



Delphy
Improvement Centre

clm

Delphy

Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2023

Effectiviteit en praktische toepasbaarheid van
maatregelen tegen afspoeling

Tussenrapportage

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



Bodem



Water



Onderzoek

CLM-1218



Dit is een tussenrapportage van Delphy Improvement Centre, CLM Onderzoek en Advies en Delphy Januari, 2025
CLM-publicatienummer 1218

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, Bo Stout (allen CLM Onderzoek en Advies) en Niek Vedelaar, Angelique Walsweer (Delphy) en Johan Wander

Foto omslag: aanbrengen van reliëf met de wafelrol op een perceel met witlof

CLM Onderzoek en Advies
Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

Postbus 62
4100 AB Culemborg

www.clm.nl
0345 470 700

Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2023

Effectiviteit en
praktische
toepasbaarheid van
maatregelen tegen
afspoeling

INHOUD

Samenvatting	6
Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd	9
Proeven op praktijkschaal	10
Effect van maatregelen op gewasopbrengst	10
Dynamiek van afspoeling	10
1. Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.2 Doel	14
1.3 Leeswijzer	15
2. Proefopzet	16
2.1 Proefopzet	16
2.2 Maatregelen	17
2.2.1 Woeltand - beschrijving	17
2.2.2 Woeltand - uitvoering	18
2.2.3 Wafelrol (aanbrengen reliëf) - beschrijving	18
2.2.4 Wafelrol (aanbrengen reliëf) - uitvoering	19
2.2.5 Infiltratiegreppels – beschrijving	20
2.2.6 Infiltratiegreppels – uitvoering	21
2.2.7 Haver tussenzaai – beschrijving	22
2.2.8 Haver tussenzaai - uitvoering	23
2.2.9 Verruwde rug – beschrijving	23
2.2.10 Verruwde rug – uitvoering	24
2.3 Gewaskeuze	24
2.4 Grondsoort	25
2.4.1 Lichte zavelgronden in de Noordoostpolder	25
2.4.2 Zware zavel in Oostelijk Flevoland	25
2.5 Weersomstandigheden	26
2.6 Afvoergreppels	26
2.7 Afspoeling meten	26
2.8 Waterkwaliteit meten	27
2.9 Praktische toepasbaarheid	27
2.10 Statistische analyse	27
2.10.1 Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd	27
2.10.2 Dynamiek van afspoeling	29
2.10.3 Effect van maatregelen op gewasopbrengst	30

3. Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd	31
3.1 Achtergrondinformatie en relevantie	31
3.2 Proefopzet	32
3.3 Monitoring	33
3.3.1 Waterkwantiteit	33
3.3.2 Bodemkwaliteit	34
3.3.3 Praktijkervaring	34
3.4 Resultaten	35
3.4.1 Neerslag	35
3.4.2 Woeltand	35
3.4.3 Wafelrol	37
3.5 Conclusie en discussie	40
3.5.1 Conclusie	40
3.5.2 Discussie	41
4. Proeven op perceelsniveau voor praktijkervaring	42
4.1 Achtergrondinformatie en relevantie	42
4.2 Proefopzet	43
4.2.1 Verdiepte en gevulde infiltratiegreppel	43
4.2.2 Basismetingen	46
4.3 Monitoring	47
4.3.1 Waterkwantiteit	47
4.3.2 Praktijkervaring	48
4.4 Resultaten	48
4.4.1 De verdiepte en gevulde infiltratiegreppel	48
4.4.2 Basismetingen	51
4.5 Conclusies en discussie	57
4.5.1 Conclusies	57
4.5.2 Discussie	57
5. Effect van maatregelen op gewasopbrengst	59
5.1 Achtergrondinformatie en relevantie	59
5.2 Proefopzet	59
5.3 Monitoring	62
5.3.1 Monitoring poot aardappel	62
5.3.2 Monitoring peen	62
5.4 Resultaten poot aardappel	63
5.4.1 Gewasstand poot aardappel	63
5.4.2 Gewasopbrengst poot aardappel	63
5.5 Resultaten peen	65
5.5.1 Gewasstand peen	65
5.5.2 Bodemstructuur peen	65
5.5.3 Gewasopbrengst peen	66
5.6 Conclusie en discussie	67
5.6.1 Conclusies	67
5.6.2 Discussie	68

6. Dynamiek van afspoeling	69
6.1 Achtergrondinformatie en relevantie	69
6.2 Proefopzet	69
6.3 Monitoring	70
6.3.1 Waterkwaliteit	70
6.3.2 Neerslag en bodemvochtgehalte	71
6.3.3 Spuit- en bemestingsregistratie	72
6.4 Resultaten	72
6.4.1 Neerslag	72
6.4.2 Bodemvocht	73
6.4.3 Effect toepassingstijdstip	77
6.4.4 Verschil tussen controle en wafelrol	80
6.4.5 First Flush	83
6.4.6 Concentratie in afspoelend water versus de kwaliteitsnorm	83
6.5 Conclusies en discussie	86
6.5.1 Conclusies	86
6.5.2 Discussie	87
7. Kennisdeling	89
7.1 Poster afspoelingsproeven tijdens Flevoland bloeit	89
7.2 Persberichten	89
7.3 Workshop Kennisdag Bodem en Water Flevoland	89
7.4 Presentatie tijdens gewasbeschermingsavond Zuiderzeeland	90
7.5 Akkerbouwers denken mee over proef en resultaten	90
7.6 Informeren van andere provincies, waterschappen, CropLifeNL en ministeries	91
8. Conclusies en aanbevelingen	93
8.1 Conclusies	93
8.1.1 Algemeen	93
8.1.2 Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd	93
8.1.3 Proeven op praktijkschaal	94
8.1.4 Effect van maatregelen op gewasopbrengst	95
8.1.5 Dynamiek van afspoeling	95
8.2 Aanbevelingen	96
Referenties	97
Bijlagen	98
Bijlage 1: Statistische tests en resultaten van de analyse	99
Bijlage 2: Bodembeoordeling Locatie Espel	111

SAMENVATTING

Aanleiding

Naar aanleiding van het 6e 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 7e 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 (Folkersma e.a., 2022) en 2023. De resultaten van 2021 en 2022 zijn al gerapporteerd. In deze tussenrapportage geven we de resultaten weer van de proeven die in 2023 zijn uitgevoerd.

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 7e actieprogramma betreffende de nitraatrichtlijn: waterverontreiniging die wordt veroorzaakt door nitraten uit agrarische bronnen verminderen en verdere verontreiniging voorkomen (LNV en IenW, 2021).

Doel

Het doel van de praktijkproeven uitgevoerd in 2023 is vijfledig:

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

2. Onderzoeken wat het effect van afspoeling verminderende maatregelen is op de concentraties gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten die in het oppervlaktewater terecht komen.
3. Praktijkervaring opdoen in verschillende gebieden 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.

Proefopzet

De praktijkproeven perceelafspoeling bestaan uit vier verschillende deelonderzoeken:

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

In deelonderzoek één is in 2023 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 6 herhalingen is aangelegd.

Het ging om de volgende twee maatregelen:

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

In deelonderzoek twee zijn maatregelen op praktijkschaal aangelegd, zonder de herhalingen die nodig zijn voor statistische onderbouwing. In dit deelonderzoek hebben we gekeken naar het effect van speciale afvoergreppels op de hoeveelheid oppervlakkige afspoeling.

De volgende greppels zijn aangelegd:

- Een verdiepte, met bomenzand gevulde infiltratiegreppel.
- Een dubbele greppel.

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

- Verlaagde stikstofgift
- Woeltand
- Haver tussenzaai
- Verruwen van de rug
- Wafelrol

In deelonderzoek vier 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?

De proeven zijn aangelegd in de gewassen peen, aardappel, 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.

Deelonderzoek	Grondsoort *	Maatregelen	Waterkwantiteit	Waterkwaliteit	Bodemkwaliteit	Praktijkervaring	Opbrengst	Bodemvocht
1. Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd	Lichte zavel	Woeltand en wafelrol	Ja		Ja	Ja		
2. Proeven op praktijkschaal	Lichte en zware zavel	Verdiepte, gevulde infiltratiegreppel en cascadegreppel	Ja			Ja		
3. Effect van maatregelen op gewasopbrengst	Lichte en matig lichte zavel	Woeltand, wafelrol, haver tussezaai, verruwen rug					Ja	
4. Dynamiek van afspoeling	Lichte zavel	nvt	Ja	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 heeft daarvoor een grote kans op slomp. 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

- Het jaar 2023 was het natste en warmste jaar sinds het begin van de metingen van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Dit is een groot verschil met proefjaar 2022 dat door het KNMI als extreem warm, recordzonnig en droog wordt omschreven. Qua regen en dus ook afspoeling verschilde 2023 erg ten opzichte van 2022.
- De hoeveelheid afspoeling is sterk afhankelijk van de grondsoort. Waar op zware zavelgronden enkele tientallen liters afspoelen, gaat dit op lichte zavelgronden om enkele duizenden liters.
- Er is op lichte zavelgronden ook verschil in afspoeling binnen het perceel. Zowel in 2022 als in 2023 kwam het voor dat bij een enkele bui bij herhaling A een afspoeling van honderden liters geregistreerd werd, terwijl bij herhaling B -een tiental meters verderop- geen afspoeling werd geregistreerd.
- De effectiviteit van maatregelen verschilt bij verschillende weersomstandigheden. In het droge jaar 2022 zorgden de wafelrol en verdiepte infiltratiegreppel voor minder afspoeling. In het natte jaar 2023 was dit effect van de wafelrol alleen in juli te zien, daarna was er geen verschil meer. De woeltand liet in 2023 juist meer afspoeling zien.

Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd

- In de maand juli hebben zowel de woeltand als de wafelrol de afspoeling op lichte zavelgronden flink beperkt. Vanaf augustus verdween dat effect echter. Bij de woeltandvelden spoelde juist meer water af dan bij de controlevelden. Bij de wafelrol was vanaf augustus geen significant verschil te zien in afspoeling. Beide maatregelen hebben in het natte jaar 2023 onvoldoende gewerkt om afspoeling te verminderen.
- In de maand augustus is de afspoeling van de proefvelden die bewerkt zijn met een wafelrol (en woeltand) significant lager dan die van proefvelden bewerkt met alleen de woeltand. Het lijkt erop dat het wafelpatroon in deze maand de verhoogde afspoeling door de woeltand is tegengegaan.
- Het effect van de woeltand (te zien in de behandelingen reliëf en woelen) op het verminderen van slemp was duidelijk waarneembaar in de bodembeoordeling. In tegenstelling tot de bodem in de controlestrook was er amper inspoeling van fijn sediment tussen de ruggen te zien.

- Zowel de woeltand als het wafelpatroon zijn maatregelen die in principe goed ingepast kunnen worden in de landbouwpraktijk. De toepassing van het wafelpatroon moet wel gemechaniseerd worden, in combinatie met een andere werkgang (zoals aanfrezen).

Proeven op praktijkschaal

- In de praktijk bleek de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel geen obstakel te vormen in de teelt. Wel is de aanleg arbeidsintensief, met name het vullen van de sleuf met bomenzand. Dit gebeurde voor de proef handmatig, mogelijk kan mechanisatie dit nadeel verkleinen. De verdiepte, gevulde infiltratiegreppel was in 2023 niet effectief in het verminderen/voorkomen van afspoeling. In tegenstelling tot het drogere jaar 2022, waarin de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel wel effectief was. Dit komt waarschijnlijk doordat in 2023 een zogenaamde slompkorst gevormd is in de gevulde infiltratiegreppel, waardoor het water niet kon infiltreren.
- De dubbele infiltratiegreppel lijkt geschikt om uitgevoerd te worden in de praktijk. Voorwaarde is wel dat de kopakker breed genoeg is om een dubbele greppel aan te leggen, zodat de ondernemer geen last heeft van de greppel bij andere werkzaamheden op het perceel. De dubbele infiltratiegreppel kan meer afspoelend water bufferen en heeft daarmee een toegevoegde waarde.

Effect van maatregelen op gewasopbrengst

- Toepassing van woeltand en wafelrol hebben geen effect gehad op de peen- en aardappelopbrengst.
- De haver tussenzaai had een negatief effect op de aardappelopbrengst, door stikstofconcurrentie. Tijdig doodspuiten van de haver is noodzakelijk om dit te voorkomen.

Dynamiek van afspoeling

- Er is in 2023 geen duidelijk verband te zien tussen de totale hoeveelheid neerslag en de afspoeling op lichte zavelgronden. Een verband tussen de intensiteit van neerslag (maximaal aantal mm/15 minuten) en de hoeveelheid afspoeling is ook niet aanwezig. De hoeveelheid neerslag en de intensiteit van de neerslag zijn in 2023 op dit perceel geen goede indicatoren om de hoeveelheid afspoeling te voorspellen. Er spelen waarschijnlijk meer factoren, zoals de tijd tussen de buien, de uitgangssituatie (nat of juist droog), de gewasstand, type teelt (volvelds, bedden of ruggen) en de variatie binnen het perceel.
- Het percentage bodemvocht correspondeert goed met de verschillende buien. Afspoeling en infiltratie gaan op deze lichte

zavelgronden vaak samen op. Een deel van het water infiltreert in de bodem, een deel spoelt af.

- 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 stofeigenschappen (zoals binding en persistentie) zijn bepalend voor de concentratie van een stof in het afspoelende water.
- Het afspoelende water is geanalyseerd op nitraat en fosfaat, maar deze stoffen zijn weinig aangetroffen. In de meeste monsternamen flessen bleef de waarde onder de detectielimiet.
- Bij de buien van 2023 is geen verschil waargenomen in de somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen tussen de wafelrol/reliëfgroep en de controlegroep.
- Net als in 2022 is er in 2023 geen first flush¹ waargenomen bij regenbuien. In 2022 werd bij berekening wel een first flush waargenomen. In 2023 heeft er geen berekening plaatsgevonden.
- 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 één bui in de sloot kan komen was in 2023 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

- De resultaten van 2023 verschillen sterk van die van proefjaar 2022. Dat de woeltand (behalve in de maand juli) voor meer afspoeling heeft gezorgd was verrassend. Evenals dat de wafelrol alleen in juli een positief effect liet zien. Vanuit de bodembeoordeling is het negatieve effect van de woeltand niet te verklaren. We bevelen aan om in 2024 vaker een bodembeoordeling te doen bij controle, woeltand en wafelrol, zodat we meer zicht krijgen op het effect door het seizoen heen.
- In het oostelijke deel van de Noordoostpolder zijn in 2023 alleen zogenaamde basismetingen uitgevoerd. Dit is belangrijk om de hoeveelheid afspoeling per perceel inzichtelijk te maken. Aanbeveling is om in 2024 op deze percelen ook een maatregel te nemen op de helft van het perceel en deze te vergelijken met de gangbare andere helft.
- Door dit onderzoek hebben we inzicht in de afspoeling van ruggenteelten op zware en lichte zavelgronden in Flevoland. Om ook inzicht te

¹ 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.

krijgen in afspoeling van andere grondsoorten en andere gewassen bevelen we aan om dit onderzoek ook in andere delen van Nederland uit te voeren.

Kennisdeling

De binnen het onderzoek opgedane kennis is breed verspreid. Er zijn twee persberichten uitgebracht en het onderzoek en de eerdere rapportages zijn beschreven op de website van het Actieplan Bodem Water (ABW). De resultaten zijn toegelicht tijdens diverse bijeenkomsten: Flevoland Bloeit, Kennisdag Bodem en Water en de gewasbeschermingsavond van waterschap Zuiderzeeland. De opzet en resultaten van het onderzoek zijn twee keer besproken met een kernteam. Een team waarin onder andere de provincie, het waterschap en akkerbouwers vertegenwoordigd zijn. Ook Antea, Wageningen University and Research (WUR) en de Regieorganisatie Transitie Landelijk Gebied (RTLG) (onderdeel van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV, nu ministerie LNVN) sloten aan. Tot slot zijn de resultaten van het onderzoek tijdens een bijeenkomst 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 en de agrarische natuurverenigingen Agrarische Natuur Drenthe (AND) en Agrarische Natuurvereniging Oost Groningen (ANOG).



1. INLEIDING

CLM Onderzoek en Advies en Delphy hebben in 2021, 2022 en 2023 afspoelingsproeven uitgevoerd. In deze tussenrapportage worden voornamelijk de resultaten van de proeven weergegeven die zijn uitgevoerd in 2023. 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 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 7e Actieprogramma Nitraatrichtlijn.

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van het 6e 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 7e Nitraatactieprogramma. Hieraan hebben Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland en LTO Noord - in samenspraak met de agrarisch ondernemers - in 2021 invulling 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 doorgesamen met praktijkproeven in 2022 (Folkersma e.a., 2022) en

2023. De resultaten van 2021 en 2022 zijn al gerapporteerd. In deze tussenrapportage geven we de resultaten weer van de proeven die in 2023 zijn uitgevoerd.

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). 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 7e actieprogramma betreffende de nitraatrichtlijn: waterverontreiniging die wordt veroorzaakt door nitraten uit agrarische bronnen verminderen en verdere verontreiniging voorkomen (LNV & IenW, 2021).

1.2 Doel

Het doel van de praktijkproeven uitgevoerd in 2023 is vijfledig:

1. Onderzoeken of het effect op afspoeling van maatregelen die praktisch haalbaar zijn over meerdere projectjaren kan worden aangetoond.
2. Onderzoeken wat het effect van afspoeling verminderende maatregelen is op de concentraties gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten die in het oppervlaktewater terecht komen.
3. Praktijkervaring opdoen in verschillende gebieden 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.



