg nitraat/l.

6.4.3 Verschil tussen controle en putjesrol

We hebben onderzocht of de maatregel putjesrol effect heeft op de concentraties gbm van afspoelend water. De resultaten van deze vergelijking zijn in deze paragraaf uitgewerkt. Figuur 6.5 geeft de somconcentraties weer van gbm, in µg/l, over drie meet-momenten. Per meting is onderscheid gemaakt tussen de controle en de putjesrol/reliëf, met steeds 3 flessen per behandeling. De eerste fles is een mengmonster van grofweg de eerste 20 liter water die is afgespoeld, de 2e fles is een mengmonster van grofweg de

20° tot 40° liter en de derde fles een mengmonster van grofweg de 40° tot 60° liter. In de laatste kolom wordt de gemiddelde concentratie GBM van de zes herhalingen getoond. De zwarte vlakken geven aan dat in de betreffende fles geen of onvoldoende water zat voor de waterkwaliteitsanalyse.

			Herhaling							
			1	2	3	4	5	6		Gemiddelde
Meting 1	Controle	Fles 1	0,50	0,20	0,30	0,20	0,30	< 0,1		0,30
		Fles 2	0,60	0,80	0,60	0,60	0,50	0,40		0,58
		Fles 3	1,10	1,10	0,60	0,70	0,50	0,40		0,73
	Relief	Fles 1								
		Fles 2								
		Fles 3								
Meting 2	Controle	Fles 1	1,50	< 0,1	0,80	1,10	0,30	0,10		0,76
		Fles 2	0,10		0,30	1,40	0,30	0,20		0,46
		Fles 3	< 0,1			0,70	< 0,1	< 0,1		0,70
	Relief	Fles 1	< 0,1	0,40	0,20	0,20	1,60	0,20		0,52
		Fles 2	< 0,1	0,20	0,20	< 0,1	2,10	0,30		0,70
		Fles 3	< 0,1	< 0,1		< 0,1	0,50	0,20		0,35
Meting 3	Controle	Fles 1	0,70	0,40	0,60	0,20	< 0,1	0,10		0,40
		Fles 2	0,60	0,60	1,00			< 0,1		0,73
		Fles 3	0,60	0,50	0,50			0,10		0,43
	Relief	Fles 1	0,40	< 0,1	0,30	0,30	1,20	0,50		0,54
		Fles 2	0,40		0,30	0,30	0,90	0,60		0,50
		Fles 3	0,40		0,40	0,40	0,90	0,70		0,56

Figuur 6.4 Somconcentraties van nitraat in mmol/l over drie meetmomenten in het afspoelende water.

Per meting is onderscheid gemaakt tussen de controle en de putjesrol/reliëf, met steeds 3 flessen per behandeling. De kleuren (van groen - laag tot rood - hoog) geven een weging aan de concentratie nitraat. De zwarte vlakken geven aan dat deze flessen niet gevuld waren.

Het valt op dat de concentraties gewasbeschermingsmiddelen bij meting 1 laag zijn. Dit is te verklaren aan de hand van het spuitschema. De meeste bespuitingen zijn uitgevoerd na het 1^e meetmoment.

			Herhaling						
			1	2	3	4	5	6	Gemiddelde
Meting 1	Controle	Fles 1	2	3	6	3	3	4	4
		Fles 2	3	5	2	2	2	3	3
		Fles 3	2	5	6	2	2	5	4
	Relief	Fles 1							
		Fles 2							
		Fles 3							
Meting 2	Controle	Fles 1	25	5	21	10	18	25	17
		Fles 2	26		40	20	14	31	26
		Fles 3	27			23	18	31	24
	Relief	Fles 1	24	17	31	19	16	6	19
		Fles 2	33	34	36	40	23	12	29
		Fles 3	34	34		40	32	23	33
Meting 3	Controle	Fles 1	8	23	4	4	0	19	10
		Fles 2	17	31	7			42	24
		Fles 3	28	32	30			38	32
	Relief	Fles 1	36	5	22	21	20	7	19
		Fles 2	37		31	32	38	20	32
		Fles 3	33		34	33	33	37	34

Figuur 6.5 Somconcentraties van gewasbeschermingsmiddelen in $\mu\text{g/l}$ over drie meetmomenten. Per meting is onderscheid gemaakt tussen de controle en de putjesrol/reliëf, met steeds 3 flessen per behandeling. De kleuren (van groen - laag tot rood - hoog) geven een weging aan de concentratie gewasbeschermingsmiddelen. De zwarte vlakken geven aan dat deze flessen niet gevuld waren.

Voor meetmoment 2 en 3 is het verschil tussen de controlegroep en de putjesrol (reliëfgroep) getest met een t-test. Bij meting 2 is voor geen enkel gbm of nutriënt een significant verschil gevonden tussen de controle- en de reliëfgroep. Dit geldt zowel voor de afzonderlijke flesnummers als voor de combinatie van alle flessen.

Op het derde meetmoment zijn 3 significante verschil gevonden. Bij flesnummer 3 had fluxapyroxad een hogere concentratie in de putjesrolgroep dan in de controlegroep. Bij het nutriënt boor was dit andersom. Als alle flessen samengenomen werden op meetmoment 3, had fluopyram een significant hogere waarde voor de controlegroep dan voor de putjesrolgroep. Bij deze drie verschillen werd aan de voorwaarden van een t-test voldaan.

In totaal zijn 26 verschillende gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen, en 19 andere stoffen (vooral nutriënten). Hierop kon getest worden op twee meetmomenten, drie flessen apart en alle flessen gezamenlijk. Dat is met elkaar goed voor $((26+19)*2*(3+1)) = 360$ tests (hoewel een deel van de flessen niet gevuld was. Drie significante tests die aan de voorwaarden voldoen, is weinig.

Er kan geconcludeerd worden dat de concentraties van stoffen in afspoelend water niet verschilt per maatregel. Dit is in overeenstemming met de resultaten van 2023.

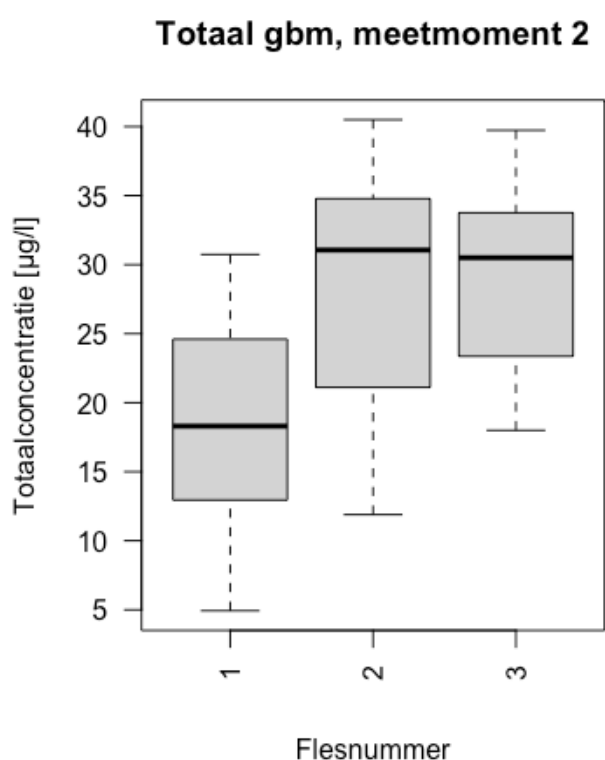
6.4.4 First Flush

Op verschillende manieren is gezocht naar een first flush, zoals beschreven in paragraaf 2.10.3. In de modellen waarbij zowel het flesnummer als de maatregel wordt meegenomen, is de maatregel en de interactie nooit significant, als ook aan de voorwaarden voor een ANOVA voldaan wordt. Er is een uitzondering, de combinatie van fles en maatregel levert voor fluopyram een significant resultaat op voor de maatregel, maar niet voor het flesnummer. In feite laat dit dus geen first flush zien, maar een effect van de maatregel, wat ook met de t-test voor fluopyram al was vastgesteld (zie paragraaf 6.4.4). In het vervolg van deze paragraaf worden modellen waarbij de maatregel als verklarende factor wordt getest, daarom buiten beschouwing gelaten.

Tabel 6.4 Significante modellen voor een first flush. De eerste kolom geeft het meetmoment aan, de tweede kolom welke stof met het model onderzocht is. De laatste drie kolommen geven weer of in het model alleen met data uit de controlegroep, uit de putjesrolgroep, of met alle data is gewerkt.

Meetmoment	Stof	Controle	Reliëf/ putjesrol	Gecombineerd
1	Azoxystrobine	X		X
1	Pendimethalin	X		X
2	Fluxapyroxad		X	X
2	Totaal		X	X
3	Azoxystrobine	X	X	
3	Boscalid		X	X
3	Fluxapyroxad			X
3	Totaal		X	

Het flesnummer is in meerdere gevallen wel een significante, verklarende factor voor het model. De betreffende modellen zijn in tabel 6.3 opgenomen als aan de voorwaarden voor een ANOVA is voldaan. Soms laat de analyse een significant resultaat zien als alleen de controle-groep, alleen de putjesrol-groep of alleen de gecombineerde groepen worden onderzocht. In de tabel staat met een X aangegeven als de uitkomst significant is.



Voor alle gevallen uit tabel 6.4 geldt dat sprake is van een 'omgekeerde first flush'. De concentratie wordt dus hoger bij hogere flesnummers. Dit is ook duidelijk terug te zien in figuur 6.5. Aan de gemiddeldes is te zien dat over het algemeen fles 3 een hogere concentratie heeft dan fles 1. In figuur 6.6 wordt de totaalconcentratie van gewasbeschermingsmiddelen in een boxplot weergegeven. Het gaat hier om de gecombineerde gegevens van de controle-groep en de putjesrol. Vooral de concentratie van fles 1 is lager dan die van de andere flessen.

Figuur 6.6 Somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen van het afspoelende water in de 1^e fles (mengmonster 1^e tot 20^e liter), 2^e fles (mengmonster 20^e tot 40^e liter) en 3^e fles (mengmonster 40^e tot 60^e liter). De data van zowel de controlegroep als de putjesrolgroep zijn in deze boxplot verwerkt. In 2023 is geen first flush of omgekeerde first flush waargenomen. In 2022 was bij berekening wel sprake van een first flush.

Een mogelijke verklaring voor een omgekeerde first flush is dat water dat later afspoelt, langer onderweg is geweest. Het heeft een grotere afstand over het perceel afgelegd, en ondertussen meer stoffen kunnen opnemen. Dat dit bij een berekening niet optreedt, zou in theorie kunnen komen door de manier waarop de berekening plaatsvindt. De haspel wordt heel langzaam over het perceel getrokken, en begint dichtbij de sloot. Niet het hele perceel wordt tegelijk beregend. Het water dat eerst afspoelt, komt dus van een klein oppervlak. Het is mogelijk dat dit deel van het perceel als het ware 'schoon-

spoelt', waardoor de concentraties in het water steeds lager worden. Dat zou ervoor kunnen zorgen dat een first flush waar te nemen is.

6.4.5 Concentratie in afspoelend water versus de kwaliteitsnorm

Elke werkzame stof heeft een eigen waterkwaliteitsnorm. Daarom kan van de concentraties in het afspoelende water niet zomaar gezegd worden dat deze hoog of juist laag zijn. Een concentratie van 0,5 µg/l kan voor de ene stof normoverschrijdend zijn, terwijl het voor een andere stof ruim beneden de norm ligt. Om beter te begrijpen wat de gemeten concentraties gbm in het afspoelende water betekenen in het milieu, wordt in deze paragraaf de theoretische concentratie van middelen in de sloot berekend. Hierbij berekenen we de vracht die door afspoeling in een standaardsloot (zoals gebruikt door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb)) terechtkomt. Dit wordt vergeleken met de waterkwaliteitsnorm.

In tabel 6.5 is voor de controleelden de theoretische concentratie in de sloot weergegeven. In de eerste kolom zijn de namen van de toegepast stoffen opgenomen, en fluopyram omdat die stof ook is aangetroffen. Na de stofnaam staat een kolom met de gevonden concentratie voor fles 2. Als de concentratie voor alle herhalingen onder de detectielimiet was, is de cel leeggelaten. In andere gevallen is het gemiddelde van de herhalingen die boven de detectielimiet uitkwamen weergegeven. Vervolgens wordt de vracht vermeld. Deze is berekend door de gemeten concentratie in het afspoelend water te vermenigvuldigen met het aantal liter afspoelend water. Hierbij is voor meting 1 de afspoeling van bui 0 (12/13 juli) opgeteld, voor meting 2 de afspoeling van bui 17 t/m 19 (27 september t/m 2 oktober) en voor meting 3 de afspoeling van bui 24 t/m 26 (16 t/m 22 november). Vervolgens is dat omgerekend van de breedte van een proefveld (3 m) naar de breedte van het perceel (115 m). De vracht is niet berekend door het gemiddelde van de concentraties van de zes herhalingen te vermenigvuldigen met het gemiddelde van het aantal afgespoelde liters water. In plaats daarvan is voor elke herhaling de concentratie vermenigvuldigd met de afspoeling. Vervolgens is van die vrachten het gemiddelde genomen. Zo kan het effect meegenomen worden van eventuele interactie tussen het aantal liters dat afspoelt en de concentratie. Vervolgens is de gemiddelde vracht gedeeld door het aantal liters water in een standaardsloot, om de concentratie te berekenen.