2. PROEFOPZET

In 2023 is een tweetal maatregelen (de inzet van de woeltand en de wafelrol) in herhaling aangelegd, zodat de effectiviteit statistisch bepaald kan worden. Daarnaast is het effect van twee maatregelen (de gevulde infiltratie- en de cascadegreppel) op praktijkschaal onderzocht. 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 agrarisch ondernemers gebruikelijk zijn om te verbouwen: peen, aardappel, witlof 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 praktijkschaal.
3. Effect van maatregelen op gewasopbrengst.
4. Dynamiek van afspoeling.

In deelonderzoek één is in 2023 het effect van twee maatregelen op de hoeveelheid afspoeling onderzocht. Elke maatregel is in 6 herhalingen aangelegd en de afspoeling is vergeleken met een nulmeting, die ook in 6 herhalingen is aangelegd.

Het ging om de volgende twee maatregelen:

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

In deelonderzoek twee zijn maatregelen op praktijkschaal aangelegd, zonder de herhalingen die nodig zijn voor statistische onderbouwing. In dit deelonderzoek hebben we gekeken naar het effect van speciale afvoergreppels op de hoeveelheid oppervlakkige afspoeling.

De volgende greppels zijn aangelegd:

- Een verdiepte, met bomenzand gevulde infiltratiegreppel.
- Een dubbele greppel.

In deelonderzoek drie 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:

- Verlaagde stikstofgift
- Woeltand
- Haver tussenzaai
- Verruwen van de rug
- Wafelrol

In deelonderzoek vier 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 2023 zijn de volgende maatregelen getest:

- Woeltand
- Wafelrol
- 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.

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

Deelonderzoek	Grondsoort *	Maatregelen	Waterkwantiteit	Waterkwaliteit	Bodemkwaliteit	Praktijkervaring	Opbrengst	Bodemvocht
1. Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd	Lichte zavel	Woeltand en wafelrol	Ja		Ja	Ja		
2. Proeven op praktijkschaal	Lichte en zware zavel	Verdiepte, gevulde infiltratiegreppel en cascadegreppel	Ja			Ja		
3. Effect van maatregelen op gewasopbrengst	Lichte en matig lichte zavel	Woeltand, wafelrol, haver tussezaai, verruwen rug					Ja	
4. Dynamiek van afspoeling	Lichte zavel	nvt	Ja	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

Met behulp van een woeltand werd de grond tussen de ruggen tot een diepte van ongeveer 10 cm losgetrokken (figuur 2.1). De woeltand kan in de praktijk in één werkgang worden toegepast met het aanaarden/aanfrezen 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.

2.2.3 Wafelrol (aanbrengen reliëf) - beschrijving

De wafelrol kan ondiepe infiltratieputjes in de bodem tussen de ruggen aanbrengen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Dit werktuig maakt een wafelstructuur in de bodem. In de putjes blijft water staan, waardoor meer water kan worden vastgehouden op het perceel.



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



Figuur 2.2: De wafelrol laat een structuur achter in de bodem, waarin afspoelend water kan blijven staan en infiltreren.

2.2.4 Wafelrol (aanbrengen reliëf) - uitvoering

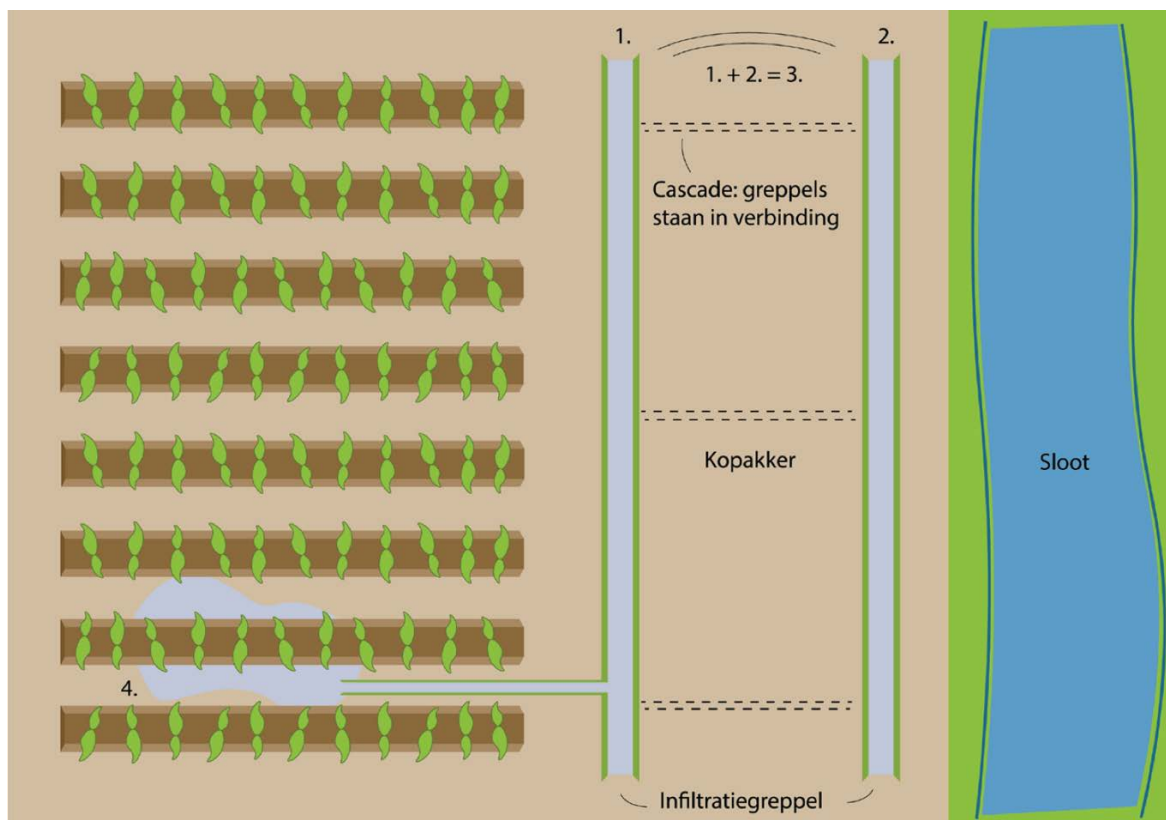
Nadat het perceel, waarop peen verbouwd werd, was aangeaard en de grond tussen de ruggen was losgetrokken met behulp van een woeltand, werd de wafelrol handmatig tussen de ruggen door getrokken (figuur 2.3). De behandeling met de wafelrol is dus een combinatie van woeltand en wafelrol. Met de woeltand wordt de grond losgetrokken, waarna de wafelrol een wafelstructuur aanbrengt in de bodem.



Figuur 2.3 De wafelrol werd handmatig tussen de ruggen door getrokken, nadat de grond machinaal was losgetrokken.

2.2.5 Infiltratiegreppels – beschrijving

Een infiltratiegreppel is een element dat wordt gebruikt om water in de grond te laten infiltreren. De greppel kan variëren in grootte en vorm, afhankelijk van de hoeveelheid water die moet worden opgevangen en de specifieke kenmerken van het perceel. De locatie van een infiltratiegreppel kan verschillen: Deze kan aangelegd worden voor de ruggen of zaibedden langs (zie nr. 1 van Figuur 2.4), parallel aan de sloot (nr. 2), een combinatie van deze twee: de zogenaamde cascadegreppel ($1 + 2 = 3$), of op de natste plek van het perceel met een uitloop naar de kopakker (4).



Figuur 2.4 Verschillende locaties en combinaties van infiltratiegreppels.

2.2.6 Infiltratiegreppels – uitvoering

In deze proef zijn twee soorten greppels aangelegd: een gevulde infiltratiegreppel voor de ruggen langs en een cascadegreppel.

De gevulde infiltratiegreppel, voor de ruggen langs, is met een sleuvenfrees gemaakt. Deze greppel was 60 cm diep ten opzichte van maaiveld, 10 cm breed en 55 m lang. De sleuf is vervolgens volgeschapt met bomenzand (figuur 2.5). Deze gevulde infiltratiegreppel werd op de helft van het perceel aangelegd, op de andere helft van het perceel werd de gebruikelijke afvoergreppel getrokken.

De aangelegde cascadegreppel bestaat uit twee greppels. De eerste greppel is langs het gewas aangelegd, de tweede greppel langs de sloot. Wanneer de eerste greppel vol water staat, loopt het water over het onverharde kavelpad naar de tweede greppel. Aan de tweede greppel is een afvoerbuis met debietmeter bevestigd om de afspoeling te meten (figuur 2.6). De lengte van de tweede greppel bij de sloot is in deze opstelling circa 30 meter lang. De eerste greppel (voor het gewas langs) is voor deze percelen al een standaardmaatregel en ligt over de hele lengte van het perceel.



Figuur 2.5 Aanleg van een verdiepte en gevulde infiltratiegreppel. Eerst werd de aanwezige afvoergreppel verdiept m.b.v. een sleuvenfrees (links), de sleuf werd gevuld met bomenzand (midden) en werd vervolgens weer in V-vorm afgewerkt (rechts).



Figuur 2.6 De cascadegreppel 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 de 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 tussenhaai - uitvoering

Deze maatregel wordt alleen op aardappelpercelen aangelegd, aangezien daar sprake is van een win-win situatie. In 2023 is de maatregel alleen aangelegd in het deelonderzoek 'Effect van maatregelen op de gewasopbrengst'. De haver is gezaaid op 31 mei (figuur 2.7). De haver is doodgespoten met Focus Plus op 24 juni.



Figuur 2.7 Opkomst van aardappelen en haver tussen de ruggen op 8 juni 2023.

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 er 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 2023 is de maatregel alleen aangelegd in 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). Dit is uitgevoerd op 4 juli.



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

2.3 Gewaskeuze

Er is gekozen om het merendeel van de praktijkproeven in ruggenteelten aan te leggen, in dit geval peen, aardappel 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 aggregaten. 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 verslemping² veroorzaken. Verslemping kan oppervlakkig plaatsvinden, maar ook dieper in de bouwvoor. In dat geval spreken we van interne slemp³. 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 Slemp: vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de toplaag wordt dichtgesmeerd met kleinere gronddeeltjes, die een harde laag vormen.

³ Interne slemp: vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de gehele bouwvoor verdicht raakt (de bouwvoor zakt na een bodembewerking in elkaar).

2.5 Weersomstandigheden

Het jaar 2023 was het natste en warmste jaar sinds het begin van de metingen van het KNMI. Een zeer natte lente werd gevolgd door een zeer warme en zonnige zomer en een zeer natte herfst (nat in september, zeer nat in oktober en extreem nat in november)⁴. Door het natte en koude voorjaar vonden de zaai- en pootwerkzaamheden in 2023 later dan normaal plaats. Het extreem natte weer in de herfst zorgde ervoor dat gewassen veel later werden geoogst of helemaal niet geoogst konden worden.

Qua regen en dus ook afspoeling verschilde het jaar 2023 erg ten opzichte van 2022. Volgens KNMI was 2022 een extreem warm, recordzonnig en droog jaar. De lente was droog en zeer zonnig, gevolgd door een zeer warme, zonnige en droge zomer. Na een natte septembermaand, was oktober zeer droog⁵.

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 schade - 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 aanwezig te zijn. De gegevens van neerslag en afspoeling konden online worden ingezien. Dat gaf een indicatie of de monsters verzameld konden worden.

⁴ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2023/jaar>

⁵ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2022/jaar>

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 sample van grofweg de eerste 20 liter afgespoeld water terecht, in de tweede fles een sample van grofweg de 20e tot de 40e liter en in de derde fles van de 40e tot de 60e 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.

2.9 Praktische toepasbaarheid

De praktische toepasbaarheid van een maatregel is belangrijk voor de adoptie ervan op grote schaal. Andere belangrijke factoren zijn de hoeveelheid tijd en materiaal die nodig is om de maatregel aan te leggen, eventuele neveneffecten van een maatregel op de oogst en bodemkwaliteit en de mate van ervaren hinder tijdens het uitvoeren van andere teelt-gerelateerde 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, een ontwikkelomgeving en programmeertaal voor statistische en data-analysedoelinden. Het script en de uitkomsten zijn toegevoegd in bijlage 1. De gevolgde procedure is hieronder per projectonderdeel beschreven.

2.10.1 Effectiviteit van maatregelen statistisch onderbouwd

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 2023. 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 veranderende prestatie van een maatregel zichtbaar.

De data met betrekking tot de hoeveelheid afgespoeld water zijn geanalyseerd met een two-way 'analysis of variance' (ANOVA)⁶, met het proefveld ('herhaling') als block factor. Hiermee hebben we de natuurlijke variatie -, die er in de praktijk tussen proefvelden bleek te zijn, meegenomen in het model.

Het model kan als volgt worden omschreven:

$$Volume = effect(herhaling) + effect(maatregel)$$

Waarbij geldt:

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

Het model zoals ingevoerd in R is:

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

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'⁷. 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 test⁸. De aanname dat de residuen normaal verdeeld zijn is gecontroleerd met een Shapiro's test⁹.

⁶Voor meer informatie over een two-way ANOVA: https://en.wikipedia.org/wiki/Two-way_analysis_of_variance

⁷ Alleen bij het model $Volume \sim Herhaling + Maatregel * Maand$ is op interactie getest. Bij het model $Volume \sim Herhaling * Maatregel$ is in tegenstelling tot de gangbare procedure niet op interactie getest, vanwege te weinig waarnemingen. In dat geval is meteen het model $Volume \sim Herhaling + Maatregel$ gedraaid.

⁸ Voor meer informatie voer een Levene's test:

https://nl.wikipedia.org/wiki/Toets_van_Levene

⁹ Voor meer informatie over een Shapiro's test: https://en.wikipedia.org/wiki/Shapiro-Wilk_test

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 Dynamiek van afspoeling

Onderzocht is of er een verschil is tussen fles 1, 2 en 3, om een eventuele first flush te kunnen vaststellen. Dit is gedaan met behulp van een one-way ANOVA¹⁰. Als er een significant resultaat was, is nagegaan of aan de voorwaarden van een ANOVA is voldaan. Dit is gedaan met Levene's test en Shapiro's test. Deze volgorde is gehanteerd om het proces te bespoedigen. Op het eerste gezicht werd al duidelijk dat nauwelijks of geen sprake was van een first flush.

Het model kan als volgt worden omschreven:

Concentratie gbm = effect (flesnummer)

Hierbij is fles 1 het monster van grofweg de eerste 20 liter, fles 2 het monster van grofweg de 20^e tot 40^e liter en fles 3 het monster van grofweg de 40^e tot de 60^e liter. Dit is afzonderlijk gedaan voor de drie meetmomenten en de verschillende maatregelen. Het is voor de verschillende stoffen gedaan, en voor het totaal aan gewasbeschermingsmiddelen.

Het model zoals ingevoerd in R is:

```
AOV <- aov(boscalid ~ Flesnummer, data =  
Data2023A[Data2023A$Maatregel=="C",])
```

Bovenstaand voorbeeld wil zeggen dat de relatie tussen de concentratie boscalid en meetmoment A (het eerste meetmoment) is onderzocht, voor de controlegroep (maatregel = C).

Er is ook gekeken naar een verschil tussen de controlegroep en de wafelrol-groep. Dit is gedaan per meetmoment, en per flesnummer. Er is een t-test gebruikt. Het model zoals ingevoerd in R is:

¹⁰ Voor meer informatie over een one-way ANOVA: https://en.wikipedia.org/wiki/One-way_analysis_of_variance

```
t.test(Boscalid ~ Maatregel,  
data=Data2023A[Data2023A$Flesnummer=="1",],var.equal=TRUE)
```

Dit voorbeeld test of er verschil is tussen de concentratie boscalid in de controlegroep enerzijds en de reliëfgroep anderzijds. Het gaat specifiek om het eerste meetmoment en de eerste fles.

De meetmomenten zijn niet samengenomen, omdat dit een extra variabele zou zijn die de analyse complexer maakt, onder andere door het ontstaan van interacties. Per meetmoment kunnen de concentraties namelijk sterk verschillen. Ook is er per flesnummer apart gekeken. Ook hier geldt dat de eerste fles (de eerste 20 liter) een andere concentratie zou kunnen hebben dan de derde fles. In sommige gevallen zijn slechts één of twee flessen in het lab geanalyseerd. Als alle flesnummers bij elkaar worden genomen in de analyse, kan – zeker bij een first flush – een vertekend beeld ontstaan, omdat de controle- en de reliëfgroep een andere samenstelling van flesnummers 1, 2 en 3 kunnen bevatten.

2.10.3 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.



3. EFFECTIVITEIT VAN MAATREGELEN STATISTISCH ONDERBOUWD

Er zijn twee maatregelen (woeltand en wafelrol) 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, 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

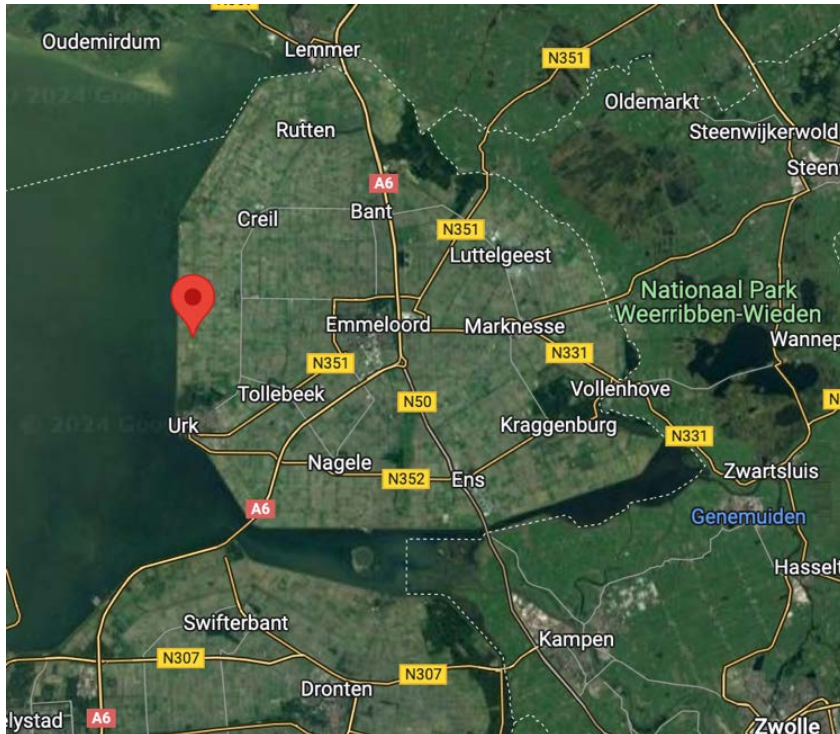
In 2022 is op zware zavel geen statistisch verschil aangetoond van de destijds onderzochte maatregelen (woeltand, haver tussenzaai, verruwde rug en wafeltjespatroon) ten opzichte van de controle. Er spoelde weinig water van het perceel, waardoor verschillen niet zichtbaar werden.

Op lichte zavel zorgde de wafelrol (voorafgegaan door de woeltand) voor significant minder afspoeling bij regenbuien waarbij meer dan 40 liter water afspoelde. Gemiddeld spoelde 75% minder water af bij de objecten met wafelrol, in vergelijking met de controle-objecten. Bij inzet van alleen de woeltand op lichte zavel is geen statistisch significant verschil in afspoeling waargenomen. Wel zagen we in de bodemkwaliteitsbeoordeling duidelijk een positief effect op het voorkomen van slemp op dit proefperceel. Het effect van de woelpoot op dit type grond is in belangrijke mate afhankelijk van een actief bodemleven.

In 2023 hebben we nogmaals de maatregelen woeltand en wafelrol onderzocht.

3.2 Proefopzet

Dit deelonderzoek is uitgevoerd op een perceel peen in het westen van de NOP (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 pin.

De behandelingen (wafelrol, 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. Om voor de heterogeniteit in het perceel te kunnen corrigeren is ervoor gekozen om de behandeling over de gehele lengte van het perceel aan te brengen. Een uitzondering is het reliëf, dit is vanwege praktische redenen over een lengte van 130 meter aangebracht. Elke behandeling is in zesvoud aangelegd.



Figuur 3.2 Links: schematische opzet van de afspoelingsproef, deze opzet in zes keer herhaald.
 Rechts: de behandelingen beginnen en eindigen op het midden van de rug.

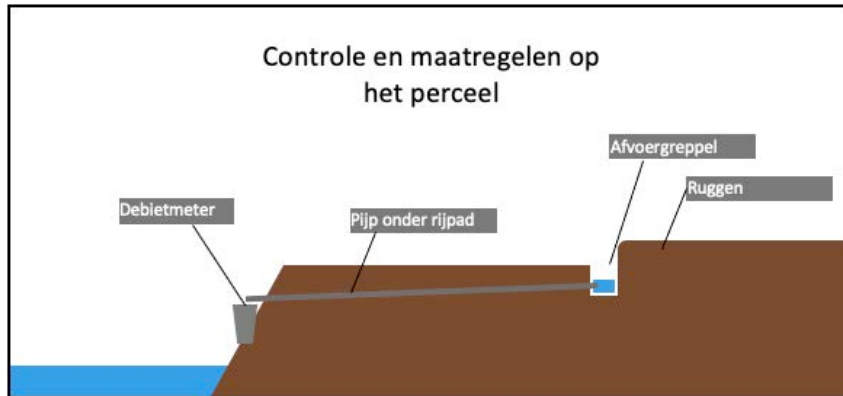
In deze paragraaf wordt beschreven hoe de gegevens over waterkwantiteit, bodemkwaliteit en informatie over de praktische toepasbaarheid van de maatregelen zijn verzameld.

3.3 Monitoring

In dit proefonderdeel hebben we het volgende gemonitord: waterkwantiteit, bodemkwaliteit en praktijkervaring van ondernemers die met de maatregelen hebben gewerkt.

3.3.1 Waterkwantiteit

De hoeveelheid afspoelend regen- en irrigatiewater wordt continu en op afstand gemeten. 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 sloot. In de slootkant staat een debietmeter, die is aangesloten op de buis (figuur 3.3). Deze debietmeter kan met behulp van een datalogger afspoeling tot 0,5 liter nauwkeurig meten en registreren. Elk kwartier stuurt de datalogger de gemeten afspoeling door naar een dashboard. Deze gegevens zijn continu online beschikbaar. De afspoeling is gedurende het gehele groeiseizoen gemeten. De hoeveelheid regen op het proefperceel is geregistreerd met een elektronische regenmeter, ook die gegevens zijn continu online beschikbaar.



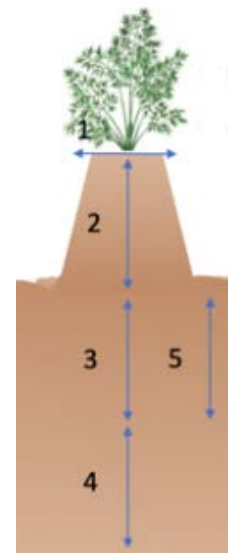
Figuur 3.3 Links: schematische weergave van de proefopzet. Rechts: met behulp van een debietmeter is oppervlakkige afspoeling continue gemeten .

3.3.2 Bodemkwaliteit

Om te onderzoeken of de verschillende behandelingen effect hebben op de bodem werden na de proef bodembeoordelingen uitgevoerd door bodem-experts van Van tafel naar kavel. Per behandeling werden vijf beoordelingen uitgevoerd in vijf verschillende herhalingen volgens de Bodemconditiescore Flevoland¹¹. Zowel in de rug (2), onder de rug (3 en 4), als tussen de ruggen (5) (figuur 3.4 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter (0 – 10). De parameters hebben een (indirect) effect op de waterhuishouding en daarmee op de oppervlakkige afspoeling.

De volgende beoordelingen zijn per proefveld uitgevoerd:

- 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.



Figuur 3.4 De bodembeoordeling werd uitgevoerd in de rug (2), onder de rug (3 & 4) en tussen de ruggen (5). De cijfers geven de precieze locatie aan

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

¹¹ Opvraagbaar bij BoerenNatuur Flevoland (<https://flevolandsagrarischnet.nl/>)

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, 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 dagen waarop er neerslag is geweest, met de hoeveelheid millimeter. Daarna worden de resultaten per maatregel gepresenteerd. Van elke maatregel is de waterkwantiteit, bodemkwaliteit en praktijkervaring beschreven. De effecten op de bodemkwaliteit zijn beknopt beschreven. In bijlage 2 is de volledige rapportage van dit onderdeel opgenomen.

3.4.1 Neerslag

In Tabel 3.1 zijn de verschillende geregistreerde regenbuien weergegeven op het proefperceel op lichte zavel in het westen van de Noordoostpolder. Vanwege het relatief natte jaar zijn alleen de buien met gemiddeld meer dan 10 liter afspoeling opgenomen. Bij elke bui is de starttijd, de duur van de bui, de hoeveelheid mm die is gevallen en de maximale intensiteit per kwartier gegeven. Er is in 2023, anders dan in 2022, niet beregend.

3.4.2 Woeltand

Deze maatregel is aangebracht op 18 juli 2023, met een werkdiepte van ongeveer 10 centimeter.

Effect op afspoeling

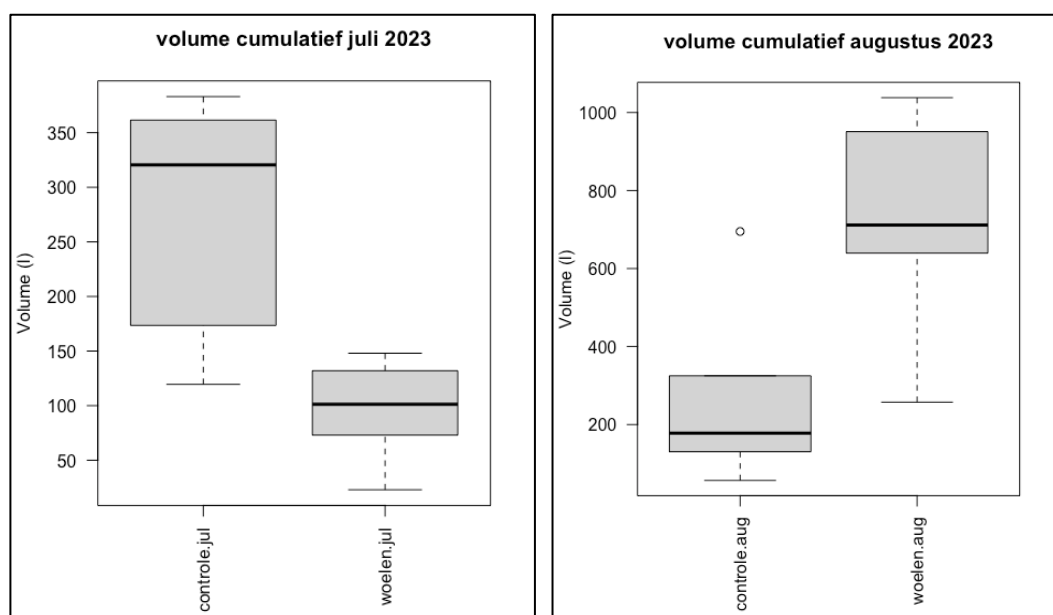
In figuur 3.5 (A en B) is het volume van de afspoeling bij toepassing van de woeltand vergeleken met de controle, voor de cumulatieve afspoeling in juli respectievelijk augustus. Figuur 3.6 geeft de cumulatieve afspoeling van de gehele gemeten periode weer.

In de maand juli spoelde er significant minder water af van de gewoelde proefvelden ten opzichte van de controle (Figuur 3.5A). In augustus spoelde juist significant meer water af bij de woeltandvelden in vergelijking met de controlevelden (Figuur 3.5B).

Tabel 3.1: Alle gemeten buien op het proefperceel met start- en eindtijd, duur van de bui, de totale hoeveelheid neerslag en de maximale intensiteit.

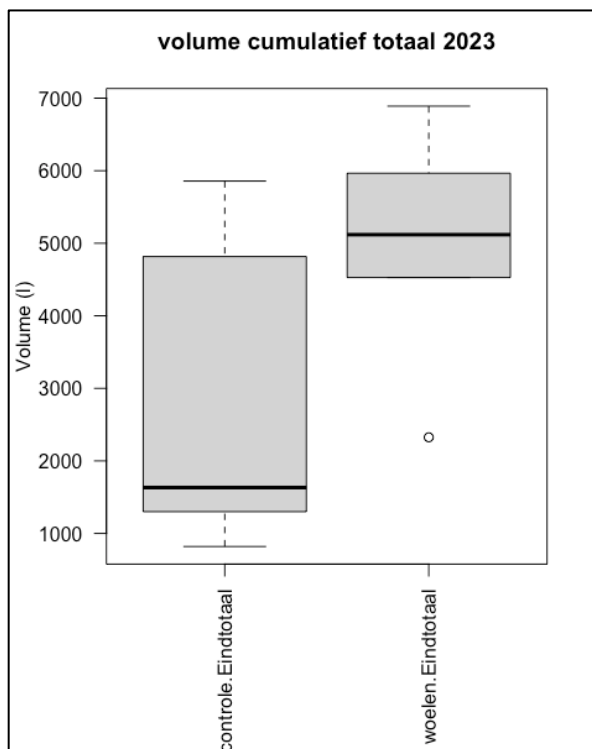
Bui nummer	Start	Einde	Duur (uu:mm)	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)
5	22-07-23 5:15	22-07-23 12:45	7:30	30,98	5,72
9	30-07-23 9:00	30-07-23 13:15	4:15	9,53	6,99
10	31-07-23 0:00	31-07-23 16:15	16:15	25,4	2,22
12	1-08-23 2:45	1-08-23 20:30	17:45	12,06	1,59
13	2-08-23 8:30	2-08-23 16:15	7:45	11,36	2,86
18	6-08-23 4:30	6-08-23 13:00	8:30	7,42	3,49
19	6-08-23 20:00	7-08-23 11:00	15:00	12,58	2,86
22 *	30-08-23 13:30	30-08-23 14:30	1:00	7	?
24 *	22-09-23 21:45	23-09-23 2:30	4:45	13	?
26	19-10-23 0:30	19-10-23 12:00	11:30	13,53	4,57
27	20-10-23 10:15	21-10-23 3:30	17:15	21,47	5,4
30	25-10-23 14:00	26-10-23 4:15	14:15	9,39	5,33
32	29-10-23 0:00	30-10-23 2:15	2:15	13,7	3,05
33	30-10-23 20:45	1-11-23 6:15	9:30	19,85	3,05
35	3-11-23 1:30	3-11-23 21:45	20:15	17,27	10,41
37	5-11-23 14:45	6-11-23 22:45	8:00	15,36	4,32
38	7-11-23 20:00	8-11-23 10:00	14:00	7,17	2,54
39	8-11-23 20:15	9-11-23 23:45	3:30	14,9	4,06
40	10-11-23 6:15	11-11-23 16:30	10:15	16,26	2,03
42	15-11-23 6:00	15-11-23 19:00	13:00	6,79	3,05

* Vanwege een storing van de weerpaal zijn hier neerslagdata uit een openbare bron gebruikt (Bayer regenmeter app).



Figuur 3.5: A: Volume afgespoeld water voor de maatregel 'woeltand' vergeleken met de controle; periode 18 – 31 juli 2023.

B: Volume afgespoeld water voor de maatregel 'woeltand' vergeleken met de controle; periode 1 – 31 augustus 2023.



Ook in oktober spoelde er significant meer water af, als gevolg van de bewerking met de woeltand. In september en november waren de verschillen minder uitgesproken. De cumulatieve afspoeling over de gehele meetperiode (18 juli tot 16 november) was significant hoger bij de gewoelde proefvelden (Figuur 3.6).

Figuur 3.6
Volume afgespoeld water voor de maatregel 'woeltand', vergeleken met de controle; periode 18 juli – 16 november 2023.

Effect op bodemkwaliteit

Op 16 november is de bodemkwaliteit beoordeeld (bijlage 2). Over het algemeen was de bodemkwaliteit tussen de ruggen verbeterd na het toepassen van de woeltand: de structuur en de infiltratiecapaciteit werden hier beter beoordeeld (minder slomp waarneembaar) dan in de controles. Het water kon echter niet verder infiltreren naar diepere grondlagen, aangezien de ondergrond verdicht was. Deze compacte ondergrond werd op het gehele perceel waargenomen en is dus niet toe te wijzen aan de bewerking met de woeltand. Vaak ontstaat een compactie van de ondergrond door de jaren heen door verschillende werkzaamheden zoals ploegen en oogstwerkzaamheden.

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 of aanfrezen. De kosten en inspanning blijven daarmee beperkt.

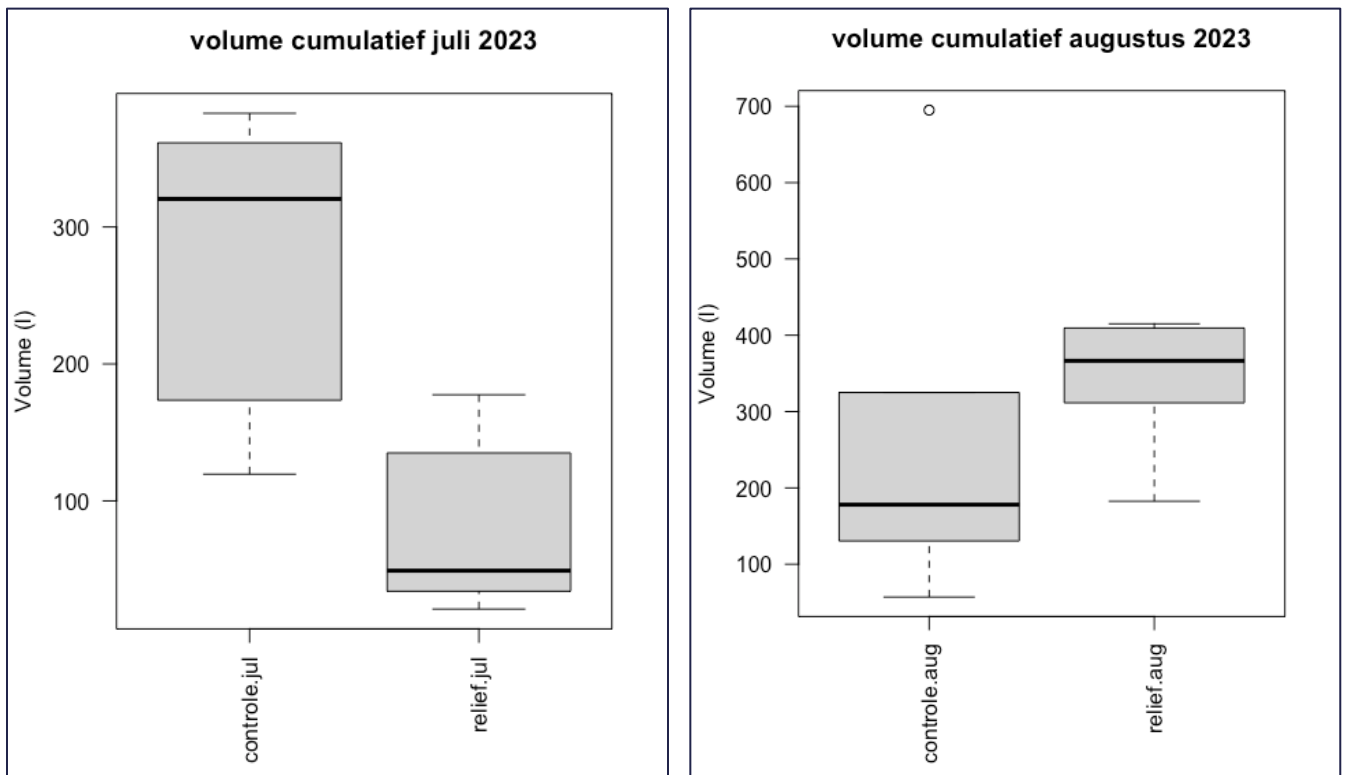
3.4.3 Wafelrol

Deze maatregel is aangebracht op 18 juli 2023, binnen enkele uren na het toepassen van de woeltand. Het is een combinatie van de woeltand (die de grond losmaakt) en de wafelrol (die een wafelpatroon in de bodem drukt).