In tabel 6.5 is in rood aangegeven als sprake is van een overschrijding van de norm. Dit is een aantal keer het geval, namelijk voor pendimethalin, pyraclostrobine en clomazone op meetmoment 1, en voor pendimethalin op

meetmoment 2. Voor andere stoffen, zoals boscalid, komt de concentratie in de buurt van de waterkwaliteitsnorm.

Tabel 6.5 Berekening van de theoretische concentratie in een standaard sloot en vergelijking met de waterkwaliteitsnorm voor de controlelevellen.

Meting 1, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**	norm		
azoxystrobin	0,26	µg/l	214,86	µg	0,167	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
boscalid	0,76	µg/l	601,64	µg	0,469	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
difenoconazool	0,21	µg/l	182,57	µg	0,142	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
fluopyram	0,17	µg/l	125,36	µg	0,098	µg/l	32	µg/l (MAC-MKN)
fluxapyroxad	0,41	µg/l	312,42	µg	0,244	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
pendimethalin	0,21	µg/l	162,93	µg	0,127	µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
aclonifen		µg/l		µg		µg/l	0,12	µg/l (MAC-MKN)
pyraclostrobin	0,05	µg/l	43,24	µg	0,034	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
clomazone	1,11	µg/l	854,04	µg	0,666	µg/l	0,56	µg/l (MTR)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Meting 2, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**	norm		
azoxystrobin	8,00	µg/l	887,01	µg	1,225	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
boscalid	2,53	µg/l	293,51	µg	0,405	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
difenoconazool	2,15	µg/l	279,11	µg	0,385	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
fluopyram	0,33	µg/l	37,29	µg	0,051	µg/l	32	µg/l (MAC-MKN)
fluxapyroxad	12,42	µg/l	1443,72	µg	1,993	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
pendimethalin	0,39	µg/l	60,45	µg	0,083	µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
aclonifen	0,19	µg/l	29,45	µg	0,041	µg/l	0,12	µg/l (MAC-MKN)
pyraclostrobin	0,09	µg/l	11,96	µg	0,017	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
clomazone	0,09	µg/l	8,52	µg	0,012	µg/l	0,56	µg/l (MTR)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Meting 3, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**	norm		
azoxystrobin	18,45	µg/l	1530,45	µg	2,263	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
boscalid	0,92	µg/l	70,21	µg	0,104	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
difenoconazool	0,44	µg/l	31,43	µg	0,046	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
fluopyram	0,37	µg/l	26,33	µg	0,039	µg/l	32	µg/l (MAC-MKN)
fluxapyroxad	3,40	µg/l	264,90	µg	0,392	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
pendimethalin		µg/l		µg		µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
aclonifen		µg/l		µg		µg/l	0,12	µg/l (MAC-MKN)
pyraclostrobin		µg/l		µg		µg/l	0,023	µg/l (MTR)
clomazone		µg/l		µg		µg/l	0,56	µg/l (MTR)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

In tabel 6.6 zijn de resultaten weergegeven van de putjesrolgroep. Hier wordt alleen naar meetmoment 2 en 3 gekeken. Vijf stoffen overschrijden de norm: azoxystrobin, boscalid, fluxapyroxad, pendimethalin en pyraclostrobin. Bovenstaande berekening is theoretisch en puur bedoeld om gevoel te krijgen bij de concentraties in het afspoelende water. In de praktijk zal de situatie anders zijn; onze meting is een momentopname en in sloten is altijd sprake van aan- en afvoer van water. Dit maakt dat voorzichtig conclusies getrokken moeten worden. De resultaten laten wel zien dat een overschrijding van de waterkwaliteitsnorm als gevolg van oppervlakkige afspoeling mogelijk is. Dat blijkt ook uit de monitoringsgegevens van waterschap Zuiderzeeland.

Tabel 6.6 Berekening van de theoretische concentratie in een standaard sloot en vergelijking met de waterkwaliteitsnorm voor de maatregel 'putjesrol/relief'.

Meting 2, relief

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**	norm		
azoxystrobin	6,67	µg/l	3318,86	µg	2,850	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
boscalid	3,08	µg/l	1693,23	µg	1,454	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
difenoconazool	2,59	µg/l	1578,36	µg	1,355	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
fluopyram	0,22	µg/l	110,61	µg	0,095	µg/l	32	µg/l (MAC-MKN)
fluxapyroxad	16,28	µg/l	9016,90	µg	7,744	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
pendimethalin	0,26	µg/l	119,08	µg	0,102	µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
aclonifen		µg/l		µg		µg/l	0,12	µg/l (MAC-MKN)
pyraclostrobin	0,09	µg/l	50,13	µg	0,043	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
clomazone	0,09	µg/l	27,09	µg	0,023	µg/l	0,56	µg/l (MTR)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Meting 3, relief

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**	norm		
azoxystrobin	25,88	µg/l	3730,70	µg	4,977	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
boscalid	1,10	µg/l	161,01	µg	0,215	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
difenoconazool	0,99	µg/l	156,52	µg	0,209	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
fluopyram	0,24	µg/l	33,26	µg	0,044	µg/l	32	µg/l (MAC-MKN)
fluxapyroxad	3,38	µg/l	481,38	µg	0,642	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
pendimethalin		µg/l		µg		µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
aclonifen		µg/l		µg		µg/l	0,12	µg/l (MAC-MKN)
pyraclostrobin		µg/l		µg		µg/l	0,023	µg/l (MTR)
clomazone		µg/l		µg		µg/l	0,56	µg/l (MTR)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Het waterschap monitort de waterkwaliteit in de Onderduikerstocht, vlak bij het proefperceel. Daar bleken de gewasbeschermingsmiddelen esfenvaleraat,

fipronil, pendimethalin, piperonyl-butoxide en pyraclostrobine de norm te overschrijden.¹⁸ Van twee van die stoffen, pendimethalin en pyraclostrobine, laten onze berekeningen ook een overschrijding van de norm zien.

Voor nitraat was de gevonden concentratie voor de controlegroep, fles 2, op meetmoment 1, 2 en 3 respectievelijk 0,58, 0,46 en 0,73 mmol/l. Als dit wordt omgerekend naar een concentratie in de sloot, komt dat neer op respectievelijk 24, 3,1 en 2,7 mg/l in de sloot. Dit is onder de norm van 50 mg/l die de EU voor nitraat heeft gesteld.

Het is opvallend dat wel nitraat afspoelde, maar dat geen afspoelend fosfor is gevonden. Volgens onderzoek van Deltares bevat afspoelend water over het algemeen lage nitraatconcentraties. Afspoelend water zou wel fosfaat mee kunnen nemen.¹⁹ Fosfaat hecht sterk aan bodemdeeltjes. Het zou kunnen dat tijdens het meetseizoen niet zulke heftige buien zijn geweest, dat veel bodemmateriaal meespoelde. Daarnaast heeft wel stikstofbemesting plaatsgevonden, maar nauwelijks fosforbemesting. Het zou dus ook zo kunnen zijn dat nauwelijks fosfaat beschikbaar was dat nog af kon spoelen.

Vergelijking met drift

Ook het percentage van het toegepaste middel dat in de sloot terecht kan komen, wordt berekend. Dit cijfer geeft zicht op de omvang van de emissie-route afspoeling op het perceel. Tabel 6.7 geeft opnieuw de concentratie en de vracht van verschillende stoffen weer van de controlegroep, net zoals tabel 6.5. Er is nu ook een kolom toegevoegd met de toegepaste hoeveelheid van een middel. Dit is berekend met behulp van de dosering van de bespuitingen. Het gaat om de toegepaste hoeveelheid op een half perceel, verondersteld wordt dat de afspoeling van de andere helft in een andere sloot terecht komt. Voor de berekening wordt logischerwijs alleen gebruik gemaakt van de bespuitingen voorafgaand aan het meetmoment. Het percentage dat is afgespoeld is weergegeven in de 2^e kolom van rechts. Dat kan vergeleken worden met het percentage dat in theorie door drift in de sloot komt, bij een driftreductie van 90%.

Bij de controle proefvelden is voor alle stoffen de hoeveelheid die door afspoeling in de sloot kan komen veel lager dan de hoeveelheid die door drift in de sloot kan komen.

¹⁸ Waterschap Zuiderzeeland, de resultaten komen uit een presentatie gehouden in maart 2025.

¹⁹

<https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202022/STOWA-KIWK%202022-22A%20Nutrientenmaatregelen-bijlagenrapport-PS2.pdf>

Tabel 6.7 Vergelijking van de hoeveelheid gbm die via afspoeling of via drift in de sloot terecht kan komen op de controle proefvelden.

Meting 1, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		toegepast [g]	% afgespoeld	% drift
azoxystrobine	0,26	µg/l	214,86	µg	0		
boscalid	0,76	µg/l	601,64	µg	0		
difenoconazool	0,21	µg/l	182,57	µg	0		
fluopyram	0,17	µg/l	125,36	µg	0		
fluxapyroxad	0,41	µg/l	312,42	µg	0		
pendimethalin	0,21	µg/l	162,93	µg	1400,00	0,000	0,20
aclonifen		µg/l		µg	525,00	0,000	0,20
pyraclostrobin	0,05	µg/l	43,24	µg	0		
clomazone	1,11	µg/l	854,04	µg	126,00	0,028	0,20

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Meting 2, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		toegepast [g]	% afgespoeld	% drift
azoxystrobine	8,00	µg/l	887,01	µg	700,00	0,005	0,20
boscalid	2,53	µg/l	293,51	µg	700,88	0,002	0,20
difenoconazool	2,15	µg/l	279,11	µg	525,00	0,002	0,20
fluopyram	0,33	µg/l	37,29	µg			
fluxapyroxad	12,42	µg/l	1443,72	µg	131,25	0,046	0,20
pendimethalin	0,39	µg/l	60,45	µg	1400,00	0,000	0,20
aclonifen	0,19	µg/l	29,45	µg	525,00	0,000	0,20
pyraclostrobin	0,09	µg/l	11,96	µg	175,88	0,000	0,20
clomazone	0,09	µg/l	8,52	µg	126,00	0,000	0,20

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Meting 3, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		toegepast [g]	% afgespoeld	% drift
azoxystrobine	18,45	µg/l	1530,45	µg	1050,00	0,006	0,20
boscalid	0,92	µg/l	70,21	µg	700,88	0,000	0,20
difenoconazool	0,44	µg/l	31,43	µg	743,75	0,000	0,20
fluopyram	0,37	µg/l	26,33	µg			
fluxapyroxad	3,40	µg/l	264,90	µg	131,25	0,008	0,20
pendimethalin		µg/l		µg	1400,00		0,20
aclonifen		µg/l		µg	525,00		0,20
pyraclostrobin		µg/l		µg	175,88		0,20
clomazone		µg/l		µg	126,00		0,20

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Tabel 6.8 geeft per stof de percentages weer die via afspoeling of via drift in de sloot terecht kunnen komen, voor de reliëfgroep. Voor fluxapyroxad is volgens deze berekeningen op meetmoment 2 de emissieroute afspoeling groter dan de route drift.

Het gaat hier om hoeveelheden die in een paar buien afspoelen. Gedurende het jaar (en in de jaren erna) spoelt veel meer af. Het is niet duidelijk hoe de concentratie verandert in de loop van de tijd, maar dit laat zien dat afspoeling een belangrijke emissieroute is.

Tabel 6.8 Vergelijking van de hoeveelheid gbm die via afspoeling of via drift in de sloot terecht kan komen tijdens het 2e en 3e meetmoment op de putjesrol (reliëf) proefvelden.