Effect op afspoeling

In figuur 3.7 (A en B) is de cumulatieve afspoeling bij toepassing van de wafelrol vergeleken met de controlevelden, respectievelijk voor juli en augustus

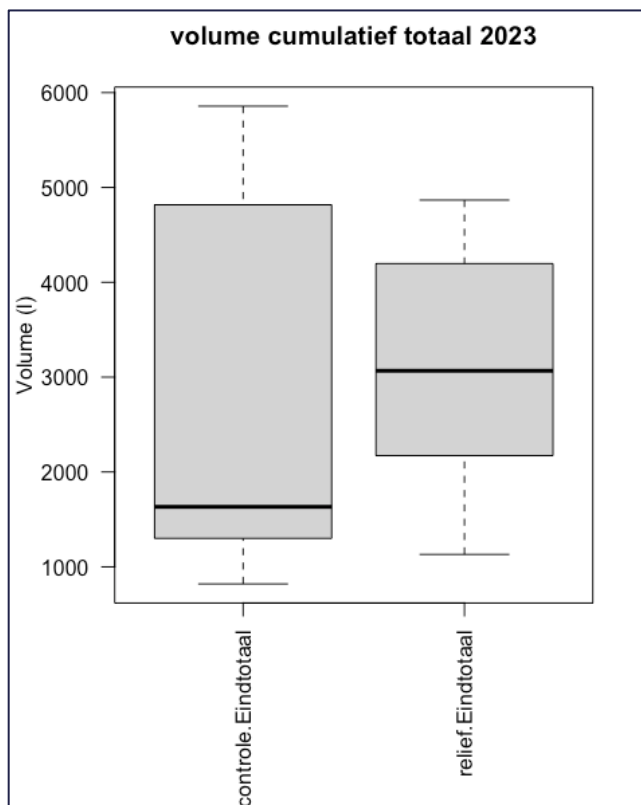
In de maand juli spoelde er significant minder water af van de wafelrol proefvelden ten opzichte van de controlevelden (figuur 3.7A). In augustus was er geen significant verschil tussen de wafelrol en de controle velden (figuur 3.7B). Hetzelfde geldt voor de maanden september, oktober en november. In augustus is de afspoeling van de proefvelden die bewerkt zijn met een wafelrol significant minder dan die van proefvelden bewerkt met de woeltand.



Figuur 3.7: A: Volume afgespoeld water voor de maatregel 'wafelrol (reliëf)' vergeleken met de controle; periode: 18 – 31 juli 2023.

B: Volume afgespoeld water voor de maatregel 'wafelrol (reliëf)' vergeleken met de controle; periode: 1 – 31 augustus 2023.

Ook de cumulatieve afspoeling over de gehele meetperiode (18 juli tot 16 november) verschilde niet significant tussen de controle-groep en de wafelrolvelden (figuur 3.8).



Figuur 3.8 Volume afgespoeld water voor de maatregel 'wafelrol (reliëf)' vergeleken met de controle. Periode: 18 juli – 16 november 2023

Effect op bodemkwaliteit

Uit de beoordeling van de bodemkwaliteit (bijlage 2) komt naar voren dat het wafelpatroon op het moment van de bodembeoordeling (16 november) niet meer zichtbaar was. Het reliëf kan verdwenen zijn. Maar het is soms ook zo dat het reliëf op het oog niet zichtbaar meer is, maar na een regenbui weer 'verschijnt'. Wel zijn tussen de ruggen nog de positieve effecten van de woeltand zichtbaar. In tegenstelling tot de controle was er amper inspoeling van fijn sediment te zien. Zoals aangegeven, is voor het toepassen van de wafelrol de bodem losgetrokken met een woeltand. Op het gehele perceel kon het water niet naar diepere grondlagen infiltreren, aangezien de ondergrond verdicht was.

Praktijkervaring

Uit de praktijkervaring met de wafelrol (reliëf) blijkt dat de ondernemer in de praktijk geen last van het reliëf heeft. Het reliëf van de wafelrol zorgt in tegenstelling tot de erosiestoppers (drempeltjes) niet voor hobbelen op de ziekzoekkar en heeft ook geen effect op oogsten met een wiel dat de oogstdiepte bepaalt.

Het wafelpatroon is na een paar weken op het oog nauwelijks zichtbaar, maar bij regenval komt het patroon vaak weer tevoorschijn. Anders dan in 2022 was het reliëf in 2023 relatief snel niet meer zichtbaar.

Het aanleggen van het reliëf is in de huidige vorm nog arbeidsintensief en zwaar, investeren in mechanisatie is dus nodig. Ondernemers zijn positief over de mogelijkheden voor mechanisatie: de rol kan volgens hen achter een ander werktuig zoals de freesmachine worden gemonteerd, dan is geen extra werkgang nodig. Kosten voor aanleg van de maatregel worden door ondernemers vooral gezien in de aanschaf van de rollen en de montage op de freesmachine. De verwachting is dat mechanisatie de aanleg niet alleen vergemakkelijkt, maar ook kwalitatief verbetert.

3.5 Conclusie en discussie

In deze paragraaf wordt eerst antwoord gegeven op de vraag: welke maatregelen zijn zowel praktisch toepasbaar als efficiënt, als het gaat om het verminderen van oppervlakkige afspoeling? Vervolgens worden de discussiepunten besproken.

3.5.1 Conclusie

- In de maand juli (18 – 31 juli) heeft zowel de behandeling woelen als wafelpatroon geleid tot een kleiner volume van de afspoeling.
- Vanaf augustus verdween het effect echter. Bij de woeltandvelden spoelde juist meer water af dan bij de controlevelden. Bij de wafelrol was vanaf augustus geen significant verschil te zien in afspoeling. Beide maatregelen hebben in het natte jaar 2023 onvoldoende gewerkt om afspoeling te verminderen.
- In de maand augustus is de afspoeling van de proefvelden die bewerkt zijn met een wafelrol (en woeltand) significant lager dan die van proefvelden bewerkt met de woeltand.
- Het effect van de woeltand (te zien in beide behandelingen) op het verminderen van slemp was duidelijk waarneembaar in de bodembeoordeling. In tegenstelling tot de bodem in de controlestrook was er amper inspoeling van fijn sediment tussen de ruggen te zien.
- Ondanks dat de woeltand de bovengrond had losgetrokken, kon het water niet verder infiltreren naar diepere grondlagen, aangezien de ondergrond verdicht was. Deze ondergrondverdichting was in elke behandeling (ook in de controlestrook) waar te nemen en is dus niet toe te wijzen aan de bewerking met de woeltand.

- Zowel de woeltand als het wafelpatroon zijn maatregelen die in principe goed ingepast kunnen worden in de landbouwpraktijk. De toepassing van het wafelpatroon moet wel gemechaniseerd worden, in combinatie met een andere werkgang (zoals aanfrezen).

3.5.2 Discussie

- Extra afspoeling door toepassing van de woelpoot is in eerdere onderzoeksjaren op dit perceel nog niet voorgekomen. Wel gaven bodem-experts al in 2021 aan dat het effect van de woeltand sterk afhankelijk is van de omstandigheden, met name de aanwezigheid en activiteit van het bodemleven (Folkersma et al., 2021). Uit de bodembeoordeling blijkt dat de woeltand slemp heeft verminderd. En ook het bodemleven kreeg in de bodembeoordeling een goede score. De extra afspoeling van de met de woelpoot behandelde proefvelden kan niet verklaard worden vanuit de bodembeoordeling. Het is daarom gissen naar de verklaring van de verhoogde afspoeling. Om meer zicht te krijgen op de bodemprocessen zijn meer bodembeoordelingen nodig. Die gaan we in 2024 uitvoeren.
- Zoals uitgelegd in 3.1 is de maatregel “aanbrengen van reliëf” uitgevoerd met behulp van de ‘wafelrol’, nadat de grond oppervlakkig door een woeltand is losgetrokken. Dit betekent dat twee maatregelen zijn toegepast in deze behandeling. Hoewel de afspoeling in de meeste maanden niet verschilt, is de afspoeling in de maand augustus wel significant lager bij de combinatie woelpoot en wafelrol, dan bij alleen de woelpoot. Mogelijk heeft het wafelpatroon wel afspoeling afgeremd, maar werd het positieve effect opgeheven door de extra afspoeling die samenhangt met de woelpoottoepassing in 2023. Het is belangrijk om verder te onderzoeken met welke voorbewerking het wafelpatroon het beste kan worden aangebracht.



4. PROEVEN OP PERCEELSNIVEAU VOOR PRAKTIJKERVARING

De hoeveelheid afspoeling verschilt sterk per grondsoort en perceel. Een goede bodemkwaliteit is sowieso een eerste vereiste om afspoeling tot een minimum te beperken. Ook als de bodemkwaliteit op orde is, kan oppervlakkige afspoeling optreden. Als het gaat om kleine hoeveelheden, kan een infiltratiegreppel voldoen. Op afspoelingsgevoelige percelen kan een infiltratiegreppel aanvullend op maatregelen tussen het gewas worden aangelegd. Een infiltratiegreppel kan (een deel van) het afspoelende water opvangen. Met name de eerste hoeveelheid, die afspoelt na een regenbui of beregening, wordt verondersteld de meeste gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten te bevatten. Het loont om specifiek deze zogenaamde “first flush” op te vangen. Een infiltratiegreppel kan op verschillende manieren en op verschillende locaties op het perceel aangelegd worden. In 2023 hebben we ervaring opgedaan met een gevulde infiltratiegreppel voor de ruggen langs en de zogenaamde cascadegreppel. In dit hoofdstuk is het deelonderzoek ‘Proeven op praktijkschaal voor praktijkervaring’ beschreven.

4.1 Achtergrondinformatie en relevantie

Bij de praktijkproef perceelafspoeling in 2021 bleken de infiltratiegreppels, met en zonder vulling, op zware zavel (Swifterbant) goed te werken. De lege greppel bleef intact en uit beide greppels kwam geen water meer voor de bemonstering. Het afspoelende regenwater vanaf de proefplot werd opgevangen en infiltreerde geheel in de greppel. In Espel (lichte zavel) hebben de greppels met vulling niet gewerkt in 2021. Dat kwam door de manier waarop ze aangelegd waren. Afspoelend water kwam niet bovenop maar in de vulling terecht, en die bleek als een ‘prop’ te werken. Er kwam nauwelijks water door de vulling heen. De lege sleuf stortte op lichte zavel in,

wat ook de verwachting was. De behandeling met een geponste afvoergreppel (gevuld met compost) leek in Espel de hoeveelheid afspoelend water te verminderen.

In de praktijk werkt een sleuf alleen als deze niet in de weg ligt en waterafvoer bij grotere buien mogelijk blijft. Hierdoor kwamen we in 2022 op het idee om de bestaande afvoergreppel dieper te maken (60 cm) en deze deels te vullen met bomenzand¹². Bij kleinere buien kan het afspoelende water infiltreren in de infiltratiegreppel en kan deze vulling naar verwachting (een deel van) de gewasbeschermingsmiddelen binden. Bij grotere buien kan het afspoelende water door de greppel afstromen.

Aan het eind van het seizoen bleek dat de verdiepte met bomenzand gevulde greppel effectief was: er stroomde 71 tot 98% minder water af dan bij de standaard afvoergreppel. Bij sommige regenbuien werd het afspoelende water volledig opgevangen door de infiltratiegreppel, bij andere buien was er nog sprake van afspoeling naar de sloot.

Vanwege deze veelbelovende resultaten hebben we in 2023 nogmaals een met bomenzand gevulde infiltratiegreppel aangelegd. Daarnaast hebben we ook geëxperimenteerd met de aanleg van een cascadegreppel.

4.2 Proefopzet

Dit deelonderzoek is op zeven verschillende locaties uitgevoerd, zowel in de NOP als in OFL. Zie tabel 4.1 en de rode stippen in figuur 4.1.

4.2.1 Verdiepte en gevulde infiltratiegreppel

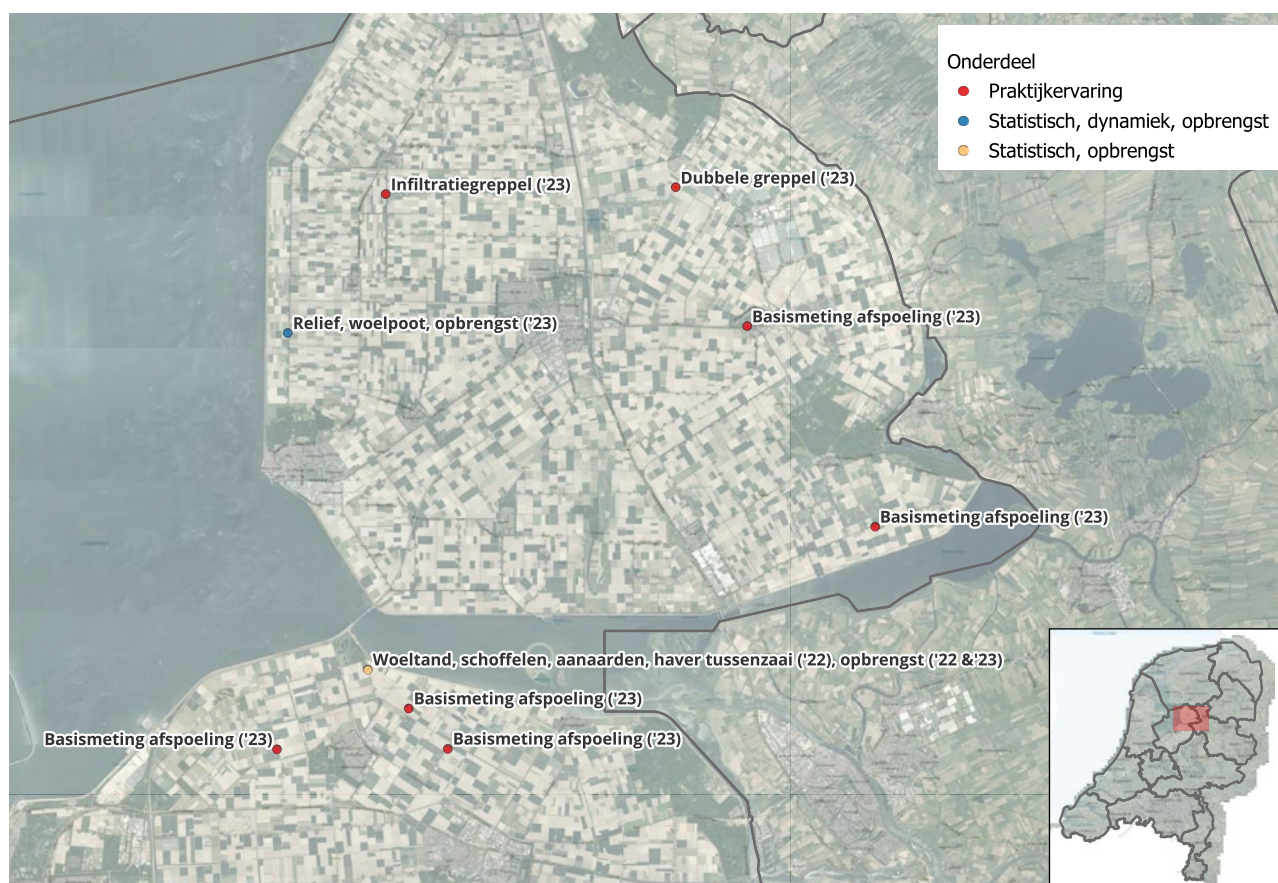
De verdiepte en gevulde infiltratiegreppel is op één proefperceel in het westelijk deel van de NOP aangelegd (in Creil, figuur 4.1). De grondsoort van het proefperceel is lichte zavel met witlof als gewas (tabel 4.1).

Het proefveld waarop deze maatregel is getest was 130 meter breed en 130 meter lang. Haaks op de gewasruggen lag een afvoergreppel, die voor dit gebied voor kapitaalintensieve gewassen gangbaar is. De afvoergreppel is over een lengte van ongeveer 55 meter verdiept met een sleuvenfrees en daarna gevuld met bomenzand (figuur 4.4). Zie figuur 4.1 voor een schematische weergave van de verdiepte, met bomenzand gevulde infiltratiegreppel. Deze maatregel is vergeleken met de standaard afvoergreppel van ongeveer 15 cm diep (figuur 4.3).

¹² Zand met een organisch stofgehalte van 3,5 - 5% en een lutumgehalte van 1 - 3%

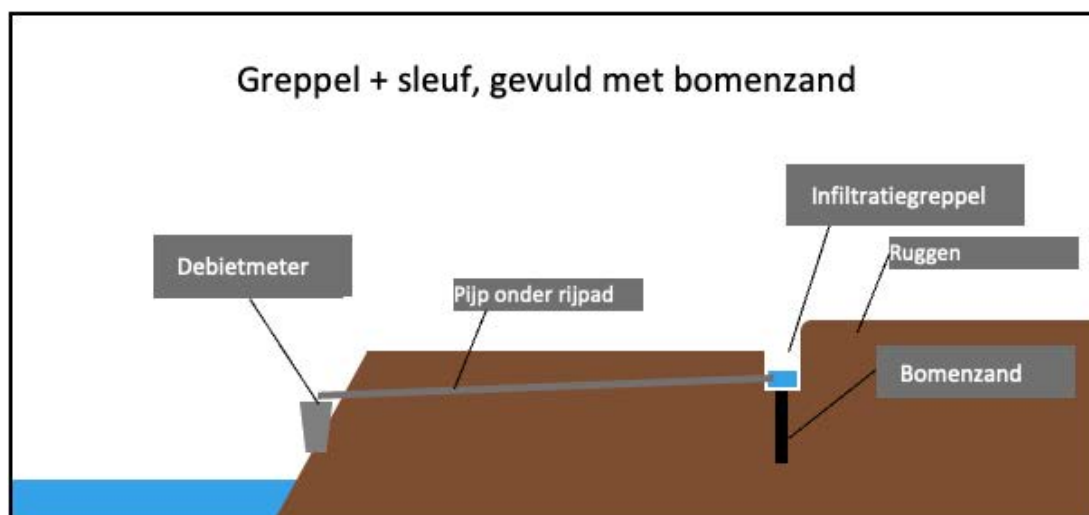
Tabel 4.1 Verschillende proefpercelen binnen deelonderzoek 'Proeven op praktijkschaal' met locatie en grondsoort.

Maatregel	Locatie	Grondsoort	Gewas
Verdiepte gevulde infiltratiegreppel	Creil, Westelijke NOP	Lichte zavel	Witlof
Basismeting: dubbele greppel	Luttelgeest, Oostelijke NOP	Lichte zavel	Witlof
Basismeting 2	Marknesse, Oostelijke NOP	Lichte zavel	Witlof
Basismeting 3	Kraggenburg, Oostelijke NOP	Lichte zavel	Zaaiui
Basismeting 4	Swifterbant, OFL	Zware zavel/ lichte klei	Pootaardappel
Basismeting 5	Swifterbant, OFL	Zware zavel/ lichte klei	Consumptie-aardappel
Basismeting 6	Swifterbant, OFL	Zware zavel/ lichte klei	Zaaiui



Figuur 4.1 Locaties proefpercelen deelonderzoek 'Proeven op praktijkschaal'. De rode stippen geven de proefpercelen voor dit deelonderzoek aan.

Op elke greppel kon het water van een oppervlak van ongeveer 7.150 m² afwateren. De verschillende greppels zijn in eerste instantie van elkaar gescheiden door middel van een dijkje van grond. Bij een flinke bui is dit dijkje weggespoeld, waarna deze is vervangen door een plexiglazen plaat in de greppel (figuur 4.5).



Figuur 4.2 Een schematische tekening van de verdiepte en met bomenzand gevulde infiltratiegreppel.



Figuur 4.3 De standaard afvoergreppel



Figuur 4.4 De verdiepte met bomenzand gevulde infiltratiegreppel.



Figuur 4.5 Nadat het van grond gemaakte dijkje was doorgebroken tijdens een heftige regenbui, hebben de onderzoekers een plexiglazen plaat geplaatst in de greppel, om zo beide behandelingen van elkaar te scheiden.

4.2.2 Basismetingen

In zowel de NOP als in OFL is op een zestal percelen een basismeting afspoeling aangelegd.

In OFL is nogmaals gekeken of de beperkte afspoeling die gemeten is in voorgaande jaren ook in 2023 optrad. Daarnaast kwam in de loop van de winter van 2023 vanuit de provincie Flevoland het verzoek om in een nieuw gebied aan de oostkant van de NOP te kijken naar percelen die ook gemonitord kunnen worden op afspoeling. We hebben een drietal ondernemers bereid gevonden om deel te nemen aan de proef. Omdat het teeltseizoen al begonnen was en de betreffende ondernemers voor het eerst in aanraking kwamen met de afspoelingsproef, hebben we ervoor gekozen om eerst een basismeting te verzorgen op de nieuwe locaties. Dat houdt in dat we alleen de hoeveelheid afspoeling van de betreffende percelen hebben onderzocht. Op deze percelen is geen vergelijking gemaakt tussen de gangbare situatie en een maatregel. De betreffende locaties zijn ook weergegeven in figuur 4.1 en tabel 4.1

4.3 Monitoring

In deze paragraaf is beschreven hoe de gegevens over waterkwantiteit en de praktijkervaring zijn verzameld.

4.3.1 Waterkwantiteit

Verdiepte en gevulde infiltratiegreppel

We hebben op twee plekken aan oppervlakkige afspoeling gemeten: vanaf de gangbare afvoergreppel en vanaf de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel. De hoeveelheid afspoelend water is met behulp van debietmeters (gekoppeld aan dataloggers) geregistreerd. Gedurende het seizoen werd de werking van de debietmeters en dataloggers regelmatig gecontroleerd.

Basismetingen

Bij de basismetingen is op elke locatie één debietmeter geplaatst (figuur 4.6). Op één van de locaties is een dubbele greppel aangelegd. Eén infiltratiegreppel voor de witlof langs en een tweede infiltratiegreppel aan de slootkant (figuur 4.7). Als de eerste greppel vol was, liep het water over het kavelpad heen naar de tweede greppen. Op deze locatie is de hoeveelheid afspoeling uit de tweede greppel gemeten.



Figuur 4.6 Meetopstelling bij de basismetingen. Bij deze proeflocaties werd op één plek het van het perceel afspoelende water gemonitord.



Figuur 4.7
Aanleg van de dubbele greppel. De eerste greppel ligt vlak voor het gewas langs (rode lijn, rechts op de foto). De tweede greppel ligt aan de andere kant van het kavelpad, voor de sloot (links op de foto, bij de man).

4.3.2 Praktijkervaring

Gedurende de looptijd van het onderzoek hielden we contact met de telers om hun praktijkervaringen met de infiltratiegreppels op te vragen. Zaken die gevraagd werden waren onder andere: Was het haalbaar of juist lastig om de greppel aan te leggen? Hebben de ondernemers er last van in het seizoen? Wat is het idee van de teler over de werking van de greppels? Ook met de telers waar de basismetingen werden uitgevoerd, is regelmatig contact geweest.

4.4 Resultaten

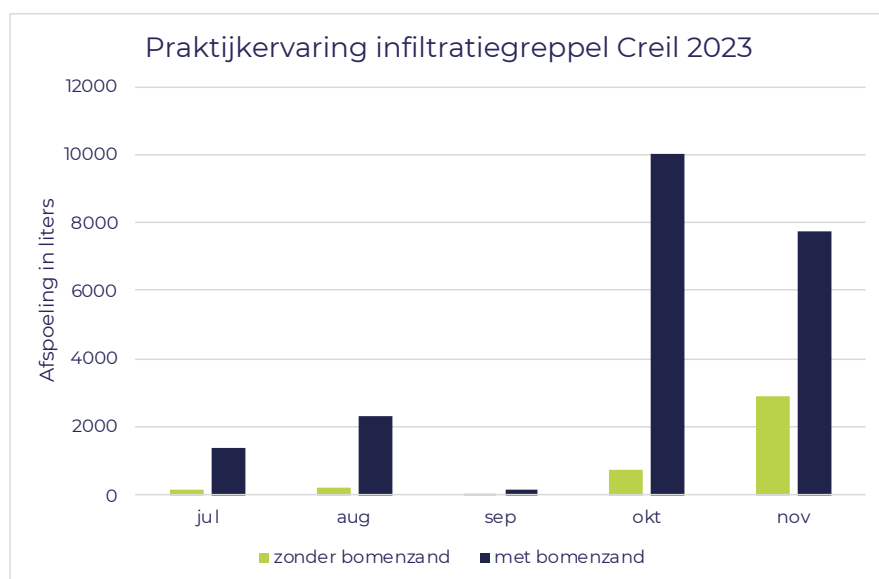
4.4.1 De verdiepte en gevulde infiltratiegreppel

Waterkwantiteit

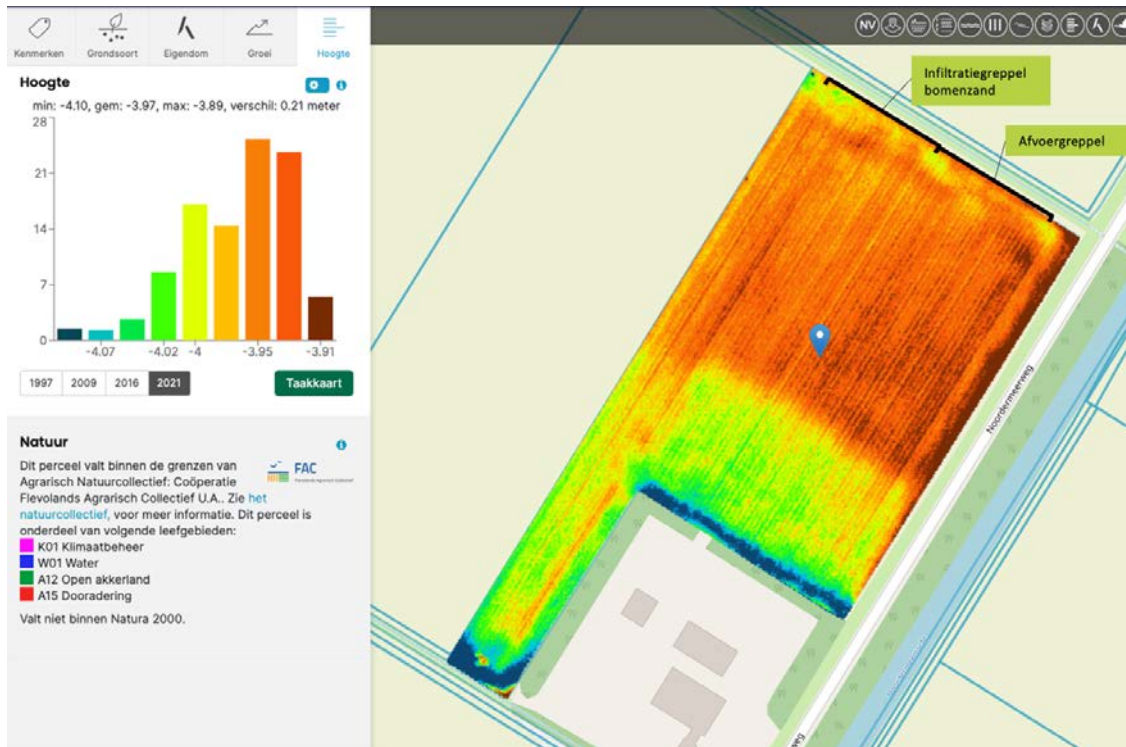
De metingen laten zien dat vanaf het vlak met de standaard afvoergreppel (genaamd “zonder bomenzand” in figuur 4.8) beduidend minder afspoeling heeft plaatsgevonden dan vanaf het proefvlak waar de verdiepte en met bomenzand gevulde infiltratiegreppel lag (genaamd “met bomenzand”), dit was elke maand het geval (figuur 4.8). In de maanden oktober en november

vond de meeste afspoeling plaats. Respectievelijk 9.990 liter en 7.749 liter vanaf de infiltratiegreppel met bomenzand en respectievelijk 705 liter en 2.911 liter vanaf de standaard afvoergreppel.

Eind juli is tijdens een flinke bui het gronddijkje tussen de twee proefvlakken doorgebroken. Een deel van het naastgelegen perceel is afgespoeld op de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel. Dat verklaart de hogere afspoeling in juli. Dat de afspoeling ook op de andere momenten hoger is bij de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel kunnen we niet goed verklaren. Ook vanuit de hoogtekkaart van het betreffende perceel (figuur 4.9) is dit niet te verklaren. Op beide greppels stroomt het regenwater van ongeveer hetzelfde perceeloppervlak af. Het lagere deel van het perceel (geel/groen gekleurd) stroomt naar de andere kant van het perceel af, niet naar de greppels. Later in het seizoen zagen we verslamping in de toplaag optreden in de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel. Hierdoor is de greppel dichtgesmeerd met kleinere gronddeeltjes en ontstond een zogenaamde slempkorst (figuur 4.10), waardoor het water hier waarschijnlijk niet meer kon infiltreren.



Figuur 4.8 De afspoeling in liters per maand van een standaard afvoergreppel (zonder bomenzand) vergeleken met een verdiepte, gevulde infiltratiegreppel (met bomenzand).



Figuur 4.9 De hoogtekartaat laat zien dat het verschil in hoogte maximaal 0.21 en dat de hoogteligging van beide vlakken redelijk vergelijkbaar is.



Figuur 4.10 Korstvorming bij de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel met bomenzand (foto genomen op 18-08-2023).

Praktijkervaring

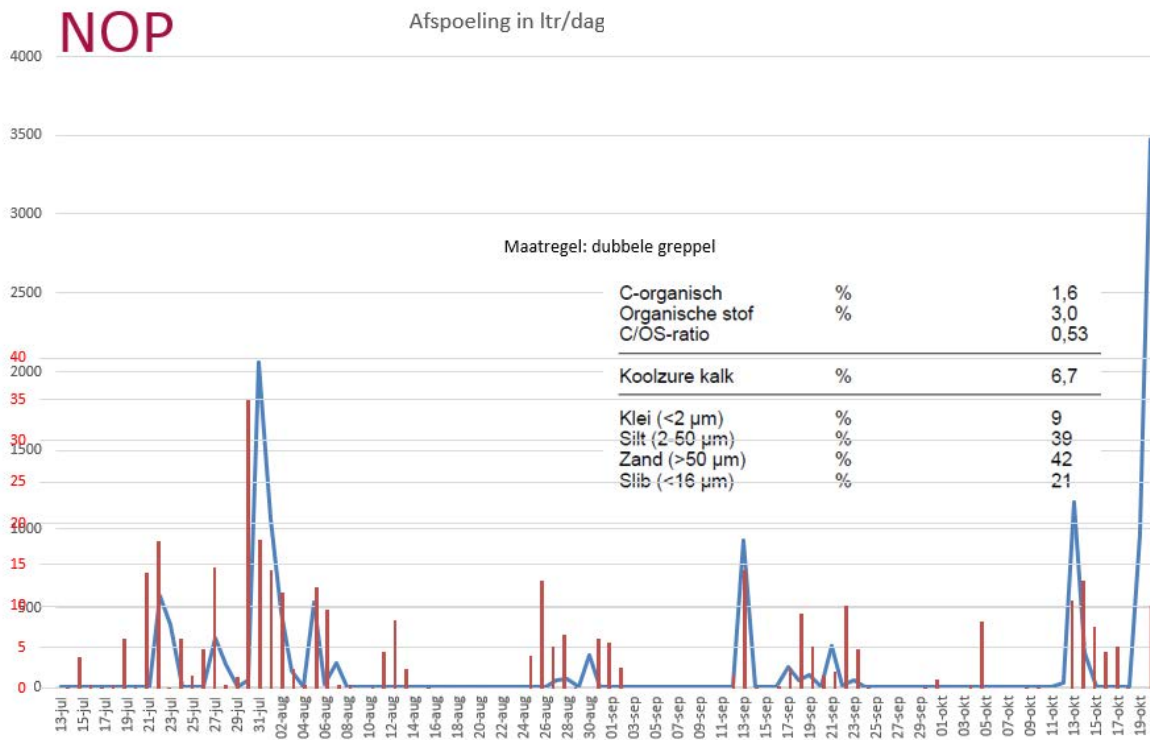
In de praktijk bleek de greppel geen obstakel te vormen in de teelt. Wel is de aanleg arbeidsintensief en valt in een toch al drukke tijd. Met name het vullen van de sleuf met bomenzand is arbeidsintensief. Dit gebeurde voor de proef handmatig, mogelijk kan mechanisatie dit nadeel verkleinen. Voor ondernemers op deze specifieke gronden met een hoog siltgehalte is de mogelijkheid om water van het perceel te kunnen afvoeren dermate belangrijk, dat zij aangeven het extra werk (sleuf dieper maken en waar nodig vullen) ervoor over te hebben. In 2022 gaf een pootaardappelteler aan het risicovol te vinden om grond van elders op het perceel te brengen, vanwege het mogelijk overbrengen van bodemziektes en verontreiniging. Bomenzand wordt geleverd met certificaten: Regeling AanvulGronden (RAG) en NL BSB®-certificaat (BSB is het BouwStoffenBesluit). Of dit de zorgen volledig wegneemt is niet duidelijk. Een andere optie is om gecertificeerde compost te gebruiken om een sleuf te vullen.

4.4.2 Basismetingen

Waterkwantiteit

De resultaten van de basismetingen zijn weergegeven in figuur 4.11 t/m 4.16. De op het perceel gemeten afspoeling is weergegeven met een blauwe lijn. De regenbuien zijn weergegeven met een rode lijn. Er waren geen weerstations op de percelen zelf aanwezig. Voor informatie over de hoeveelheid regen hebben we gebruik gemaakt van de lokale weerstations van het KNMI: Kuinre en Marknesse. De in de figuren weergegeven buienpatronen kunnen verschillen van de daadwerkelijk op het perceel gevallen mm regen. Regenbuien zijn soms zeer lokaal, waardoor verschillen eenvoudig ontstaan. Een goed voorbeeld is de eerste meting in figuur 4.11. Daar vond op 13 juli veel afspoeling plaats (circa 2400 liter) terwijl de neerslag in KNMI-station Marknesse een neerslaghoeveelheid van 12 millimeter aangaf. De bui was op deze locatie veel intenser; de schatting van de betreffende ondernemer was ongeveer 30 tot 35 millimeter.