Meting 2, reliëf

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		toegepast [g]	% afgespoeld	% drift
azoxystrobine	6,67	µg/l	3318,86	µg	700,00	0,018	0,20
boscalid	3,08	µg/l	1693,23	µg	700,88	0,009	0,20
difenoconazool	2,59	µg/l	1578,36	µg	525,00	0,012	0,20
fluopyram	0,22	µg/l	110,61	µg			
fluxapyroxad	16,28	µg/l	9016,90	µg	131,25	0,263	0,20
pendimethalin	0,26	µg/l	119,08	µg	1400,00	0,000	0,20
aclonifen		µg/l		µg	525,00		0,20
pyraclostrobin	0,09	µg/l	50,13	µg	175,88	0,001	0,20
clomazone	0,09	µg/l	27,09	µg	126,00	0,001	0,20

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

Meting 3, reliëf

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		toegepast [g]	% afgespoeld	% drift
azoxystrobine	25,88	µg/l	3730,70	µg	1050,00	0,014	0,20
boscalid	1,10	µg/l	161,01	µg	700,88	0,001	0,20
difenoconazool	0,99	µg/l	156,52	µg	743,75	0,001	0,20
fluopyram	0,24	µg/l	33,26	µg			
fluxapyroxad	3,38	µg/l	481,38	µg	131,25	0,014	0,20
pendimethalin		µg/l		µg	1400,00		0,20
aclonifen		µg/l		µg	525,00		0,20
pyraclostrobin		µg/l		µg	175,88		0,20
clomazone		µg/l		µg	126,00		0,20

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter + het afgespoelde water

6.5 Conclusie en discussie

6.5.1 Conclusies

- In 2024 is uitzonderlijk weinig afgespoeld, vergeleken met eerdere jaren. In 2023 trad afspoeling vaker op en spoelde per keer ook meer liter af. In 2022 was het aantal keer dat afspoeling optrad vergelijkbaar met 2024. Per keer spoelden in 2022 wel meer liters af.
- De samenhang tussen de intensiteit van neerslag en afspoeling lijkt voor de hand liggend. In de onderzoeksjaren 2022 tot en met 2024 bleek dit verband echter niet zichtbaar. De intensiteit (gemeten als mm/15 minuten) voorspelt niet rechtstreeks de afspoeling. Het lijkt erop dat andere factoren meespelen. Mogelijk gaat het om het moment van de voorgaande bui, de gewasstand, de vochtigheid van de toplaag van de bodem en de bui-intensiteit in een ander tijdsinterval, bijvoorbeeld in millimeters per minuut of per 5 minuten.
- De werkzame stoffen van de gewasbeschermingsmiddelen die gebruikt zijn, spoelen allemaal deels af. De verstreken tijd sinds de laatste bespuiting heeft zeker invloed op de concentratie, maar is niet allesbepalend. Ook het bindend vermogen van een stof aan bodemdeeltjes heeft invloed.
- Het afspoelende water is geanalyseerd op nitraat en fosfaat. Fosfaat is nauwelijks aangetroffen. Nitraat is wel aangetroffen, maar zorgt niet voor een overschrijding van de EU-richtlijn voor nitraat.
- Bij de buien van 2024 is geen verschil waargenomen in somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen tussen de putjesrol-/reliëfgroep en de controlegroep. Ook voor bijna alle individuele stoffen is er geen verschil gevonden.
- In 2023 en 2024 is geen first flush waargenomen. Wel is in 2024 voor een deel van de stoffen een 'omgekeerde first flush' waargenomen: de concentratie nam toe in de mengmonsters van de 20^e tot 40^e liter en de 40^e tot 60^e liter, ten opzichte van het mengmonster van de 1^e 20 liter die afspoelde. Het is onduidelijk hoe dit komt. In 2022 is één keer een first flush aangetoond, bij een beregening na een droge periode.
- De resultaten laten zien dat een overschrijding van de waterkwaliteitsnorm als gevolg van oppervlakkige afspoeling theoretisch gezien mogelijk is. Het percentage van de bespuiting, dat door afspoeling van een paar buien in de sloot kan komen, was in 2024 meestal lager dan het percentage van een bespuiting dat door drift in de sloot kan komen. Afspoeling kan – in tegenstelling tot drift – meerdere keren na een bespuiting voorkomen, wat de bijdrage van deze emissieroute vergroot.

6.5.2 Discussie

- Binnen de afspoelingsproeven werken we met buien. De definitie van een bui staat echter niet vast. Soms heeft een bui een heel duidelijk begin en eind. Op andere momenten regent het de hele dag harder of minder hard en is het begin en einde van de bui lastig te definiëren. Aangezien een definitie ontbreekt, bepalen we zelf de start en het einde van een bui. Bij een bui die begint en na enkele uren eindigt, is dat eenvoudig. Als het de hele dag door steeds een beetje miezert, rekenen we die hele dag als bui. Om de bui consequent aan afspoeling te kunnen koppelen, definiëren we het einde van de bui als de afspoeling stopt. Dat is ongeveer een uur nadat de bui is afgelopen. Het kan zijn dat het beeld iets anders wordt door een andere definitie van een bui te hanteren. Door bijvoorbeeld alleen de periode mee te rekenen waarin minstens een aantal mm valt.
- Het verschil in de hoeveelheid afspoeling in 2024 ten opzichte van voorgaande jaren is opvallend. Een mogelijke verklaring van de ondernemer hiervoor is dat in 2024 de voorvrucht van het proefperceel tarwe was. In 2022 en 2023 was dat zaaiui. De ondernemer geeft aan dit verschil in voorvrucht op het perceel duidelijk te kunnen zien.
- Voor nitraat is niet afspoeling, maar drainage de belangrijkste emissieroute. Dat blijkt uit onze afspoelingsproeven, maar ook uit ander onderzoek zoals bijvoorbeeld 'Pilot nutriëntenbenutting Vuursteentocht'. Fosfaat bindt met name aan bodemdeeltjes, wat het interessant maakt om de hoeveelheid fosfaat te analyseren in het opgevangen slib uit een infiltratiegreppel. Fosfaat kan bij grotere hoeveelheden afspoeling, als bodemdeeltjes meespoelen, wel via afspoeling in het oppervlaktewater terecht komen.
- Uit onze data blijkt dat oppervlakkige afspoeling kan leiden tot overschrijdingen van de waterkwaliteitsnorm. Dit wordt ondersteund door de ervaringen van waterschap Zuiderzeeland en door ander onderzoek, bijvoorbeeld binnen het Uitvoeringsprogramma Oppervlaktewaterwinning Drentsche Aa. Daar wordt het volgende geconcludeerd: *Het aantal overschrijdingen wisselt sterk van jaar tot jaar. De weersomstandigheden blijken daarin sterk bepalend. Afspoeling tijdens hevige neerslag is een belangrijke emissieroute die zorgt voor overschrijdingen. Wanneer er sprake is van een droog jaar zonder hevige buien, dan is het mogelijk om richting nul overschrijdingen te komen. Maar als er veel hevige buien zijn, zijn er ook overschrijdingen.*



7. KENNISDELING

Kennisdeling is een belangrijk onderdeel van het onderzoek. In dit hoofdstuk beschrijven we wat we aan kennisdeling hebben gedaan.

7.1 Kennisdeling seizoen 2024/2025

7.1.1 Persberichten en artikelen

Eind november 2024 heeft [LTO Bomen, vaste planten en Zomerbloemen](#) uitgebreid aandacht besteed aan de resultaten van het afspoelingsonderzoek t/m 2023.

Daarnaast is in het kader van de Versnellingsmaatregelen een korte tekst over de afspoelingsproeven gedeeld met de Tweede Kamer. Informatie over de praktijkproeven staat ook op de website van Werkplaats voor Landbouw en Natuur.

In januari 2025 hebben we een nieuwsbericht geplaatst op de website van [CLM](#), [Delphy](#) en het [Actieplan Bodem en Water Flevoland](#), over de resultaten van 2023. Het bericht met de titel 'Effectiviteit maatregelen om afspoeling te verminderen verschilt per seizoen' is goed opgepakt en in verschillende media verschenen: [Nieuwe Oogst](#), [Melkveebedrijf](#) en op [spuitlicentie.nl](#).

Begin mei 2025 heeft het vakblad LandbouwMechanisatie aandacht besteed aan maatregelen om afspoeling te verminderen (figuur 7.1). CLM is hiervoor ook geïnterviewd.

In juli 2025 hebben we een persbericht uitgebracht over de resultaten van de afspoelingsproeven tot en met 2024. Dit persbericht is verspreid door verschillende media.

7.1.2 Op verzoek van het ministerie van LNV naar Den Haag

Eind oktober 2024 zijn we op uitnodiging van het ministerie, samen met opdrachtgever en twee deelnemende akkerbouwers in Den Haag geweest,

om de resultaten van de afspoelingsproeven toe te lichten. De presentatie is later door het ministerie met ruim 70 medewerkers gedeeld.



Figuur 7.1 Artikel in het vakblad LandbouwMechanisatie.

Het ministerie schrijft hierover:

“Op 29 oktober ontving landsdeelteam Noordwest onderzoekers van CLM, collega’s uit Flevoland, van LVVN, lenW en twee agrariërs die mee hebben gedaan aan het praktijkproef perceelafspoeling, in Den Haag. CLM en de betrokken boeren (beiden akkerbouwers) gaven inzicht in de praktijkproef voorkomen perceelafspoeling, die in 2021 werd opgezet om te onderzoeken hoe perceelafspoeling kan worden voorkomen. In 2022 werd dit project goedgekeurd als versnellingsmaatregel. De resultaten geven een goed beeld van wat er in de praktijk kan, en wat juist niet werkt om perceelafspoeling te voorkomen. Al met al een nuttige uitwisseling van ervaringen en een bouwsteen voor verder gebiedsspecifiek en uitvoeringsgericht werken in Flevoland.”



Figuur 7.2 Tijdens de presentatie van de resultaten van de afspoelingsproeven bij het ministerie in Den Haag werd geïnteresseerd geluisterd. Het werd erg gewaardeerd dat de deelnemende akkerbouwers aanwezig waren, zodat men hun ervaringen kon horen.

7.1.3 Presentaties voor diverse gezelschappen

In november 2024 hebben we de resultaten van proefjaar 2023 gepresenteerd aan de leden van het landelijke expertteam Emissie dat onderdeel is van het LTO-programma 'Weerbaarheid in de praktijk'. In april 2025 hebben we dat nogmaals gedaan, waarbij de resultaten van proefjaar 2024 zijn toegelicht.

Op de Kennisbijeenkomst Veiligheid en Techniek bij Stichting Proefboerderijen Noordelijke Akkerbouw (SPNA) in januari 2025 heeft CLM aan ongeveer vijftig akkerbouwers de resultaten van de afspoelingsproeven toegelicht.

In februari 2025 hebben we de resultaten toegelicht aan drie groepen akkerbouwers en loonwerkers op de Zuid-Hollandse Eilanden. Dit gebeurde in samenwerking met het project Emissiecoaches van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Tijdens deze bijeenkomsten zijn ongeveer 50 akkerbouwers en loonwerkers bereikt en is kennis gedeeld met de emissiecoaches en waterschap Hollandse Delta.

Begin maart 2025 heeft CLM een kennisuitwisseling met Deltares gehad, waarbij de afspoelingsproeven één van de besproken onderzoeken was.

7.1.4 Akkerbouwers denken mee over proef en resultaten

De opzet en resultaten van de proef zijn twee keer besproken met het kernteam, waarin onder andere provincie Flevoland, waterschap Zuiderzeeland en akkerbouwers vertegenwoordigd zijn. Ook Antea, Wageningen University and Research (WUR) en de Regieorganisatie Realisatie Transitie Landelijk Gebied (RTLГ, onderdeel van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur) sloten aan. De eerste bijeenkomst van deze groep was op 24 september 2024, toen de proefopzet en de eerste resultaten in het veld zijn toegelicht (figuur 7.2). Op 4 maart 2025 hebben we de resultaten toegelicht en besproken en de akkerbouwers handvatten gegeven voor een vervolg. De akkerbouwers in de groep hebben hun praktijkervaringen met de maatregelen toegelicht en meegedacht over de praktische toepasbaarheid.



Figuur 7.1 Uitleg over het eerste resultaat van de maatregelen tijdens één van de kernteambijeenkomsten.

7.1.5 Informeren van andere provincies, waterschappen, agrarische natuurverenigingen, CropLifeNL en ministeries

Op 3 april 2025 hebben we de resultaten van de proef gepresenteerd aan medewerkers van de provincie Drenthe, de waterschappen Zuiderzeeland, Hunze en Aa's, Brabantse Delta en Noorderzijlvest, Rijkswaterstaat, het ministerie van LNV en de agrarische natuurverenigingen Agrarische Natuur Drenthe (AND) en Agrarische Natuurvereniging Oost Groningen (ANOG). Doel van deze bijeenkomst was om partijen te informeren over de proef.

7.1.6 Actualisatie factsheets

Na het proefseizoen 2022 zijn factsheets opgesteld voor de volgende maatregelen: putjesrol, woeltand en bezink- en infiltratiegreppel. Deze factsheets zijn geactualiseerd met de onderzoeksresultaten van 2023 en 2024 en samen met deze eindrapportage breed bekend gemaakt via een persbericht en via de websites van CLM en Delphy.

7.2 Kennisdeling eerdere seizoenen

Ook in 2022, 2023 en eerder in 2024 is de binnen het onderzoek opgedane kennis breed gedeeld. Onder andere via de volgende activiteiten en communicatiemiddelen:

- Op 22 juni 2023 heeft BoerenNatuur Flevoland 'Flevoland Bloeit' georganiseerd. Voor dit evenement hebben we een poster gemaakt over de afspoelingsproeven in 2021 en 2022. Provincie Flevoland heeft in haar stand tijdens de dag informatie gegeven over de afspoelingsproeven.
- Op 25 augustus 2023 hebben we een persbericht verstuurd over de doorgang van de afspoelingsproeven in 2023 en 2024 met de titel 'Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland gaan door in 2023 en 2024'.
- Op 23 november 2023 hebben we een persbericht verstuurd over de resultaten van 2021 en 2022 genaamd 'Oppervlakkige afspoeling verschilt sterk per grondsoort'. Beide persberichten zijn ook op de websites van Delphy en CLM geplaatst.
- Op 6 februari 2023 en op 26 februari 2024 zijn de resultaten gedeeld tijdens de Kennisdag Bodem en Water Flevoland. Journalist Jorg Tönjes schreef er een artikel over in Akkerwijzer. De workshop was goed bezocht.
- In maart 2023 en 2024 hebben we de resultaten gepresenteerd aan een breed gezelschap van medewerkers van provincies, waterschappen, ministeries en CropLifeNL.
- Op 11 maart 2024 heeft CLM zowel de Toolbox Emissiebeperking als de Praktijkproeven perceelsafspoeling toegelicht, tijdens de gewasbeschermingsavond van waterschap Zuiderzeeland.
- Elk proefjaar zijn de opzet en resultaten 2 keer per jaar toegelicht aan provincie Flevoland, waterschap Zuiderzeeland en deelnemende en geïnteresseerde akkerbouwers en bollentelers.
- Op de Pootaardappeldag (30 juni 2022) zijn de resultaten van 2021 en de proefopzet van 2022 toegelicht. Onder andere Akkerwijzer heeft hierover een artikel geschreven. Ook op de Peendag (5 oktober 2022) is de

proef toegelicht. Vollegrondsgroente.net plaatste naar aanleiding daarvan een artikel, net als het vakblad v/d GROND. Op beide dagen was de pers ruimschoots aanwezig en waren er ongeveer 100 bezoekers.

- Op 20 maart 2023 hebben we het onderzoek gepresenteerd tijdens de nutriëntenbijeenkomst, georganiseerd door waterschap Zuiderzeeland. De avond was bedoeld voor bodem- en bemestingsadviseurs in Flevoland.
- Op 16 mei 2023 hebben we de resultaten gepresenteerd aan 15 medewerkers van BASF uit Denemarken, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, Hongarije en Italië. De groep bestond uit water- en bodemexperts van BASF, die verantwoordelijk zijn voor product stewardship in de Europese landen, evenals wetenschappers vanuit het hoofdkantoor die ondersteuning aan de landen bieden en zelf ook onderzoek doen.
- In juni 2023 is een artikel verschenen in vakblad Boerderij en in Food & Agribusiness, met daarin de belangrijkste resultaten en conclusies van het onderzoek. Daarnaast heeft de betreffende journalist één van de akkerbouwers geïnterviewd waar de proef was aangelegd; zie ook: <https://www.boerderij.nl/perceelsafspoeling-regenwater-niet-overal-hetzelfde>



8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In de hoofdstukken hiervoor hebben we per deelonderzoek de conclusies en discussie beschreven. In dit hoofdstuk herhalen we deze conclusies -voor het overzicht - en vullen we ze aan met aanbevelingen.

8.1 Conclusies

8.1.1 Algemeen

- De drie onderzoeksjaren 2022, 2023 en 2024 verschilden sterk van elkaar qua hoeveelheid neerslag en afspoeling. Op het KNMI-meetstation in het zuidwesten van de Noordoostpolder was de hoeveelheid neerslag in het meetseizoen (juli t/m november) respectievelijk 298 mm, 612 mm en 396 mm. De afspoeling in diezelfde periode was respectievelijk 36.450 liter/ha, 63.726 liter/ha en 21.748 liter/ha. De verschillen qua weer -en de invloed daarvan op de bodemkwaliteit- lijken grote invloed te hebben op de geteste maatregelen.
- In 2024 is uitzonderlijk weinig afgespoeld, vergeleken met eerdere jaren. In 2023 trad afspoeling vaker op en spoelden er per keer ook meer liters af. In 2022 was het aantal keer dat afspoeling optrad vergelijkbaar met 2024. Per keer spoelden er in 2022 wel meer liters af.
- De hoeveelheid afspoeling is sterk afhankelijk van de grondsoort. Dit ligt met name aan de granulaire samenstelling; een laag lutumgehalte, in combinatie met een hoog siltgehalt. Daarnaast is bodemmanagement van belang.
- Afspoeling kan ook binnen een perceel verschillen.
- De afspoeling verschilde in 2024 sterk van perceel tot perceel, ook binnen dezelfde regio.
- Afspoeling treedt op voordat de bodem verzadigd is. Een deel van het regenwater infiltreert in de bodem, een deel spoelt af.
- Ook beregening kan op afspoelingsgevoelige gronden afspoeling veroorzaken.

- De invloed van een bewerking met de woeltand en de putjesrol op oppervlakkige afspoeling kan van jaar tot jaar en van maand tot maand verschillen.

8.1.2 Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd

- In het droge jaar 2022 spoelde significant minder water af bij de behandeling putjesrol (bij buien >40 l afspoeling gemiddeld van de controlevelden). Op de proefvelden werd de afspoeling met gemiddeld 75% verminderd. In het natte jaar 2023 verminderde de putjesrol de afspoeling alleen in de maand juli. Na een natte winter en erg natte lente in 2024 zorgde de putjesrol in september en oktober voor meer afspoeling dan de controle. De putjesrol kan afspoeling verminderen als deze onder goede omstandigheden wordt toegepast. Bij toepassing ervan in een nat voorjaar, kan de putjesrol juist voor meer afspoeling zorgen.
- In het droge jaar 2022 had de behandeling woeltand geen effect op de afspoeling. In het natte jaar 2023 verminderde de woeltand de afspoeling in juli, maar vermeerderde die juist in augustus en oktober. In 2024 had de maatregel woeltand opnieuw geen effect op de afspoeling. Toepassing van de woeltand kan de bodemkwaliteit verbeteren, afhankelijk van het herstellend vermogen van de bodem.
- In 2022 en 2023 had de woeltand (toegepast in beide behandelingen) een positief effect op de bodemkwaliteit in november: het verminderde de vorming van slomp. In 2024 zorgde de toepassing van de woeltand echter voor de vorming van een breukvlak/compactie van de grond, deze effecten waren een paar weken later niet meer zichtbaar.
- De slechtere bodemstructuur in augustus is naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door het moment van bewerking: het voorjaar van 2024 was te nat om een grondbewerking uit te voeren. Een bewerking onder te natte omstandigheden veroorzaakt versmering en verdichting van de bodem. Opvallend is dat dit bij de woeltand niet voor meer afspoeling heeft gezorgd, maar wel bij de combinatie woeltand en putjesrol.
- Zowel de woeltand als de putjesrol zijn maatregelen die in principe goed ingepast kunnen worden in de landbouwpraktijk. Beide maatregelen vergen vakmanschap, zodat verslechtering van de bodemstructuur wordt voorkomen. Bij praktijktoepassing worden maatregelen bij voorkeur in combinatie met een andere werkgang (zoals aanaarden/frezen) toegepast.

8.1.3 Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring

- Er is in 2024 op negen verschillende percelen ervaring opgedaan met maatregelen om afspoeling te beperken. Door storingen in de data-loggers die de meetgegevens vastleggen is een deel van de gegevens helaas verloren gegaan.
- Op drie percelen is ervaring opgedaan met een dubbele greppel of cascadegreppel. In alle gevallen bleek de opzet werkbaar en inpasbaar in de teelt. Waar afspoeling gemeten is, bleek die lager te zijn dan bij een enkele greppel, zowel op de zware zavel in Oostelijk Flevoland als op de lichte zavel in het westen van de Noordoostpolder. Op beide percelen was de afspoeling sowieso vrij beperkt, waardoor het bergend vermogen van de greppels voldoende bleek te zijn. Deze maatregel kan worden aanbevolen, zeker op percelen met beperkte afspoeling. De maatregel kan tevens gecombineerd worden met een bufferstrook die voor extra buffering zal zorgen.
- De putjesrol is op vijf percelen beproefd. De putjes leveren vrijwel geen belemmering op in de teelt. Wel vergt de inpassing met andere werkzaamheden aandacht. Zo moet de rol na of tegelijk met aanaarden worden toegepast en kunnen de putjes kapotgereden worden door een spotsprayer. Verschillende gebruikers geven aan dat extra gewicht op de rollen de putjes kunnen verbeteren. Het effect daarvan op de bodemkwaliteit is echter nog onduidelijk. Een ondernemer zag dat de kunstmest beter bleef liggen in de lelieteelt. In teelten op bedden, zoals de lelieteelt kan een bredere putjesrol worden toegepast. De meetresultaten waren wisselend bij de putjesrol. In een perceel spoelde meer af, en bij lelies wisselden de verhoudingen tijdens het seizoen. In witlof was er juist consistent minder afspoeling.

8.1.4 Effect van maatregelen op gewasopbrengst

- Geen van de onderzochte maatregelen heeft effect gehad op de gewasstand, opbrengst en kwaliteit van pootaardappel en peen.

8.1.5 Dynamiek van afspoeling

- De samenhang tussen de intensiteit van neerslag en afspoeling lijkt voor de hand liggend. In de onderzoeksjaren 2022 tot en met 2024 bleek dit verband echter niet zichtbaar. De intensiteit (gemeten in mm/15 minuten) voorspelt niet rechtstreeks de afspoeling. Het lijkt erop dat andere factoren meespelen. Mogelijk gaat het om het moment van de voorgaande bui, de gewasstand, de vochtigheid van de toplaag van de bodem en de bui intensiteit op een andere resolutie, bijvoorbeeld in millimeters per minuut of per 5 minuten.

- De werkzame stoffen van de gewasbeschermingsmiddelen die gebruikt zijn, spoelen allemaal deels af. De verstreken tijd sinds de laatste bespuiting heeft zeker invloed op de concentratie, maar is niet allesbepalend. Ook het bindend vermogen van een stof aan bodemdeeltjes heeft invloed.
- Het afspoelende water is geanalyseerd op nitraat en fosfaat. Fosfaat is nauwelijks aangetroffen. Nitraat is wel aangetroffen, maar zorgt niet voor een overschrijding van de EU-richtlijn voor nitraat.
- Bij de buien van 2024 is geen verschil waargenomen in somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen tussen de putjesrol-/reliëfgroep en de controlegroep. Ook voor bijna alle individuele stoffen is er geen verschil gevonden. De putjesrol heeft geen effect op de concentratie gewasbeschermingsmiddelen in het afspoelende water.
- In 2023 en 2024 is geen first flush waargenomen. Wel is in 2024 voor een deel van de stoffen een 'omgekeerde first flush' waargenomen: de concentratie nam toe in de mengmonsters van de 20^e tot 40^e liter en de 40^e tot 60^e liter ten opzichte van het mengmonster van de 1^e 20 liter die afspoelde. Het is onduidelijk hoe dit komt. In 2022 is één keer een first flush aangetoond, bij een beregening na een droge periode.
- De resultaten laten zien dat een overschrijding van de waterkwaliteitsnorm als gevolg van oppervlakkige afspoeling theoretisch gezien mogelijk is. Het percentage van de bespuiting dat door afspoeling van een paar buien in de sloot kan komen was in 2024 meestal lager dan het percentage van een bespuiting dat door drift in de sloot kan komen. Afspoeling kan – in tegenstelling tot drift- meerdere keren na een bespuiting voorkomen, wat de bijdrage van deze emissieroute vergroot.

8.2 Aanbevelingen

- Door de vele variatie tussen jaren, tussen percelen en binnen het perceel is langjarig onderzoek nodig om het effect van maatregelen als woeltand en putjesrol op afspoeling te duiden. We bevelen aan om op verschillende grondsoorten langjarig onderzoek te doen naar de mate van afspoeling en het effect van verschillende maatregelen hierop.
- Specifiek voor de putjesrol bevelen we aan op de werking daarvan verder te onderzoeken. Zoals het moment van toepassen, de manier waarop de grond wordt losgemaakt, de druk op de rol en de breedte van de rol.