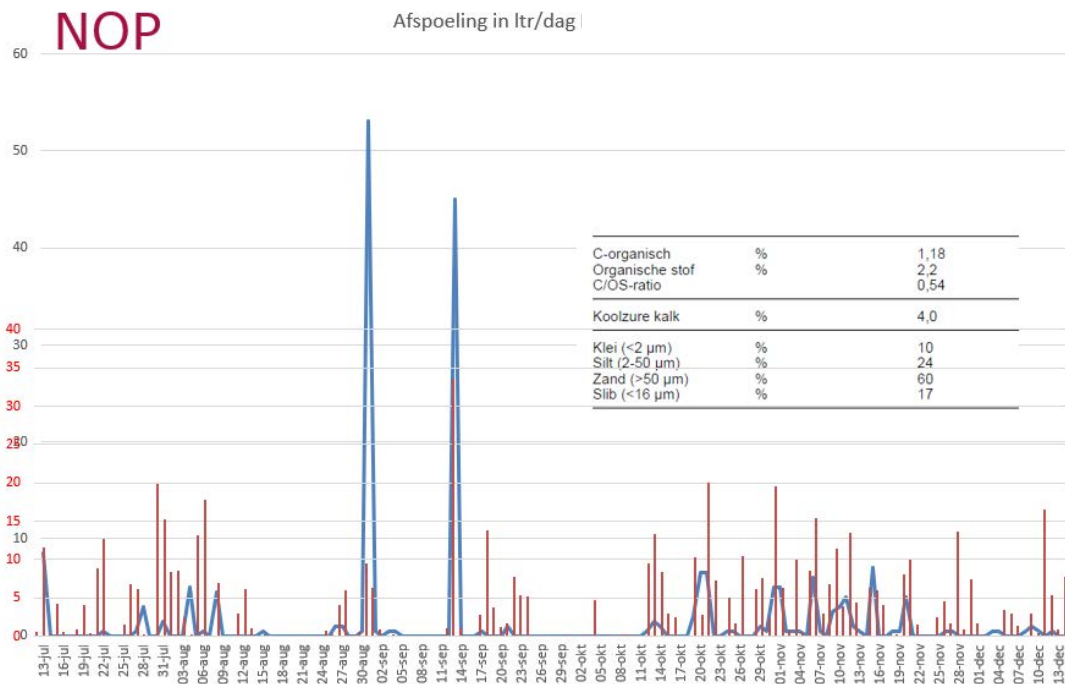
Bij gebrek aan neerslagdata van de percelen zelf, werken we met de dichtstbijzijnde KNMI-weerstations om een indicatie van de neerslaghoeveelheid te hebben.



Figuur 4.11 Afspoeling van perceel met dubbele greppel en gewas witlof in Luttelgeest (in liters per dag, blauwe lijn), met neerslaggegevens van het KNMI-weerstation (rode lijn en rode cijfers y-as).

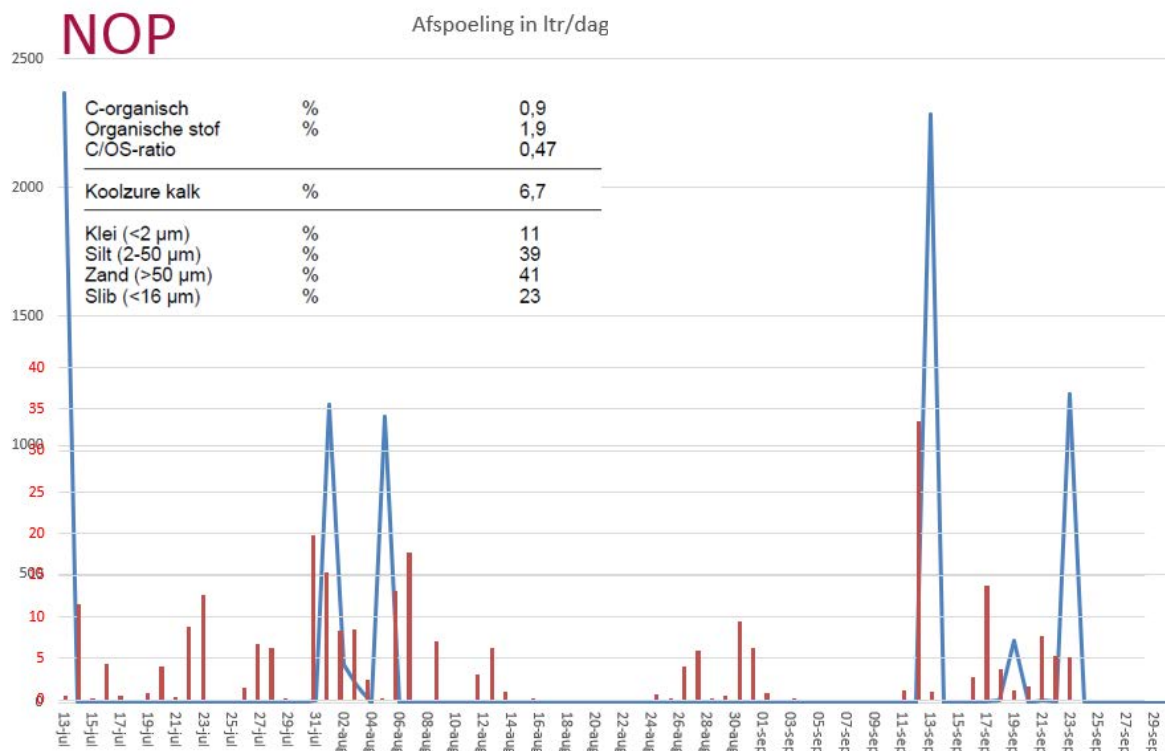
In figuur 4.11 is te zien dat op dit proefperceel in Luttelgeest de afspoeling goed overeenkomt met de momenten waarop een bui is gevallen. Bij deze buien is water vanuit de eerste infiltratiegreppel doorgestroomd naar de tweede greppel. Vanuit de tweede infiltratiegreppel is het water de sloot ingestroomd. De hoeveelheden afspoeling kunnen aanzienlijk zijn; met pieken van 1.000 tot 2.000 liter per dag. Op dit betreffende perceel is de aanleg van een dubbele infiltratiegreppel niet voldoende om afspoeling te beperken. Hier zijn ook maatregelen tussen het gewas nodig.

Opmerking van de ondernemer bij dit proefveld is dat de verhoging (een grasbaan) tussen het pad en de sloot, is doorbroken door de proefopstelling (figuur 4.7). Hierdoor is de hoeveelheid afspoeling wellicht hoger door de proefopstelling. Achteraf bezien had dit effect mogelijk beter nagebootst kunnen worden door de afvoerbuis half dicht te maken.



Figuur 4.12 Afspoeling van perceel met gewas witlof in Marknesse (in liters per dag, blauwe lijn), met neerslaggegevens van het KNMI-weerstation (rode lijn en rode cijfers y-as).

In figuur 4.12 is te zien dat de afspoeling op dit perceel in Marknesse veel lager is dan op het andere proefperceel in de oostelijke NOP. De pieken in afspoeling zijn op dit perceel ruim 50 liter per dag, terwijl dit op het andere perceel maximaal 2.000 liter per dag was. Dit komt met name door het verschil in siltgehalte van de bodem. Bij het perceel in Luttelgeest met een hoger siltgehalte (39%, figuur 4.11) is er meer afspoeling dan bij het perceel in Marknesse (siltgehalte 24%, figuur 4.12). Bij deze beperktere hoeveelheden afspoeling kan een infiltratiegreppel als maatregel volstaan.



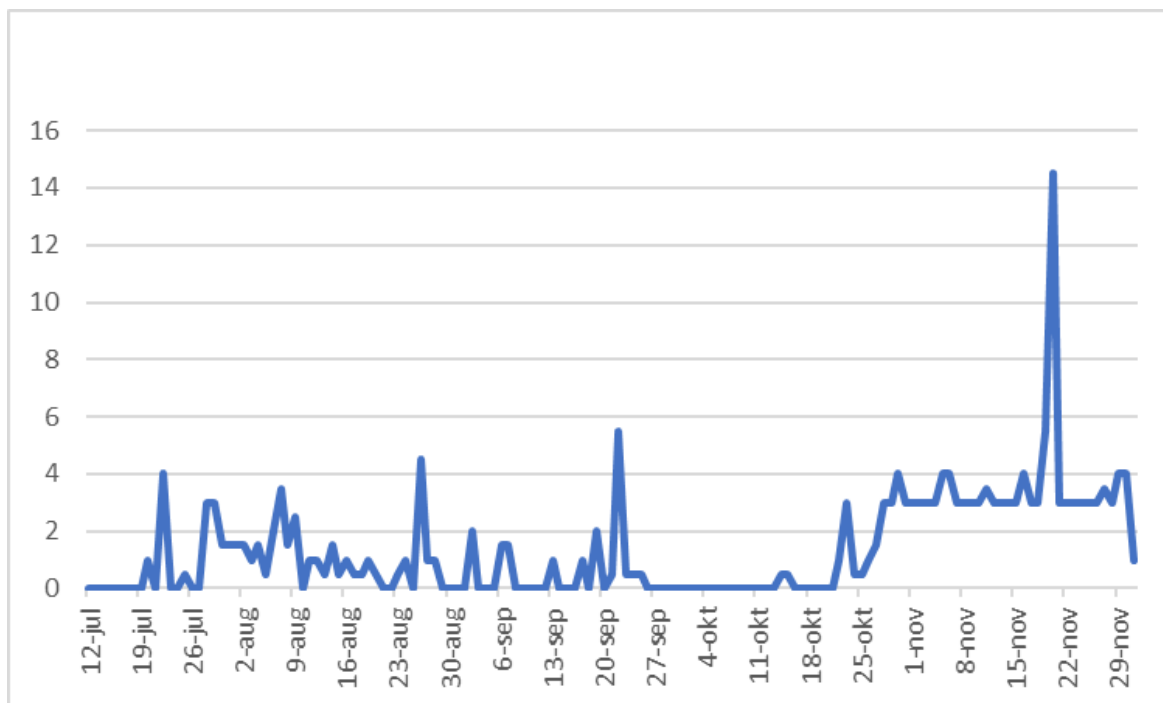
Figuur 4.13 Afspoeling van perceel met gewas zaaiui in Kraggenburg (in liters per dag, blauwe lijn), met neerslaggegevens van het KNMI-weerstation (rode lijn en rode cijfers y-as)

De grondsoort van het proefperceel in Kraggenburg is ongeveer gelijk aan die in Luttelgeest, met een relatief hoog percentage fijne bodemdeeltjes (slib en silt). De hoeveelheid afspoeling is vergelijkbaar, met pieken van ongeveer 1.200 tot 2.300 liter per dag.

In figuur 4.13 is te zien dat op het proefperceel in Kraggenburg de afspoeling goed overeenkomt met de momenten waarop een bui is gevallen. Bij deze buien is water vanuit de eerste infiltratiegreppel doorgestroomd naar de tweede greppel. Vanuit de tweede infiltratiegreppel is het water de sloot ingestroomd. De hoeveelheden afspoeling kunnen aanzienlijk zijn; met pieken van 1.000 tot 2.000 liter per dag. Met deze hoeveelheden afspoelend water zijn maatregelen op het perceel/tussen het gewas nodig, een infiltratiegreppel volstaat niet.

In figuur 4.14 is de hoeveelheid afspoeling te zien van een perceel aardappel aan de Vuursteenweg in Swifterbant, OFL. De hoeveelheid afspoeling op deze zware zavel/lichte kleigronden is zeer laag in vergelijking met de lichte zavelgronden in de NOP. Waar in de NOP afspoelingspieken tot ruim 2.000 liter per dag voorkwamen, is de afspoelingspiek op dit perceel maximaal 14 liter per dag. De afspoeling op andere momenten blijft beperkt tot maximaal 6

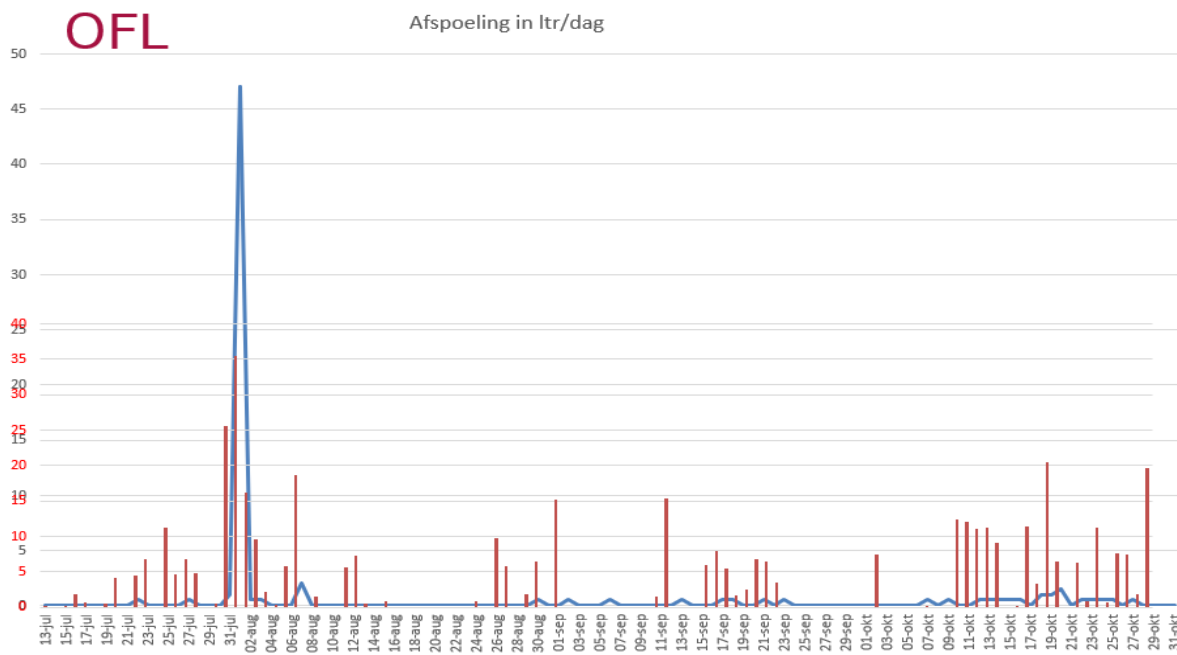
liter per dag. Bij deze beperktere hoeveelheden afspoeling volstaat een infiltratiegreppel om het afspoelende water op te vangen en te infiltreren.



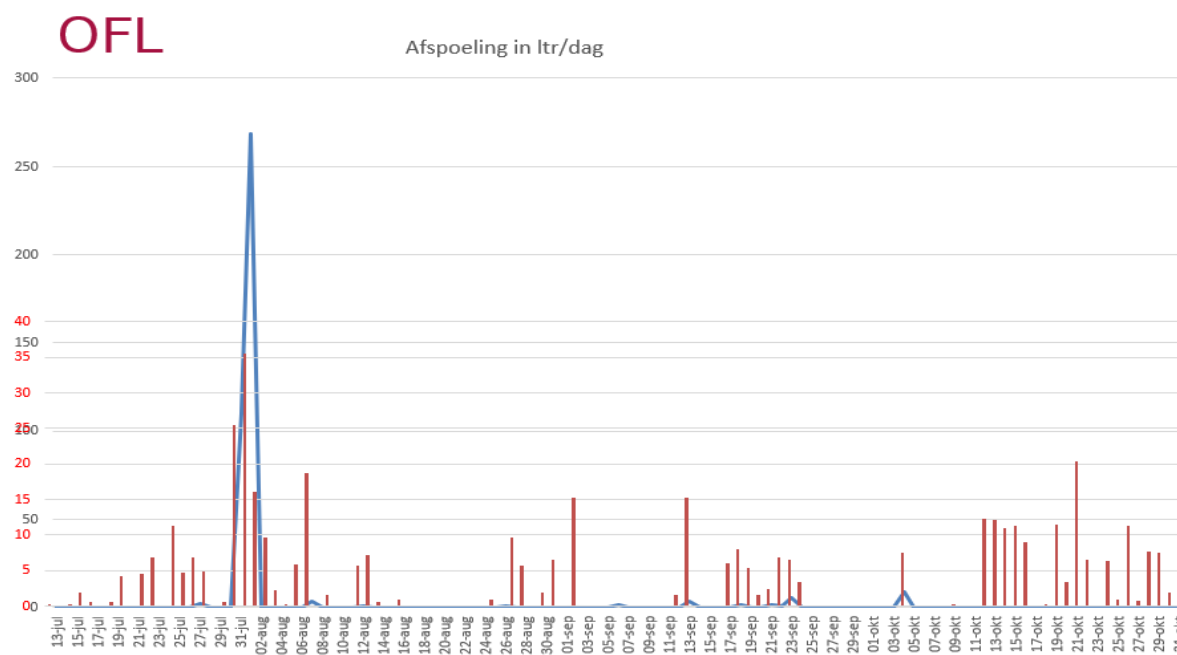
Figuur 4.14 Afspoeling van perceel met gewas aardappel in Swifterbant (OFL) in liters per dag.

In figuur 4.15 is de hoeveelheid afspoeling te zien van een perceel poot-aardappel aan de Tarpanweg in Swifterbant, OFL. De afspoeling laat één flinke piek zien van 47 liter afspoeling en blijft de rest van het seizoen onder de 3 liter per dag. Bij deze beperktere hoeveelheden afspoeling volstaat een infiltratiegreppel om het afspoelende water op te vangen en te infiltreren.

In figuur 4.16 is de hoeveelheid afspoeling te zien van een perceel poot-aardappel aan de Elandweg in Swifterbant, OFL. De afspoeling laat één flinke piek zien van 270 liter afspoeling na regenbuien van 25 mm en 35 mm binnen twee dagen. De rest van het teeltseizoen is de afspoeling onder de 10 liter/dag. Bij deze beperktere hoeveelheden afspoeling volstaat een infiltratiegreppel om het afspoelende water op te vangen en te infiltreren. De piek van 270 liter afspoeling per dag, kan niet worden opgevangen in een infiltratiegreppel. Dit geeft aan dat bij twee flinke buien in korte tijd de bodem het regenwater niet meer kan bufferen. Afspoeling kan niet altijd voorkomen worden.