9. HANDVATTEN VOOR TELERS IN FLEVOLAND

Na vier jaar afspoelingsonderzoek in Flevoland hebben we veel geleerd én zijn er nog veel processen onduidelijk. Nu het onderzoek geen vervolg krijgt in Flevoland, willen we ondernemers praktische handvatten geven om afspoeling vanaf hun percelen tegen te gaan. In dit hoofdstuk zijn deze handvatten uitgewerkt.

1. Goed bodembeheer is essentieel om afspoeling te verminderen of voorkomen.
2. Leg een op afschot gekilverd perceel vlak(ker).
3. Zorg dat geen afspoeling op kan treden bij beregening. Beregen kleinere hoeveelheden en/of sluit afvoerbuizen en -greppels af.
4. Zorg dat geen afspoeling op kan treden bij kleine buitjes. Dit gebeurt met name op afspoelingsgevoelige gronden, waar standaard een afvoergreppel wordt aangelegd. Afspoeling tijdens kleinere buien kan bijvoorbeeld worden voorkomen door:
 - a. Een schep grond in de afvoergreppel te leggen. De grond zal kleinere hoeveelheden afspoeling tegenhouden en spoelt bij grotere hoeveelheden afspoeling mee, zodat water niet op het perceel blijft staan.
 - b. De afvoerbuis in de afvoergreppel iets hoger te leggen. Hierdoor kan de afvoergreppel eerst een deel van het water bergen, voordat het wordt afgevoerd naar de sloot.
 - c. De afvoerbuis geheel of voor de helft af te doppen. Door de afvoerbuis in zijn geheel af te doppen en alleen open te maken als flinke buien worden verwacht, wordt afspoeling tijdens kleinere buien voorkomen. Door de buis voor de helft af te doppen wordt extra opvangcapaciteit gecreëerd, wat de frequentie van afspoeling zal verminderen.
5. Een infiltratiegreppel is alleen effectief bij kleinere hoeveelheden afspoeling. Een 2^e greppel (cascade- of dubbele greppel) en/of een bufferstrook verhoogt de opvangcapaciteit.

6. Teel je op afspoelingsgevoelige gronden? Zorg dan voor een combinatie van maatregelen op het perceel én op de kopakker.
7. We verwachten een goed effect van de erosiestopper-/drempeltjes-machine om afspoeling te verminderen. Om overlast te voorkomen kunnen deze ook alleen in de paden worden aangelegd waar niet wordt gereden met bijvoorbeeld de ziekzoekkar of tijdens de oogst.
8. Pas op met grondbewerking in een natte periode.
9. De effectiviteit van de putjesrol is mede afhankelijk van de manier waarop deze wordt toegepast. Het gaat daarbij met name om de manier waarop de grond wordt losgemaakt en de bodemgesteldheid.

REFERENTIES

Bosland, H., Folkersma, R., Gooijer, Y., Van Middelaar, J., Stout, B., Vedelaar, N., Walsweer, A. en Wander, J. (2024) Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2023: Effectiviteit en praktische toepasbaarheid van maatregelen tegen afspoeling.

Folkersma, R., Gooijer, Y., Stout, B., Wander, J. (2021). Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland: Eindrapportage proefjaar 2021.

Folkersma, R., Van Middelaar, J., Gooijer, Y., Stout, B., Vedelaar, N., Brouwer, T., Wander, J. (2023). Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2022: Effectiviteit en praktische toepasbaarheid van maatregelen op afspoeling in beeld.

Gilissen, H. K., de Vries, S., & van den Brink, T. (2021). Verkenning kosten en baten Kaderrichtlijn Water (KRW): Een quickscan van kosten en baten van de KRW.

Jaarplan 2024: Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030. Bron: <https://open.overheid.nl/documenten/11f890e8-f504-4896-b9dd-291681638418/file>

KNMI website: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten>

Knoben, R., Evers, N., Kriken, A., Rost, J., Schoffele, N., De Haan, M., Van Spronsen, B., Verhagen, F., Evenblij, H., Van Velthoven, B. (2021) Ex Ante Analyse Waterkwaliteit: Ex Ante 2021



BIJLAGEN

Bijlage 1. Statistische tests en resultaten van de analyse

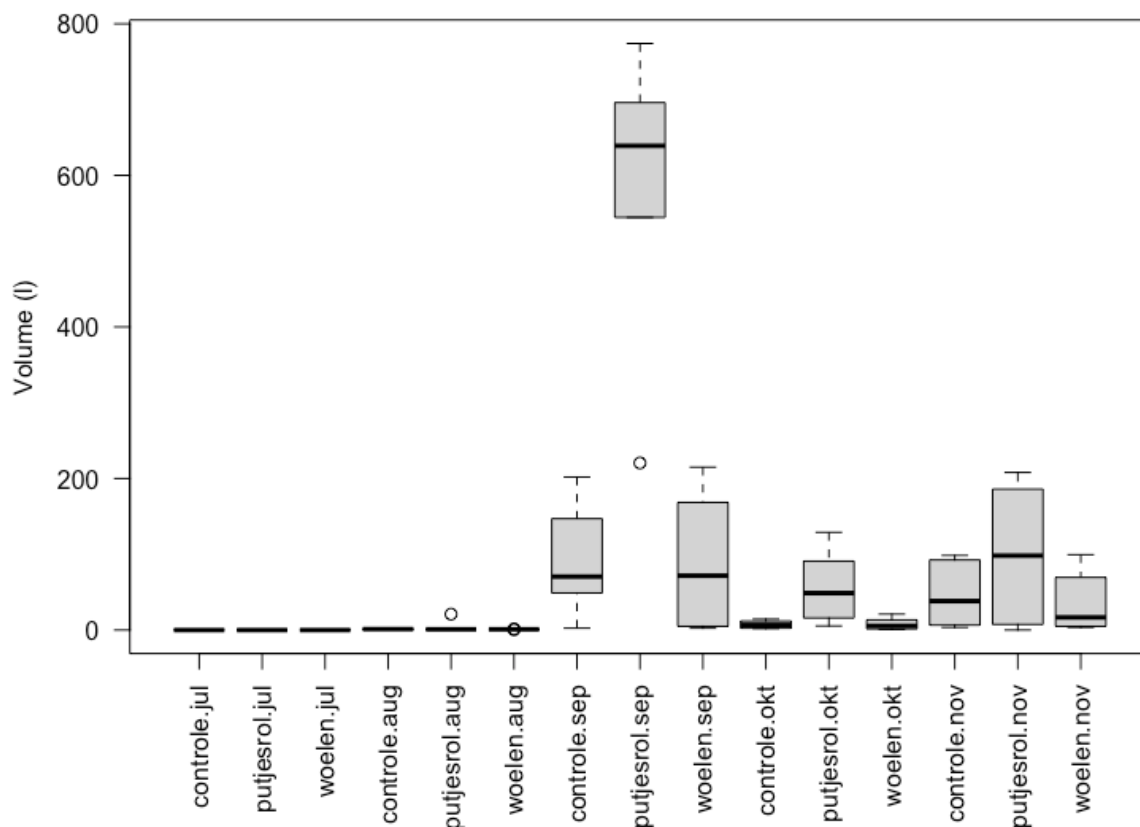
Uitkomsten praktijkproeven

Espel cumulatief per maand

Interactie maatregel:bui ja (stop)

Conclusie: Er wordt niet voldaan aan de voorwaarde van onafhankelijkheid van observaties. Het effect hangt niet alleen af van de genomen maatregel, maar verschilt ook per maand. Daarom volgt hieronder een analyse per maand.

Volume per maand en maatregel 2024 | Locatie: Espel



```
> # two-way ANOVA met Herhaling als block
> #LET OP: als er geen interactie is tussen maatregel en bui mag * worden vervangen door +
>
> Testdata <- DataEspelCumulatief
>
> Testdata
  Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
505      0   Espel jul  controle      1    0.0
506      0   Espel aug  controle      1    2.5
507      0   Espel sep  controle      1 147.0
508      0   Espel okt  controle      1   12.0
509      0   Espel nov  controle      1   32.5
510      0   Espel jul  controle      2    0.0
```

511	0	Espel aug	controle	2	1.5
512	0	Espel sep	controle	2	2.5
513	0	Espel okt	controle	2	2.5
514	0	Espel nov	controle	2	92.5
515	0	Espel jul	controle	3	0.0
516	0	Espel aug	controle	3	1.0
517	0	Espel sep	controle	3	49.0
518	0	Espel okt	controle	3	8.5
519	0	Espel nov	controle	3	44.0
520	0	Espel jul	controle	4	0.0
521	0	Espel aug	controle	4	2.0
522	0	Espel sep	controle	4	61.5
523	0	Espel okt	controle	4	5.0
524	0	Espel nov	controle	4	6.5
525	0	Espel jul	controle	5	0.0
526	0	Espel aug	controle	5	1.0
527	0	Espel sep	controle	5	79.5
528	0	Espel okt	controle	5	2.0
529	0	Espel nov	controle	5	3.5
530	0	Espel jul	controle	6	0.0
531	0	Espel aug	controle	6	1.0
532	0	Espel sep	controle	6	202.0
533	0	Espel okt	controle	6	14.5
534	0	Espel nov	controle	6	98.5
535	0	Espel jul	woelen	1	0.0
536	0	Espel aug	woelen	1	1.0
537	0	Espel sep	woelen	1	5.0
538	0	Espel okt	woelen	1	1.5
539	0	Espel nov	woelen	1	3.5
540	0	Espel jul	woelen	2	0.0
541	0	Espel aug	woelen	2	1.0
542	0	Espel sep	woelen	2	2.5
543	0	Espel okt	woelen	2	1.0
544	0	Espel nov	woelen	2	5.0
545	0	Espel jul	woelen	3	0.0
546	0	Espel aug	woelen	3	1.0
547	0	Espel sep	woelen	3	87.5
548	0	Espel okt	woelen	3	13.5
549	0	Espel nov	woelen	3	99.5
550	0	Espel jul	woelen	4	0.0
551	0	Espel aug	woelen	4	1.0
552	0	Espel sep	woelen	4	168.5
553	0	Espel okt	woelen	4	21.0
554	0	Espel nov	woelen	4	69.5
555	0	Espel jul	woelen	5	0.0
556	0	Espel aug	woelen	5	0.5
557	0	Espel sep	woelen	5	215.0
558	0	Espel okt	woelen	5	9.5
559	0	Espel nov	woelen	5	22.0
560	0	Espel jul	woelen	6	0.0
561	0	Espel aug	woelen	6	1.5
562	0	Espel sep	woelen	6	56.0
563	0	Espel okt	woelen	6	1.5
564	0	Espel nov	woelen	6	11.5
565	0	Espel jul	putjesrol	1	0.0
566	0	Espel aug	putjesrol	1	1.0
567	0	Espel sep	putjesrol	1	677.0
568	0	Espel okt	putjesrol	1	129.0
569	0	Espel nov	putjesrol	1	208.0
570	0	Espel jul	putjesrol	2	0.0
571	0	Espel aug	putjesrol	2	1.0

```

572 0 Espel sep putjesrol 2 544.5
573 0 Espel okt putjesrol 2 18.5
574 0 Espel nov putjesrol 2 7.5
575 0 Espel jul putjesrol 3 0.0
576 0 Espel aug putjesrol 3 21.0
577 0 Espel sep putjesrol 3 601.0
578 0 Espel okt putjesrol 3 16.0
579 0 Espel nov putjesrol 3 186.0
580 0 Espel jul putjesrol 4 0.0
581 0 Espel aug putjesrol 4 1.0
582 0 Espel sep putjesrol 4 774.0
583 0 Espel okt putjesrol 4 91.0
584 0 Espel nov putjesrol 4 0.0
585 0 Espel jul putjesrol 5 0.0
586 0 Espel aug putjesrol 5 1.0
587 0 Espel sep putjesrol 5 220.5
588 0 Espel okt putjesrol 5 5.5
589 0 Espel nov putjesrol 5 43.5
590 0 Espel jul putjesrol 6 0.0
591 0 Espel aug putjesrol 6 1.0
592 0 Espel sep putjesrol 6 696.0
593 0 Espel okt putjesrol 6 79.0
594 0 Espel nov putjesrol 6 153.0

```

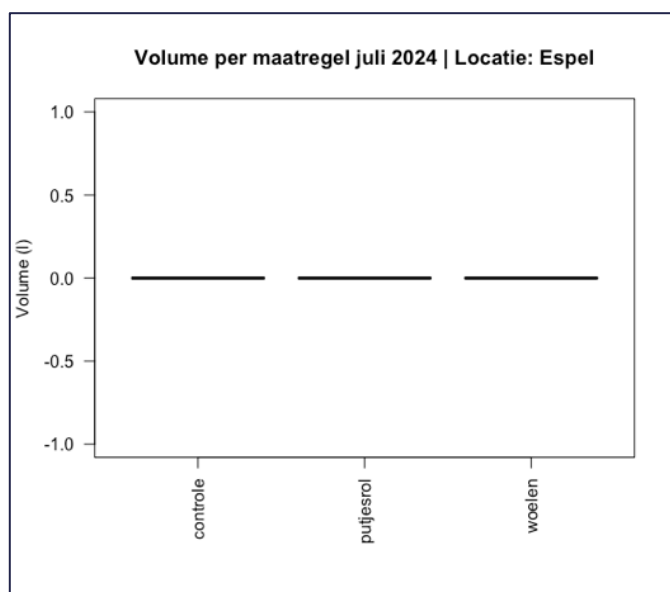
```

> #check interactie
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel * Bui, data = Testdata)
> summary(AOV)
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Herhaling   5 30712    6142   1.443    0.22
Maatregel   2 294524 147262 34.601 3.55e-11 ***
Bui         4 825983 206496 48.519 < 2e-16 ***
Maatregel:Bui 8 712718  89090 20.933 8.30e-16 ***
Residuals  70 297919   4256
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Espel cumulatief juli (19 – 31 juli)

Conclusie: Er is in deze periode geen afspoeling geweest.



```

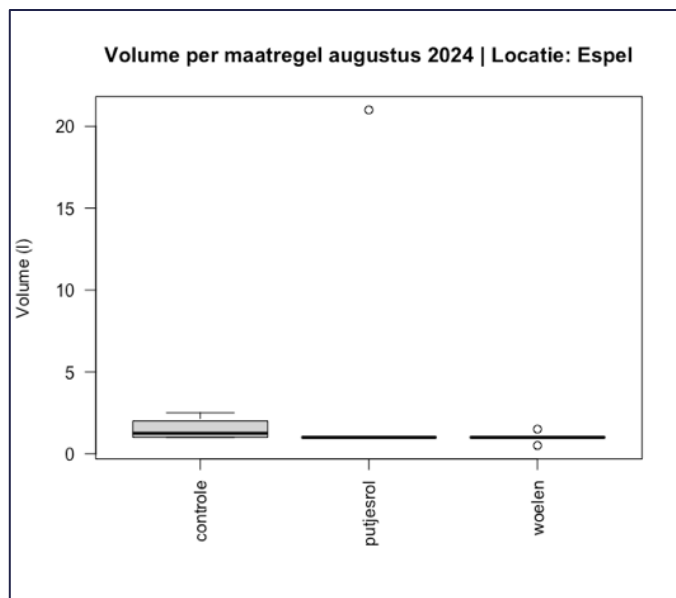
> DataEspeljuli
  Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
505    0 Espel jul controle      1    0
510    0 Espel jul controle      2    0
515    0 Espel jul controle      3    0
520    0 Espel jul controle      4    0
525    0 Espel jul controle      5    0
530    0 Espel jul controle      6    0
535    0 Espel jul woelen        1    0
540    0 Espel jul woelen        2    0
545    0 Espel jul woelen        3    0
550    0 Espel jul woelen        4    0
555    0 Espel jul woelen        5    0
560    0 Espel jul woelen        6    0
565    0 Espel jul putjesrol      1    0
570    0 Espel jul putjesrol      2    0
575    0 Espel jul putjesrol      3    0
580    0 Espel jul putjesrol      4    0
585    0 Espel jul putjesrol      5    0
590    0 Espel jul putjesrol      6    0

```

Espel cumulatief augustus

Levine's test: significant (stop)
Shapiro-Wilk test: significant (stop)

Conclusie: In juli was er vrijwel geen afspoeling. De data voldoen niet aan de aannames van de ANOVA en kon daarom niet getoetst worden.



```

>
> Testdata <- DataEspelaugustus
>
> Testdata
  Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
506    0 Espel aug controle      1   2.5
511    0 Espel aug controle      2   1.5
516    0 Espel aug controle      3   1.0
521    0 Espel aug controle      4   2.0

```

```

526 0 Espel aug controle 5 1.0
531 0 Espel aug controle 6 1.0
536 0 Espel aug woelen 1 1.0
541 0 Espel aug woelen 2 1.0
546 0 Espel aug woelen 3 1.0
551 0 Espel aug woelen 4 1.0
556 0 Espel aug woelen 5 0.5
561 0 Espel aug woelen 6 1.5
566 0 Espel aug putjesrol 1 1.0
571 0 Espel aug putjesrol 2 1.0
576 0 Espel aug putjesrol 3 21.0
581 0 Espel aug putjesrol 4 1.0
586 0 Espel aug putjesrol 5 1.0
591 0 Espel aug putjesrol 6 1.0

```

```

> #ANOVA een maand of bui
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = Testdata)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 105.28  21.06   0.913   0.51
Maatregel  2  38.78  19.39   0.841   0.46
Residuals 10 230.56  23.06

```

```

> #assumption of equal variance
> leveneTest(Volume ~ Maatregel, data = Testdata, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group 2  5.5084 0.01608 *
      15
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: AOV$residuals
W = 0.81936, p-value = 0.00289

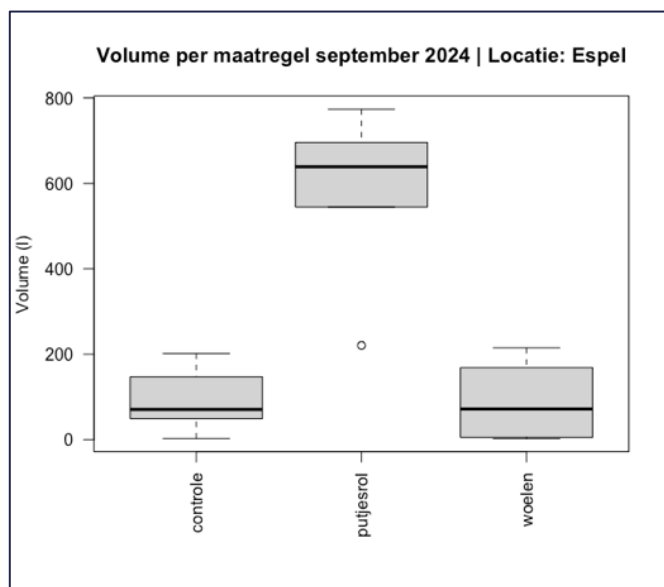
```

Espel cumulatief september

```

Levine's test:      niet significant
Shapiro-Wilk test:  niet significant
ANOVA effect maatregel: significant
Conclusie:          Bij putjesrol (wafelpatroon) spoelde er significant meer af dan bij controle en
                    woeltand. Er is geen verschil tussen controle en woeltand.

```



```
> Testdata <- DataEspelseptember
>
> Testdata
  Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
507    0   Espel sep  controle      1 147.0
512    0   Espel sep  controle      2   2.5
517    0   Espel sep  controle      3  49.0
522    0   Espel sep  controle      4  61.5
527    0   Espel sep  controle      5  79.5
532    0   Espel sep  controle      6 202.0
537    0   Espel sep   woelen      1   5.0
542    0   Espel sep   woelen      2   2.5
547    0   Espel sep   woelen      3  87.5
552    0   Espel sep   woelen      4 168.5
557    0   Espel sep   woelen      5 215.0
562    0   Espel sep   woelen      6  56.0
567    0   Espel sep putjesrol      1 677.0
572    0   Espel sep putjesrol      2 544.5
577    0   Espel sep putjesrol      3 601.0
582    0   Espel sep putjesrol      4 774.0
587    0   Espel sep putjesrol      5 220.5
592    0   Espel sep putjesrol      6 696.0

> #ANOVA een maand of bui
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = Testdata)
> summary(AOV)
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Herhaling   5  68878   13776    0.74 0.610989
Maatregel  2 983407  491703   26.40 0.000102 ***
Residuals 10 186261   18626
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> leveneTest(Volume ~ Maatregel, data = Testdata, center = mean)
      Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group  2  1.6636 0.2226
      15

> #assumption of normality of residuals overall and per group
```

```
> shapiro.test(AOV$residuals)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: AOV\$residuals

W = 0.92939, p-value = 0.1895

```
> #if you want to do pairwise comparisons after a succesful and significant ANOVA
```

```
> df <- Testdata
```

```
> pairwise.t.test(df$Volume, df$Maatregel, p.adj='none')
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: df\$Volume and df\$Maatregel

controle putjesrol

putjesrol 8.8e-06 -

woelen 0.99 8.5e-06

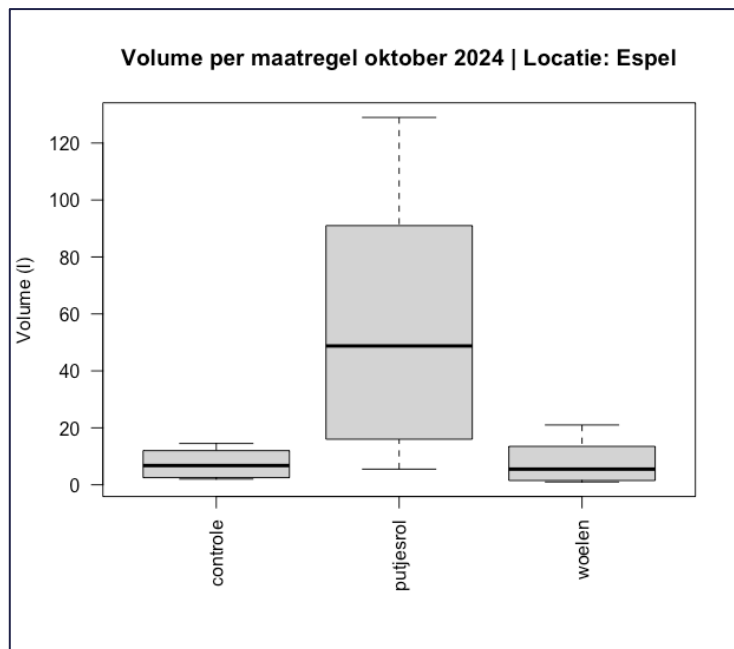
P value adjustment method: none

Espel cumulatief oktober

Levine's test: significant (stop)

Shapiro-Wilk test: niet significant

Conclusie: Er wordt niet voldaan aan de voorwaarde van gelijke varianties. De data konden daarom niet getoetst worden.



```
> Testdata <- DataEspeloktober
```

```
>
```

```
> Testdata
```

Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume

508 0 Espel okt controle 1 12.0

513 0 Espel okt controle 2 2.5

518 0 Espel okt controle 3 8.5

523 0 Espel okt controle 4 5.0

528	0	Espel okt	controle	5	2.0
533	0	Espel okt	controle	6	14.5
538	0	Espel okt	woelen	1	1.5
543	0	Espel okt	woelen	2	1.0
548	0	Espel okt	woelen	3	13.5
553	0	Espel okt	woelen	4	21.0
558	0	Espel okt	woelen	5	9.5
563	0	Espel okt	woelen	6	1.5
568	0	Espel okt	putjesrol	1	129.0
573	0	Espel okt	putjesrol	2	18.5
578	0	Espel okt	putjesrol	3	16.0
583	0	Espel okt	putjesrol	4	91.0
588	0	Espel okt	putjesrol	5	5.5
593	0	Espel okt	putjesrol	6	79.0

```
> #ANOVA een maand of bui
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = Testdata)
> summary(AOV)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Herhaling	5	4735	947	1.131	0.4042
Maatregel	2	9524	4762	5.689	0.0224 *
Residuals	10	8370	837		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> #assumption of equal variance
> leveneTest(Volume ~ Maatregel, data = Testdata, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
```

	Df	F value	Pr(>F)
group	2	27.615	9.371e-06 ***

```
15
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

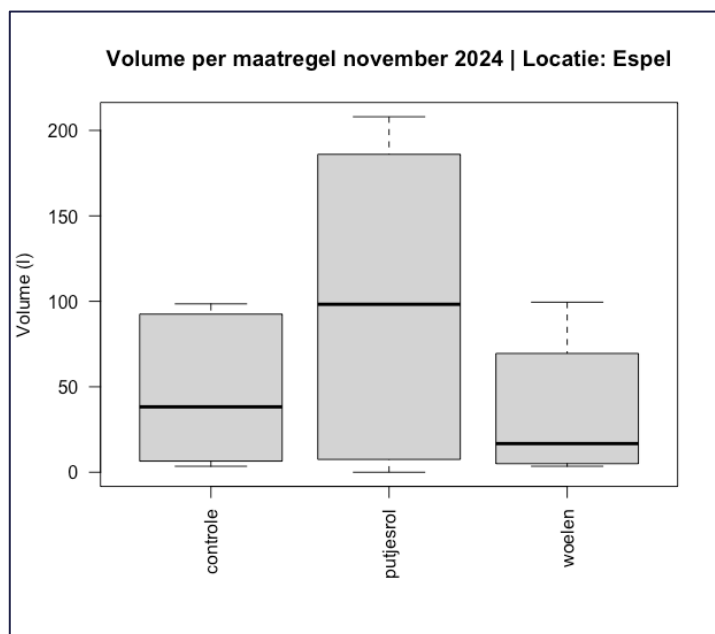
```
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: AOV\$residuals
W = 0.93217, p-value = 0.212

EspeI cumulatief November (1 – 22 november)

Levine's test:	significant (stop)
Shapiro-Wilk test:	niet significant
Conclusie:	Er wordt niet voldaan aan de voorwaarde van gelijke varianties. De data konden daarom niet getoetst worden.