Figuur 4.15 Afspoeling van perceel met gewas pootaardappel in Swifterbant (OFL) (in liters per dag, blauwe lijn), met neerslaggegevens van het KNMI-weerstation (rode lijn en rode cijfers y-as).



Figuur 4.16 Afspoeling van perceel met gewas zaaiui in Swifterbant (OFL) (in liters per dag, blauwe lijn), met neerslaggegevens van het KNMI-weerstation (rode lijn en rode cijfers y-as).

Praktijkervaring

De basismetingen hebben vooral gezorgd voor bewustwording bij de ondernemers. De hoeveelheid afspoeling is vaak groter dan ze hadden verwacht.

4.5 Conclusies en discussie

4.5.1 Conclusies

- In de praktijk bleek de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel geen obstakel te vormen in de teelt. Wel is de aanleg arbeidsintensief, met name het vullen van de sleuf met bomenzand. Dit gebeurde voor de proef handmatig, mogelijk kan mechanisatie dit nadeel verkleinen. De verdiepte, gevulde infiltratiegreppel was in 2023 niet effectief in het verminderen/voorkomen van afspoeling. Dit in tegenstelling tot het drogere jaar 2022, waarin de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel wel effectief was. Dit komt waarschijnlijk doordat in 2023 een zogenaamde slempkorst gevormd is in de gevulde infiltratiegreppel, waardoor het water niet kon infiltreren.
- De dubbele infiltratiegreppel lijkt geschikt om uitgevoerd te worden in de praktijk. Voorwaarde is wel dat de kopakker breed genoeg is om een dubbele greppel aan te leggen, zodat de ondernemer geen last heeft van de greppel bij andere werkzaamheden op het perceel. De dubbele infiltratiegreppel kan meer afspoelend water bufferen en heeft daarmee een toegevoegde waarde.
- Vanuit de basismetingen blijkt duidelijk dat de hoeveelheid afspoeling sterk afhankelijk is van de grondsoort. De hoeveelheden afspoeling van percelen zware zavel (OFL) zijn flink lager dan van percelen lichte zavel (NOP). Waar op zware zavelgronden enkele tientallen liters afspoelen, gaat dit op lichte zavelgronden om enkele duizenden liters. Dit beeld is de afgelopen drie onderzoeksjaren hetzelfde. In 2023 is voor het eerst in het oostelijk deel van de NOP gemeten. De afspoeling is hier lager dan op de lichte zavelgronden en hoger dan op de zware zavelgronden. Op één locatie in de Oostelijk NOP ligt een proefperceel met een wat grovere zandstructuur. Deze grond is minder gevoelig voor oppervlakkige afspoeling en lijkt qua hoeveelheid afspoeling meer op de zware zavelgronden.

4.5.2 Discussie

- De resultaten van 2023 zijn zeer verassend, zeker na de veelbelovende resultaten van de proef met een verdiepte, gevulde infiltratiegreppel uitgevoerd in 2022. Het jaar 2023 was veel natter dan 2022. Waarschijnlijk heeft alle regen ervoor gezorgd dat verslemping in de

toplaag van verdiepte, gevulde infiltratiegreppel is opgetreden. Hierdoor is de greppel dichtgesmeerd met kleinere gronddeeltjes en ontstond een zogenaamde slempkorst, waardoor het water hier waarschijnlijk niet meer kon infiltreren.

- De basismeting met de dubbele infiltratiegreppel is uitgevoerd met de afvoerbuis volledig open. Om meer recht te doen aan de situatie zoals deze in de praktijk voorkomt, was het beter geweest om bij de aanleg rekening te houden met de natuurlijke verhoging die in het perceel aanwezig was. Bijvoorbeeld door de onderste helft van de afvoerbuis af te sluiten. Het kan zo zijn dat hierdoor meer water is afgespoeld naar de sloot dan zonder de proefopstelling het geval was geweest. Dit neemt niet weg dat een enkele infiltratiegreppel zeker niet genoeg capaciteit heeft om het afspoelend water van dit perceel op te vangen en te infiltreren.



5. EFFECT VAN MAATREGELEN OP GEWASOPBRENGST

Voor een succesvolle adoptie van nieuwe maatregelen is het cruciaal dat deze de gewasopbrengst niet verminderen en idealiter een positief neven-effect hebben, zoals verbeterde onkruid- of plaagbestrijding. Daarom is het effect van verschillende maatregelen op de gewasopbrengst in 2023 opnieuw getest. Dit hoofdstuk beschrijft het deelonderzoek ‘Effect van maatregelen op de gewasopbrengst’.

5.1 Achtergrondinformatie en relevantie

In 2022 bleek dat geen enkele onderzochte afspoelingsbeperkende maatregel in peen effect had op de gewasstand, opbrengst en kwaliteit. In de opbrengstproef met aardappel had alleen haver tussenzaai een negatief effect. De haver concurreerde met de aardappelen, waardoor de groei van de aardappelen minder was.

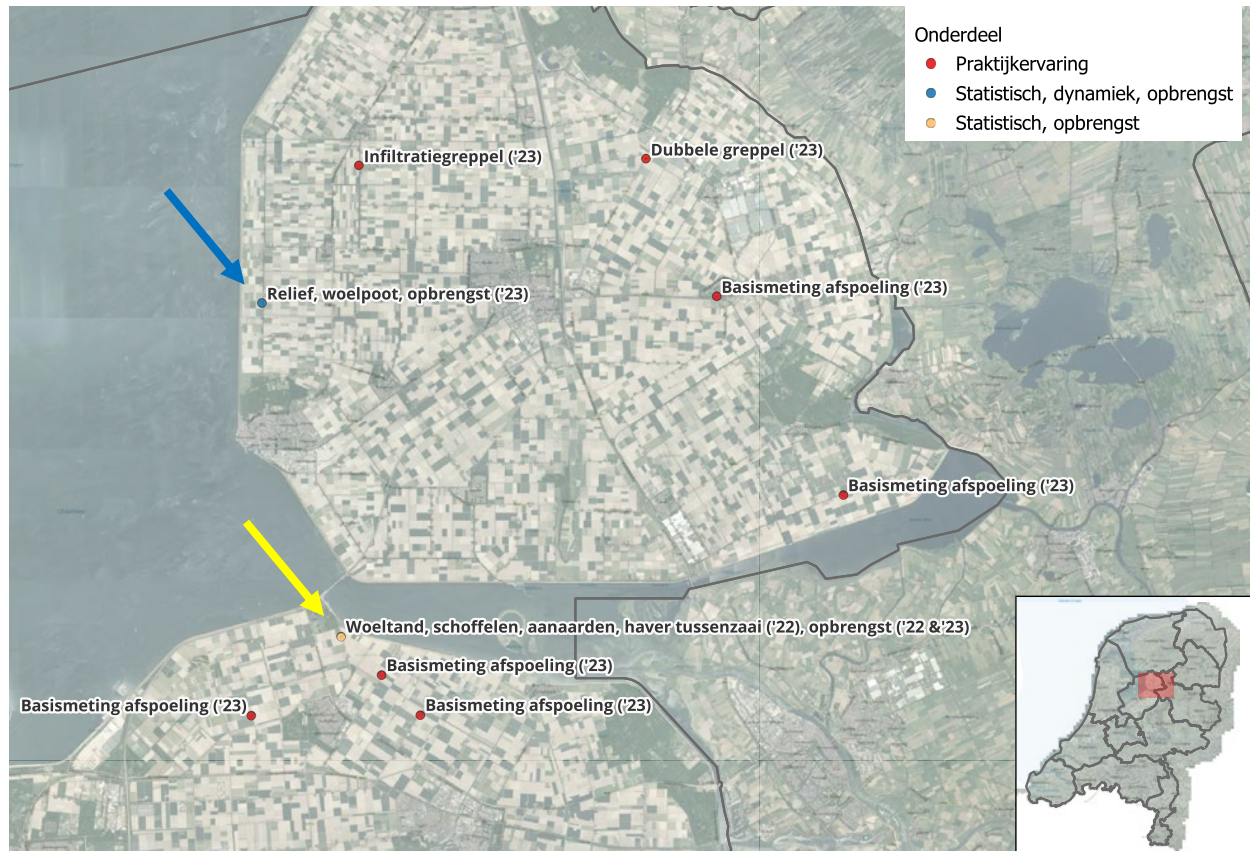
In 2023 is nogmaals getest of afspoelingsbeperkende maatregelen effect hebben op de opbrengst van aardappel en peen. Het gaat om de maatregelen verlaagde stikstofgift, inzet van de woeltand, haver tussenzaai, inzet van de wafelrol en het verruwen van de rug. Dit zijn meer maatregelen dan in de afspoelingsproeven zijn getest. Alle genoemde maatregelen zijn onderzocht op afspoelingsvermindering, deels in de afgelopen jaren. De maatregelen hebben mogelijk een extra positief effect, zoals haver tussenzaai (afremming waterafspoeling en anti-virusmaatregelen in pootaardappelen) en verruwing van de rug (onkruidbestrijding).

5.2 Proefopzet

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

- 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.



Figuur 5.1 Ligging van de proefpercelen voor deelonderzoek 'Effect van maatregelen op gewasopbrengst'. Het gaat om de blauwe stip in het westen van de Noordoostpolder en de gele stip in Oostelijk Flevoland.

Op het proefperceel met poot aardappel zijn de volgende maatregelen vergeleken met de standaard/object A (tabel 5.1):

- Verlaagde stikstofgift (B)
- Inzet woeltand (J)
- Haver tussezaai (K)
- Verruwen rug (N)

Op het proefperceel met peen zijn de volgende maatregelen vergeleken met de standaard (A) (tabel 5.1):

- Inzet woeltand (B)
- Inzet wafelrol (C)

In de pootaardappelen waren de objecten een onderdeel van een grotere proef. In de B-peen zijn drie objecten met 6 herhalingen aangelegd.

Tabel 5.1 Maatregelen die zijn aangelegd in de opbrengstproeven in pootaardappel en peen, met de objectnaam erbij.

Maatregelen	Toelichting	Pootaardappel	B-peen
Standaard	Als praktijk	A	A
Verlaagd N	54 kg/ha N i.p.v. 95 kg/ha N	B	N.v.t.
Woeltand	Bij ruggen frezen	J	B
Haver	60 kg/ha na ruggen frezen	K	N.v.t.
Reliëf of Wafelpatroon	Na ruggen frezen	N.v.t.	C
Verruwen rug	Voor sluiten gewas	N	N.v.t.

In tabel 5.1 is te zien dat de verlaagde stikstofgift op object B bij de pootaardappelen in de proef is opgenomen. Dit object is toegevoegd ter vergelijking met andere objecten, en is ook interessant ter vergelijking met object K, haver. Het resultaat van object B kan namelijk een indicatie zijn voor een stikstofgebrek van de pootaardappelen bij object K.

De activiteiten voor de objecten in pootaardappel zijn weergegeven in tabel 5.2. De aardappelen van het ras Spunta (E 35/55¹³) werden na een natte periode gepoot op 16 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. Vervolgens kwam er een lange droge periode tot midden juli. Vanaf midden juli tot midden augustus was het weer koel met veel regen.

De activiteiten voor de B-peenproef staan vermeld in tabel 5.3.

¹³ Knolformaat 35 tot 55 mm

Tabel 5.2: Overzicht uitvoering proef-, perceels- en teeltgegevens poot aardappelen

Activiteit	Datum
Poten Spunta (E 35/55) op 14 cm	16-5-2023
Ruggen frezen, op object J met woelpoten	30-5-2023
Haver zaaien	31-5-2023
Schoffelen – aanaarden object N	4-7-2023
Op object K haver doodspuiten met Focus Plus	24-7-2023
Loof doodspuiten	11-8-2023
Loof klappen	15-8-2023
Oogst	7-9-2023

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

Activiteit	Datum
Eerste waarnemingen gewasstand	14-7-2023
Laatste waarnemingen gewasstand	17-11-2023
Oogst	17-11-2023
Sorteren	Na de oogst

5.3 Monitoring

Monitoring in dit deelonderzoek bestond uit twee onderdelen; gewasstand en opbrengst.

5.3.1 Monitoring poot aardappel

In poot aardappel zijn ter beoordeling van de gewasstand, de volgende punten gemonitord:

- Opkomstsnelheid
- Percentage grondbedekking met groen loof
- Mate van bloei
- Kleur van het gewas
- Aantal stengels per strekkende meter

Bij monitoring van de opbrengst van poot aardappel is gefocust op het totale aantal ton per hectare, met een onderverdeling in sorteringsklasse.

5.3.2 Monitoring peen

In peen is de gewasstand één keer per twee weken beoordeeld, in totaal 8 keer. De opbrengst is gemonitord door van elk proefveld (6x gangbaar, 6x woeltand, 6x wafelrol) twee keer de middelste twee ruggen peen over een lengte van 1,5 meter te rooien. Vervolgens hebben we de opbrengst, kwaliteit en maatsortering bepaald.

5.4 Resultaten poot aardappel

5.4.1 Gewasstand poot aardappel

De visuele gewaswaarnemingen op verschillende tijdstippen (tabel 5.4) vertoonden overeenkomst op de meeste onderdelen. De maatregelen met dezelfde letter in een kolom verschillen onderling dan niet van elkaar. Alleen de grondbedekking op 18 juli laat een betrouwbaar statistisch verschil zien. De verruwde rug (object N) heeft op die datum minder groen loof dan standaard (A) verlaagde N-gift (B) en de woeltand (J).

Tabel 5.4: Opkomstsnellheid op 13 juni (8 = alles staat goed boven, 6 = enkele planten komen net boven), percentage grondbedekking met groen loof op 6 en 18 juli, mate van bloei op 6 juli (1 = enkele bloemetjes, 9 = volle bloei), kleur van het gewas op 10 augustus (9 = donkergroen 1 = geel) en aantal stengels per strekkende meter.

	Begin- ontw. 13 juni	Stengels 6 juli	Bloei 6 juli	Grondb. 6 juli	Grondb. 18 juli	Kleur 10 aug.
A. Standaard	7,0	21,4	1,1	41	83 bc	8,3 cde
B. Verlaagde N-gift	7,0	23,6	1,1	40	86 c	7,9 abcde
J. Woeltand	6,9	-	0,8	40	86 c	8,2 cde
K. Haver	6,5	-	1,3	35	-	7,8 abcd
N. Verruwen rug	7,0	-	1,8	39	73 ab	7,8 abcd
F-prob (hele proef)	0,3	0,5	0,2	0,5	<0,001	<0,001
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	0,8	2,6	0,7	7,3	10	0,6
VC (hele proef)	8	8	43	13	9	5

5.4.2 Gewasopbrengst poot aardappel

De resultaten van opbrengst en sortering zijn weergegeven in de tabellen 5.5 t/m 5.7. De totale opbrengst was statistisch lager bij object K (haver) dan de andere objecten. Object K geeft ook een mindere opbrengst in de sorteringsklasse > 55mm. In de sorteringsklasse 35-45 mm geeft object K wel de grootste opbrengst.

Er is geen statistisch verschil gevonden in het totaal aantal knollen voor de objecten ter vermindering van afspoeling. Het percentage van de gemiddelde sorteringsmaat is van object K (haver) statistisch lager dan die van de objecten A, J en N. Object B, standaard laag N, is niet verschillend van andere objecten.

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	0,2	1,2	11,0	12,0	10,9	9,2	35,2 abc	0,2	44,8 b
B. Verlaagde N-gift	0,2	1,5	11,8	12,5	10,1	7,5	35,9 abc	0,5	44,1 b
J. Woeltand	0,2	1,2	10,8	12,6	11,2	8,5	35,7 abc	0,3	44,7 b
K. Haver	0,2	1,5	12,6	11,8	7,6	4,7	33,5 ab	0,4	38,9 a
N. Verruwen rug	0,2	1,5	11,4	12,1	10,2	8,8	35,2 abc	0,6	44,8 b
F-prob (hele proef)	0,8	0,046	0,040	0,8	0,034	0,03	0,042	0,5	<0,001
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	0,1	0,3	2,3	1,7	1,7	3,6	3,2	0,4	1,9
VC (hele proef)	27	18	14	10	12	32	6	67	3

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	1,8	4,2	17,2	12,0	8,0	4,8	41,3	0,1	48,0 bcd
B. Verlaagde N-gift	1,6	5,2	18,5	12,3	7,4	3,7	43,4	0,4	49,1 bcd
J. Woeltand	1,6	4,1	16,7	12,3	8,0	4,3	41,1	0,2	47,2 abcd
K. Haver	1,6	4,9	20,1	11,7	5,8	2,6	42,5	0,3	47,0 abc
N. Verruwen rug	1,5	5,0	17,7	11,5	7,3	4,3	41,5	0,5	47,8 bcd
F-prob (hele proef)	0,5	0,04	0,029	0,9	0,11	0,053	0,063	0,5	0,019
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	0,6	1,0	3,3	1,7	1,3	1,7	4,3	0,3	3,3
VC (hele proef)	25	16	13	10	12	30	7	62	5

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

	< 28	28-35	35-45	45-50	50-55	> 55	SORT
A. Standaard	0,6	3	25	27	24	21	48,8 bc
B. Verlaagde N-gift	0,5	4	27	29	23	17	48,1 abc
J. Woeltand	0,5	3	24	28	25	19	48,8 bc
K. Haver	0,6	4	33	31	20	12	46,8 a
N. Verruwen rug	0,5	3	26	27	23	20	48,5 bc
F-prob (hele proef)	0,6	0,032	0,016	0,405	0,155	0,048	0,024
LSD ($\alpha=0,05$) (hele proef)	0,2	1	5	4	4	8	1,4
VC (hele proef)	27	18	14	10	12	30	2

5.5 Resultaten peen

5.5.1 Gewasstand peen

In totaal zijn 8 waarnemingen van de gewasstand uitgevoerd. Wat opvalt bij de eerste waarneming op 14 juli is dat de peen homogeen is opgekomen. Daarnaast is in tabel 5.8 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 17 november 2023. Dit resultaat geeft aan dat de strategieën om afspoeling te verminderen - het toepassen van de woeltand en reliëf - geen effect hebben gehad op de ontwikkeling van de peen in het veld.