```
Testdata <- DataEspelnovember
```

```
>
```

```
> Testdata
```

```
  Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
```

```
509    0 Espel nov controle    1 32.5
514    0 Espel nov controle    2 92.5
519    0 Espel nov controle    3 44.0
524    0 Espel nov controle    4  6.5
529    0 Espel nov controle    5  3.5
534    0 Espel nov controle    6 98.5
539    0 Espel nov woelen     1  3.5
544    0 Espel nov woelen     2  5.0
549    0 Espel nov woelen     3 99.5
554    0 Espel nov woelen     4 69.5
559    0 Espel nov woelen     5 22.0
564    0 Espel nov woelen     6 11.5
569    0 Espel nov putjesrol   1 208.0
574    0 Espel nov putjesrol   2  7.5
579    0 Espel nov putjesrol   3 186.0
584    0 Espel nov putjesrol   4  0.0
589    0 Espel nov putjesrol   5 43.5
594    0 Espel nov putjesrol   6 153.0
```

```
> #ANOVA een maand of bui
```

```
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = Testdata)
```

```
> summary(AOV)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 20697   4139  1.052  0.440
Maatregel  2 14273   7136  1.813  0.213
Residuals 10 39355   3935
```

```
> #assumption of equal variance
```

```
> leveneTest(Volume ~ Maatregel, data = Testdata, center = mean)
```

```
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
```

```
      Df F value    Pr(>F)
```

```
group 2 12.218 0.0007103 ***
15
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

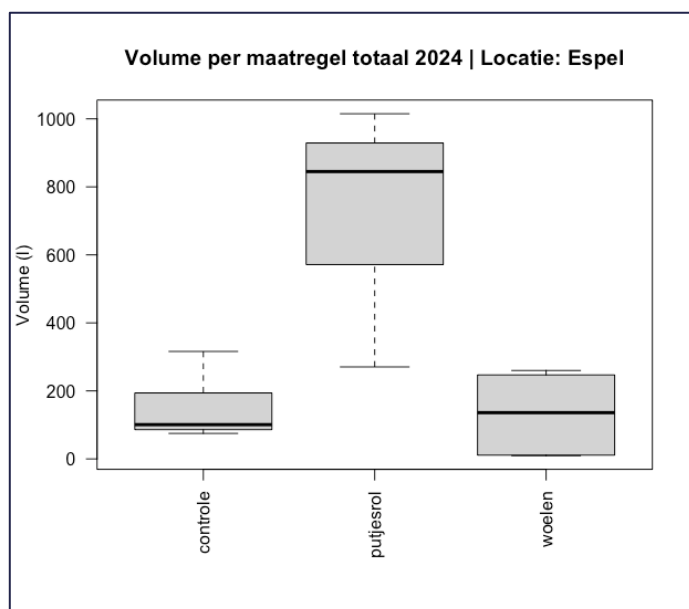
```
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: AOV\$residuals
W = 0.94354, p-value = 0.3328

Espel totaal

Levine's test: significant (stop)
Shapiro-Wilk test: niet significant
Samengevat: Er wordt niet voldaan aan de voorwaarde van gelijke varianties. De data konden daarom niet getoetst worden.



```
> Testdata <- DataEspeltotaal
```

```
>
```

```
> Testdata
```

	Afgekeurd	Locatie	Bui	Maatregel	Herhaling	Volume
28	0	Espel Eindtotaal	controle	1	194.0	
56	0	Espel Eindtotaal	controle	2	99.0	
84	0	Espel Eindtotaal	controle	3	102.5	
112	0	Espel Eindtotaal	controle	4	75.0	
140	0	Espel Eindtotaal	controle	5	86.0	
168	0	Espel Eindtotaal	controle	6	316.0	
196	0	Espel Eindtotaal	woelen	1	11.0	
224	0	Espel Eindtotaal	woelen	2	9.5	
252	0	Espel Eindtotaal	woelen	3	201.5	
280	0	Espel Eindtotaal	woelen	4	260.0	
308	0	Espel Eindtotaal	woelen	5	247.0	

```

336    0    Espel Eindtotaal    woelen    6    70.5
364    0    Espel Eindtotaal putjesrol    1 1015.0
392    0    Espel Eindtotaal putjesrol    2    571.5
420    0    Espel Eindtotaal putjesrol    3    824.0
448    0    Espel Eindtotaal putjesrol    4    866.0
476    0    Espel Eindtotaal putjesrol    5    270.5
504    0    Espel Eindtotaal putjesrol    6    929.0

```

```

> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = Testdata)
> summary(AOV)

```

```

      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Herhaling   5 153562   30712   0.90 0.516986
Maatregel   2 1472622  736311  21.59 0.000235 ***
Residuals  10  341126   34113

```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```

> #assumption of equal variance

```

```
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
```

```

      Df F value    Pr(>F)
group 2  4.4005 0.03135 *
      15

```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```

> #assumption of normality of residuals overall and per group

```

```
> shapiro.test(AOV$residuals)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: AOV$residuals
```

```
W = 0.95421, p-value = 0.4948
```

Waterkwaliteit

Hieronder staat een voorbeeld van een t-test die is uitgevoerd. In de praktijk zijn er 'loops' gebruikt. In het voorbeeld wordt getest op een eventueel verschil in concentratie azoxytrobine tussen de controlegroep enerzijds en de reliëfgroep anderzijds. Het gaat in dit voorbeeld specifiek om meetmoment B, flesnummer 3.

```
# t-test voor het verschil tussen controle en relief
```

```
Meetmoment = "B"
```

```
Flesnummer = "3"
```

```
Variabele = "Azoxytrobine"
```

```
filtered_data <- all_data[all_data$Meetmoment == Meetmoment & all_data$Flesnummer == Flesnummer, ]
```

```
boxplot(filtered_data[[Variabele]] ~ filtered_data$Maatregel,
      center = mean, las=2, drop=TRUE, xlab="", ylab=Variabele, main=paste(Variabele,"in µg/l, (
Meetmoment",Meetmoment,"", Flesnummer", Flesnummer,""))
```

```
shapiro_test_R<-shapiro.test(filtered_data[filtered_data$Maatregel == "R",][[variabele]])
```

```
cat("Shapiro-Wilk test R:\n")
```

```
print(shapiro_test_R)
```

```
shapiro_test_C<-shapiro.test(filtered_data[filtered_data$Maatregel == "C",][[variabele]])
```

```
cat("Shapiro-Wilk test C:\n")
```

```

print(shapiro_test_C)

levene_test <- leveneTest(filtered_data[[variabele]] ~ Maatregel, data = filtered_data, center=mean)
cat("Levene's test:\n")
print(levene_test)

t_test <- t.test(filtered_data[[variabele]] ~ Maatregel, data = filtered_data,var.equal=TRUE)
cat("T-test:\n")
print(t_test)

```

Hieronder staat een voorbeeld van een ANOVA die is uitgevoerd. In de praktijk zijn er ‘loops’ gebruikt. In het voorbeeld wordt gezocht naar een first flush met verschillende modellen voor de stof azoxystrobine. Het gaat in dit voorbeeld specifiek om meetmoment C.

```

#One way ANOVA (first flush)

#####
#Start
Meetmoment="C"
Maatregel="C"
variabele="Azoxystrobine"

filtered_data <- all_data[all_data$Maatregel == Maatregel & all_data$Meetmoment == Meetmoment, ]

AOV_fles <- aov(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer, data = filtered_data)
cat("AOV fles:\n")
print(AOV_fles)
print(summary(AOV_fles))

#assumption of equal variance
leveneTest(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer, data = filtered_data, center = mean)

#assumption of normality of residuals overall and per group
ggqqplot(AOV_fles$residuals)
shapiro.test(AOV_fles$residuals)
ggqqplot(filtered_data,variabele, facet.by = "Flesnummer")

#Stop

Maatregel = "R"

filtered_data <- all_data[all_data$Maatregel == Maatregel & all_data$Meetmoment == Meetmoment, ]

AOV_fles <- aov(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer, data = filtered_data)
cat("AOV fles:\n")
print(AOV_fles)
print(summary(AOV_fles))

#assumption of equal variance
leveneTest(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer, data = filtered_data, center = mean)

#assumption of normality of residuals overall and per group
ggqqplot(AOV_fles$residuals)
shapiro.test(AOV_fles$residuals)
ggqqplot(filtered_data,variabele, facet.by = "Flesnummer")

#Stop

filtered_data <- all_data[all_data$Meetmoment == Meetmoment, ]

AOV_fles <- aov(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer, data = filtered_data)
cat("AOV fles:\n")
print(AOV_fles)
print(summary(AOV_fles))

```

```

#assumption of equal variance
leveneTest(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer, data = filtered_data, center = mean)

#assumption of normality of residuals overall and per group
ggqqplot(AOV_fles$residuals)
shapiro.test(AOV_fles$residuals)
ggqqplot(filtered_data,variabele, facet.by = "Flesnummer")

#Stop

AOV_fles_maatregel <- aov(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer+Maatregel, data = filtered_data)
cat("AOV fles maatregel:\n")
print(AOV_fles_maatregel)
print(summary(AOV_fles_maatregel))

#assumption of equal variance
leveneTest(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer, data = filtered_data, center = mean)
leveneTest(filtered_data[[variabele]] ~ Maatregel, data = filtered_data, center = mean)

#assumption of normality of residuals overall and per group
ggqqplot(AOV_fles_maatregel$residuals)
shapiro.test(AOV_fles_maatregel$residuals)
ggqqplot(filtered_data,variabele, facet.by = "Flesnummer")

#Stop

AOV_flesmaatregel <- aov(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer*Maatregel, data = filtered_data)
cat("AOV fles maatregel interactie:\n")
print(AOV_flesmaatregel)
print(summary(AOV_flesmaatregel))

#assumption of equal variance
leveneTest(filtered_data[[variabele]] ~ Flesnummer * Maatregel, data = filtered_data, center = mean)

#assumption of normality of residuals overall and per group
ggqqplot(AOV_flesmaatregel$residuals)
shapiro.test(AOV_flesmaatregel$residuals)
ggqqplot(filtered_data,variabele, facet.by = "Flesnummer")

#Einde
#####

```

Bijlage 2. Bodembeoordeling Locatie Espel augustus 2024

Afspoelingsproef Espel

Datum: 08-08-2024

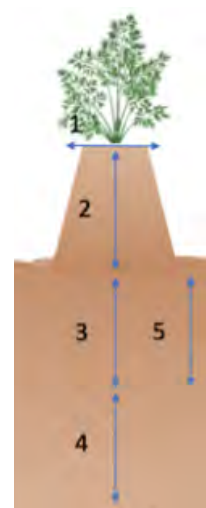
Auteur: Anne Hage

Beoordelingsmethode:

Op 8 augustus is de bodem van het proefveld visueel beoordeeld op structuur, bodemleven en daarmee poriën, beworteling en infiltratiecapaciteit door bodemexperts Anna Zwijnenburg (van Tafel naar Kavel) en Julia van Middelaar (CLM). De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter van 0 tot 10. De parameters zijn bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit. Deze parameters hebben een (indirect) effect op de waterhuishouding en daarmee op de oppervlakkige afspoeling.

De volgende vijf beoordeling zijn per proefveld uitgevoerd:

1. De **buitenkant van de rug** is beoordeeld op poriën, breuken en zichtbare sporen van afspoeling op de rug.
2. De **rug** is beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.
3. De **kluit onder de rug** is beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.
4. De **ondergrond** is beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.
5. **Tussen de rug is** beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.



In dit document worden per perceel de resultaten van de bodembeoordeling weergegeven inclusief een aantal foto's. De proefvelden zijn in duplo beoordeeld. Van de controle proefvelden is beoordeling 5 in triplo uitgevoerd, aangezien bij de voorgaande percelen deze beoordeling het meest interessant bleek. De ruggen tegenover de afvoerbuizen zijn beoordeeld op een locatie 30 meter het veld in. Op het perceel stond peen.

Locaties van profielkuilen in het veld:

1.1 = Wafel 1

1.2 = Woelen 1

1.3 = Controle 1

2.1 = Wafel 2

2.2 = Woelen 2
 2.3 = Controle 2
 3.1 = Controle 3

Eerste beoordeling

1.1 Wafel 1

1. Buitenkant rug	Wormengangen, enkele scheur, ruw			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	8	8	8	Goed
3. Kluit onder de rug	7,5	9	7,5	
4. Ondergrond	7	7	6	
5. Tussen de ruggen	6	n.v.t.	6	
Toelichting	2) Breukvlak op 13cm, kruimelig, veel poriën, geen verspoeling van zand 3) Kleine kluitjes wat samenhang indiceert, stevig, veel wortels 4) Beworteling gaat door, iets compacter maar nog steeds losse structuur, minder poriën en minder bodemleven 5) Compacte laag van 13 tot 17 cm, daarna weer open. Op 25 cm zit stro van het ploegen			



Links: Beworteling gaat door tot ongeveer 52 cm diep in de ondergrond onder de rug.

Rechts: Compacte laag van 13 tot 17 cm in de grond tussen de ruggen.

1.2 Woelen 1

1. Buitenkant rug	Wormengangen, enkele scheur, ruw.			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	7	7,5	7	
3. Kluit onder de rug	9	9	9	
4. Ondergrond	7	6	5	
5. Tussen de ruggen	6	n.v.t	4	
Toelichting	2) Stevig, overal wortels ook in de kluiten 3) Kruimelig, droog, zeer intensieve beworteling 4) Bovenkant nog veel wortels, lager wat minder maar zelfs in de gelaagde Zuiderzee-afzetting nog wortels aanwezig. Geen poriën aanwezig in deze kluit. 5) De bodemkwaliteit tussen de 0-10 cm is voldoende. Rond de 10cm is een breukvlak zichtbaar, hieronder neemt de bodemkwaliteit sterk af. De grond is hier blauw (duidt op zuurstofgebrek) en vochtig.			



Links: Zeer intensieve beworteling in de kluit onder de rug.

Rechtsboven: Breukvlak op 10 cm tussen de ruggen.

Rechtsonder: Wortels die horizontaal over het breukvlak tussen de ruggen groeien.

1.3 Controle 1

1. Buitenkant rug	Wormengangen, enkele scheur, ruw.			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	7,5	6	7,5	
3. Kluit onder de rug	8	8	9	
4. Ondergrond	5,5	6	5	
5. Tussen de ruggen	5	n.v.t.	5	
Toelichting	2) Compact, enkele kluit, structuur verder wel goed 3) Paar harde kluitjes, maar valt mooi uit elkaar 4) Beworteling loopt vast op een harde storende laag op 47 cm. Onder deze laag is de grond erg compact en vormt het een harde kluit die niet uit elkaar valt. 5) Erg compact, geen wortels en vrijwel geen bodemleven			



Links: Storende laag op 47 cm in de kluit van de ondergrond waar beworteling op vast loopt.

Rechts: Compacte grond zonder bodemleven tussen de ruggen.

Tweede beoordeling

1.2 Wafel 2

1. Buitenkant rug	Wormengangen, enkele scheur, ruw.			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	7	5	6	
3. Kluit onder de rug	8,5	9	7,5	
4. Ondergrond	8	5	5	
5. Tussen de ruggen	5	n.v.t.	5	
Toelichting	2) Een grote kluit, weinig poriën maar wel een wormgang. Grond lijkt compacter maar dat komt vooral doordat er minder poriën aanwezig zijn: dit duidt op relatief weinig bodemlevenactiviteit. 4) Geen compacte laag boven de Zuiderzee-afzetting. Geen poriën zichtbaar en minder beworteling dan wafel 1. 5) Breukvalk op 11 cm. Overal is de grond compact zonder poriën en er zijn meer dode dan levende wortels. Dit betekent dat water niet goed kan infiltreren.			



Links: Geen compacte laag boven de Zuiderzee-afzetting in de ondergrond.



Rechts: Breukvalk op 11 cm tussen de ruggen.

2.2 Woelen 2

1. Buitenkant rug	Wormengangen, enkele scheur, ruw.			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	5,5	5,5	5,5	
3. Kluit onder de rug	8,5	9	9	
4. Ondergrond	7,5	8	5,5	
5. Tussen de ruggen	5,8*	n.v.t.	5	
Toelichting	2) Veel compacte kluitjes, weinig wortels maar wel duidelijk zichtbaar, weinig poriën 3) Rul, valt mooi uit elkaar, kruimelstructuur, veel poriën. 4) Klein beetje beworteling aanwezig, boven in een enkele porie, gebrokkeld. 5) 0-14 cm los, na 14 cm compact, nat en blauwe vlekjes.			

*0-14 cm was een 7,5. Na 14 cm was een 4.



Links: Veel kluiten in de rug en weinig wortels en poriën.

Rechts: Na 14 cm wordt de grond tussen de ruggen compacter en neemt de kwaliteit dus af.

2.3 Controle 2

1. Buitenkant rug	Wormengangen, enkele scheur, ruw.			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
5. Tussen de ruggen	9	8	9	Water kan hier weglopen
Toelichting	Geen compacte laag, overal poriën. Dit is de eerste keer dat de bodemexperts wortels waarnamen in de kluit tussen de ruggen.			



Geen compacte laag en wel wortels.

Derde beoordeling

3.1 Controle 3

1. Buitenkant rug	Zelfde beeld als voorgaande beoordelingen			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
5. Tussen de ruggen	8	7	8	
Toelichting	De mate van bodemlevenactiviteit is hoog en er groeien wortels tussen de ruggen. Op 10 cm diepte is een verdichte laag aanwezig die mogelijk is ontstaan door een bodembewerking.			



Boven: Verdichte laag op 10 cm.

Onder: Veel bodemleven en wortels.

Conclusies:

- Bij het gebruik van de woeltand (behandeling putjesrol en woelen) valt het op dat er tussen de ruggen op 10 tot 15 cm een compacte laag wordt terug gevonden. Het was vanwege de grote hoeveelheid neerslag die gevallen is in de winter en het voorjaar een slecht jaar om de grond te bewerken met een woeltand. We zagen een afname in bodemkwaliteit, zowel beworteling, bodemleven als structuur bij het gebruik van een woeltand. Mogelijk heeft de woeltand de bodem gesmeerd.
- Het negatieve effect van de woeltand verschilde niet tot nauwelijks tussen de 'echte' woeltand en putjesrol bewerking
- Bij controle 1 werd compacte/slechte kwaliteit bodem teruggevonden terwijl dit bij controle 2 en 3 niet het geval was. Dit komt mogelijk doordat deze kluit is gestoken in een rijspoor.

Bijlage 3. Bijlage 3: Bodembeoordeling Locatie Espel oktober 2024

Afspoelingsproef Espel

Datum: 25-10-2024

Auteur: Julia van Middelaar

Beoordelingsmethode:

Op 25 oktober is de bodem van het proefveld visueel beoordeeld op structuur, de mate van bodemlevenactiviteit en beworteling door bodemexperts Anna Zwijnenburg (van Tafel naar Kavel) en Julia van Middelaar (CLM). Deze parameters hebben een effect op de waterhuishouding/infiltratiecapaciteit en daarmee op de oppervlakkige afspoeling. De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter van 0 tot 10. Op 8 augustus is de bodem van dit perceel ook beoordeeld, toen werd waargenomen dat de behandelingen enkel tussen de ruggen van elkaar verschillen. Vandaar dat we tijdens deze tweede bodembeoordeling van dit jaar enkel de bodem tussen de ruggen hebben beoordeeld.

In dit document worden per behandeling de resultaten van de bodembeoordeling weergegeven, inclusief een aantal foto's. De proefvelden zijn in duplo beoordeeld. De ruggen tegenover de afvoerbuizen zijn beoordeeld ± 50 meter het veld in. Op het perceel stond peen.

Locaties van profielkuilen in het veld:

1.1 = Wafel 1

1.2 = Controle 1

1.3 = Woelen 1

2.1 = Wafel 2

2.2 = Controle 2

2.3 = Woelen 2

1.1 Wafel

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
<i>Tussen de rug</i>	7	n.v.t.	6
<i>Toelichting</i>	<u>Bodemstructuur</u>: Compacte structuur, breekt niet scherp af (0-25). Ondergrond is mooi los, goed waterdoorlatend, valt mooi uit elkaar (25-45). <u>Beworteling</u>: Amper beworteling aanwezig (0-25). Geen beworteling aanwezig (25-45). <u>Bodemleven</u>: Wel wat kleine poriën aanwezig, maar amper grote (0-25). Wat oude wortelgangen en een paar microporiën zichtbaar (25-45).		



1.2 Controle

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
<i>Tussen de rug</i>	8.5 (0-12cm)-6 (12-25 cm)	7.5	8 (0-12cm) – 6.5
<i>Toelichting</i>	<u>Bodemstructuur:</u> Kluit breekt op 12 cm, bovenste laag (0-12cm) krijgt een 8.5, de laag daaronder (12-25 cm) krijgt een 6, beduidend minder mooi: onderin kluit roest. <u>Beworteling:</u> In gehele kluit beworteling aanwezig. <u>Bodemleven:</u> Naar onderen steeds minder poriën aanwezig. Meer en grotere poriën dan 1.1. Ondergrond (24-45) vergelijkbaar met 1.1, hier en daar een microporie.		



1.3 Woelen

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
Tussen de rug	7	7	7
Toelichting	<u>Bodemstructuur:</u> Bewerkingslaag zichtbaar. Bodem lijkt iets compacter, kluiten breken scherper af dan 1.2. Humusarme laag op 30-35 cm, daar compact + roest + geen wortels in deze laag. <u>Beworteling:</u> Wortels aanwezig, meer fijne wortels. <u>Bodemleven:</u> Minder poriën dan 1.2, meer dan 1.1. In de ondergrond hier en daar een microporie.		



2.1 Wafel

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
Tussen de rug	7,5	7	8,5
Toelichting	<u>Bodemstructuur:</u> Wat compact (0-25cm). Op 39cm diepte een scherpe overgang, daarboven zit een verdichte laag, geen wortels hier die stoppen bij deze laag. <u>Beworteling:</u> Gelijkwaardig aan vorige objecten: beetje beworteling. Oude wortelgangen te zien in de onderlaag (25-45) <u>Bodemleven:</u> Veel bodemleven, heel veel wormen, ook grove poriën → beste behandeling tot nu toe. Hier en daar een porie (25-45 cm.)		



Ploegzaal van zo'n 5 cm op 39cm diepte, met roest. (zien we op gehele perceel)

2.2 Controle

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
<i>Tussen de rug</i>	8	7	7,5-8
<i>Toelichting</i>	<u>Bodemstructuur:</u> iets compacter dan controle 1. Weer een 5cm dikke ploegzool rond de 39cm, met roest erin. <u>Beworteling:</u> Gelijk aan de vorige behandelingen <u>Bodemleven:</u> Grove poriën. De 0-5cm iets compacter, minder poriën. Onderin de kluit weer meer poriën.		



Weer de verdichte laag

2.3 Woelen

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
<i>Tussen de rug</i>	7	7	6,5-7
<i>Toelichting</i>	<u>Bodemstructuur:</u> iets compacter (0-10cm), 10-20cm geen groot verschil i.r.t. andere behandelingen. <u>Beworteling:</u> Vergelijkbaar <u>Bodemleven:</u> Veel minder poriën. Onderkant kluit ook grote poriën. Ondergrond idem. Controle 2.		



Conclusies:

- De bodemkwaliteit in de controlestroken scoort het hoogst t.o.v. de behandelingen met de woeltand (putjesrol en woelen): kleine verschillen in beworteling, iets grotere verschillen in bodemlevenactiviteit en grootste verschillen in de structuur.
- De mindere structuur bij woelen is naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door het moment van bewerking. Het voorjaar van 2024 was te nat om in de grond een bewerking uit te voeren. Een bewerking onder te natte omstandigheden veroorzaakt versmering en verdichting van de bodem.
- Het negatieve effect van de woeltand verschilde niet tot nauwelijks tussen de 'echte' woeltand en putjesrol bewerking.
- De bodem is op alle locaties voldoende.

CLM Onderzoek en Advies

Postadres

Postbus 62
4100 AB Culemborg

Bezoekadres

Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700

www.clm.nl

Laat het goede groeien.