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

Object	Omschrijving	14	26	09	23	12	25	08	17
		- 07	- 07	- 08	- 08	- 09	- 09	- 11	- 11
A	Onbehandeld	8,0	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	8,0
C	Wafelrol/reliëf	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

5.5.2 Bodemstructuur peen

In het seizoen is ook tussen de peenruggen naar de bodemstructuur gekeken. Bij de waarneming van 14 juli werden hierbij geen verschillen waargenomen tussen de strategieën. In de latere waarneming op 26 juli werden wel verschillen waargenomen. De grond was op dat moment vochtig en bij de wafelrol bleef het vocht langer aanwezig in de gevormde putjes (foto 5.1,

rechts). Ook in de waarneming van 9 augustus waren deze putjes nog zichtbaar. Bij de waarnemingen van 26 juli en 9 augustus werden geen verschillen gezien tussen onbehandeld en de woeltand. In de latere waarnemingen, vanaf 12 september, werden geen verschillen meer waargenomen in de grondstructuur. Dit resultaat geeft aan dat de maatregelen om afspoeling te verminderen mogelijk niet voldoende lang aanwezig zijn om gedurende het gehele seizoen effect te hebben.



Figuur 5.2 Van links naar rechts: onbehandeld, woeltand en reliëf. Deze objecten zijn op 26-7-2023 op foto vastgelegd.

5.5.3 Gewasopbrengst peen

Op 17 november 2023 werd de peen geoogst. Bij de sortering werd de peen ingedeeld in de volgende klassen: < 20 mm, 20-40 mm, > 40 mm, tarra en totaal. Hierbij zijn zowel het aantal pennen als het gewicht per klasse bepaald (Tabellen 5.9 en 5.10).

Wat opvalt bij de geoogste peen is dat er geen significante verschillen zijn tussen de strategieën. Dit komt overeen met de gewaswaarnemingen waarin de velden gedurende het seizoen homogeen oogden. Dus kan worden gezegd dat de inzet van de woeltand en de wafelrol geen 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	4,7	70,6	3,3	13,0	91,1
B	Woeltand	6,8	70,8	2,9	13,5	94,1
C	Wafelrol/relief	5,6	74,3	3,0	13,0	95,9
F-prob.		0,3	0,2	0,8	1,0	0,5
LSD		2,6	4,9	1,4	3,9	7,8
VC		55	8	54	35	10

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	0,2	8,1	0,8	1,0	10,1
B	Woeltand	0,3	7,9	0,7	1,0	9,8
C	Relief	0,2	8,2	0,7	0,9	10,1
F-prob.		0,1	0,3	0,5	0,7	0,4
LSD		0,1	0,5	0,3	0,3	0,4
VC		50	7	52	32	5

5.6 Conclusie en discussie

5.6.1 Conclusies

Pootaardappel

- Object K, de haver tussenzaai, was het enige object met een statistisch significant verschil ten opzichte van de andere objecten. Dit object geeft een lagere totaalopbrengst dan de andere objecten. Hieruit blijkt dat er stikstofconcurrentie was met de haver. Aan het einde van het groeiseizoen was de haver hoger dan de pootaardappelen.
- Woeltand en wafelrol hebben geen effect gehad op de opbrengst van pootaardappel.

Peen

- In deze proef zijn geen verschillen gevonden in gewasstand, opbrengst en kwaliteit tussen de objecten. Woeltand en wafelrol hebben geen effect gehad op de opbrengst van peen.
- Na 12 september was er -op het oog- geen verschil in grondstructuur te zien tussen de verschillende behandelingen.

5.6.2 Discussie

Om concurrentie tussen aardappel en haver te voorkomen, moet de haver eerder doodgespoten worden. Mogelijk wordt hiermee het negatieve effect van haver tussezaai op de aardappelopbrengst tenietgedaan.



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 is onderzocht of een verband bestaat tussen het spuit- en bemestingsregime en de gemeten concentratie in het afspoelende water. 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

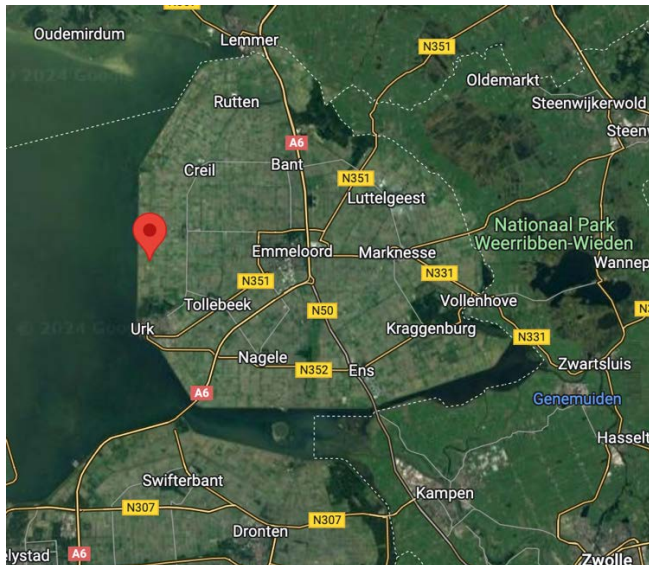
Uit de in 2021 en 2022 uitgevoerde afspoelingsproeven bleek na elke meting dat het afspoelende water gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten bevatte. De concentraties per afstromingsevent verschilden sterk. Ook de vracht (concentratie x aantal liters) die in de sloot terechtkwam was wisselend. Soms was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

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*). 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 de wafelrol. Zoals eerder genoemd, is op deze stroken de gangbare landbouwpraktijk uitgevoerd van (grond)bewerkingen, bemestingen en bespuitingen.



Figuur 6.1 Locatie van deelonderzoek 'Dynamiek van afspoeling' (rode pin).

6.3 Monitoring

In dit deelonderzoek hebben we de waterkwaliteit en het bodemvocht 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 3.1 en 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-MSMS¹⁴).



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

6.3.2 Neerslag en bodemvochtgehalte

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 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

¹⁴ Analyselijst water GC-MSMS + LC-MSMS: <https://agrocontrol.nl/wp-content/uploads/2022/09/Water-analyselijst-versie-5-NL.pdf>

Om een relatie te kunnen leggen tussen de hoeveelheid neerslag en intensiteit van een regenbui, het bodemvochtgehalte en de hoeveelheid afspoelend water zijn in iedere controlestrook (6 in totaal) bodemvochtsensoren tussen de ruggen geplaatst. Deze meten continue het bodemvocht op 10 cm diepte.

6.3.3 Spuit- en bemestingsregistratie

Van het proefperceel zijn de spuit- en bemestingsregistratie opgevraagd. Hierin heeft de ondernemer bijgehouden op welke datum hij heeft bemest of gespoten. En met welke hoeveelheid en welk middel.

6.4 Resultaten

6.4.1 Neerslag

Om een goed beeld te krijgen van de dynamiek van afspoeling presenteren we hieronder alle buien gedurende het teeltseizoen waarbij meer dan 10 liter afspoelde (gemiddelde van 6 controlevelden), met de neerslaghoeveelheid, de maximale intensiteit (mm/kwartier), de gemiddelde afspoeling per proefveld 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 half uur nadat de bui is afgelopen.

Het percentage van de regenbui dat afspoelt varieert van 0,2 tot 5,4%. Het gaat maximaal om 467 liter gemiddeld. In de data van 2022 (zie Folkersma et al. 2023) varieerde dat tussen 0,5 en 4,3%. Het overgrote deel van de neerslag blijft op het perceel en spoelt niet af.

Er is geen duidelijk verband tussen de totale hoeveelheid neerslag en de afspoeling. Een verband tussen de intensiteit van neerslag (maximaal aantal mm/15 minuten) en de hoeveelheid afspoeling is ook niet aanwezig. Datzelfde geldt voor het percentage afgespoeld water. De hoeveelheid neerslag en de intensiteit van de neerslag zijn in 2023 op dit perceel geen goede indicatoren om de hoeveelheid afspoeling te voorspellen. Er spelen meer factoren mee, zoals de tijd tussen de buien, de uitgangssituatie (nat of juist droog), de stand van het gewas, het type teelt (volvelds, bedden of ruggen) en de variatie binnen het perceel.

Tabel 6.1 Alle gemeten buien met meer dan 10 liter afspoeling op het proefperceel. Weergegeven zijn de starttijd 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 afgespoelde water ten opzichte van de neerslag op een proefveld.

Bui Espel	Start	Duur (uu:mm)	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)	Gemiddelde afspoeling (l)	gemiddeld % afgespoeld
5	22-07-23 5:15	7:30	30,98	5,72	235,9	1,8%
9	30-07-23 9:00	4:15	9,53	6,99	13,4	0,3%
10	31-07-23 0:00	16:15	25,4	2,22	17,0	0,2%
12	1-08-23 2:45	17:45	12,06	1,59	16,8	0,3%
13	2-08-23 8:30	7:45	11,36	2,86	79,5	1,6%
18	6-08-23 4:30	8:30	7,42	3,49	108,8	3,4%
19	6-08-23 20:00	15:00	12,58	2,86	23,3	0,4%
22 *	30-08-23 13:30	1:00	7	?	11,3	0,4%
24 *	22-09-23 21:45	4:45	13	?	245,8	4,4%
26	19-10-23 0:30	11:30	13,53	4,57	76,2	1,3%
27	20-10-23 10:15	17:15	21,47	5,4	292,1	3,1%
30	25-10-23 14:00	14:15	9,39	5,33	102,9	2,5%
32	29-10-23 0:00	2:15	13,7	3,05	15,8	0,3%
33	30-10-23 20:45	9:30	19,85	3,05	466,6	5,4%
35	3-11-23 1:30	20:15	17,27	10,41	229,3	3,1%
37	5-11-23 14:45	8:00	15,36	4,32	133,3	2,0%
38	7-11-23 20:00	14:00	7,17	2,54	47,7	1,5%
39	8-11-23 20:15	3:30	14,9	4,06	204,6	3,2%
40	10-11-23 6:15	10:15	16,26	2,03	273,4	3,9%
42	15-11-23 6:00	13:00	6,79	3,05	24,5	0,8%

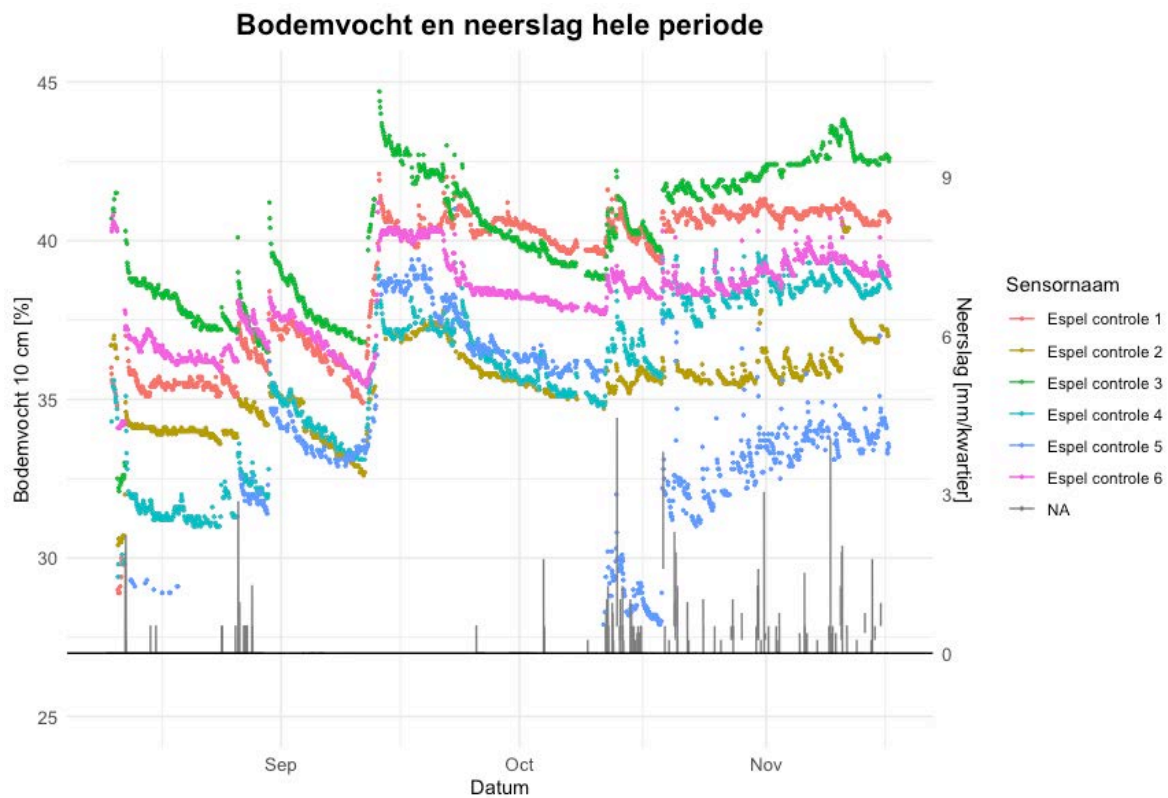
* Vanwege een storing van de weerpaal zijn hier neerslagdata uit een openbare bron gebruikt (Bayer regenmeter app)

6.4.2 Bodemvocht

Tussen de ruggen is in de zes herhalingen van de controle het bodemvocht gemeten. Bij bodemvochtdata is het belangrijk om naar de verandering in de tijd te kijken, en niet zozeer naar de absolute waarden. Door de grote variatie in bodemstructuur kunnen de absolute waarden sterk verschillen op korte afstand. Anders dan in 2022, toen de sensoren in de rug stonden, zijn in 2023 de sensoren tussen de ruggen geplaatst. Hierdoor kan ook infiltratie tussen de ruggen gemeten worden.

Figuur 6.4 laat de resultaten van de bodemvochtmetingen zien. Wat opvalt is de consistentie van het patroon. Alle lijnen volgen min of meer datzelfde patroon, waarbij herhaling 3 (de groene lijn) steeds boven ligt, en herhaling 5 (blauw) onder.

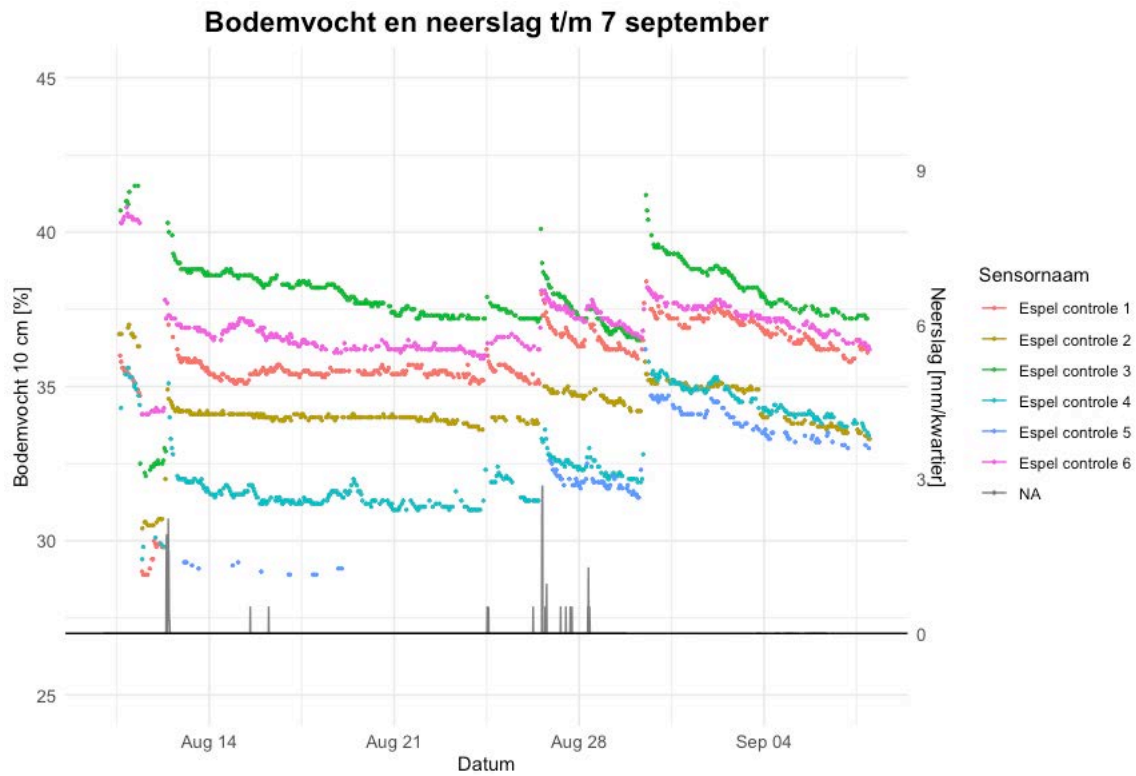
In de eerste helft van september vindt een grote sprong omhoog plaats. Het is niet duidelijk hoe dit komt. Er ontbreken neerslaggegevens voor die periode. Verder valt op dat vanaf ongeveer half oktober, herhaling 5 (blauw) een stuk lager komt te liggen. Mogelijk is de sensor toen uit de grond gehaald om de batterij te vervangen, en opnieuw geplaatst.



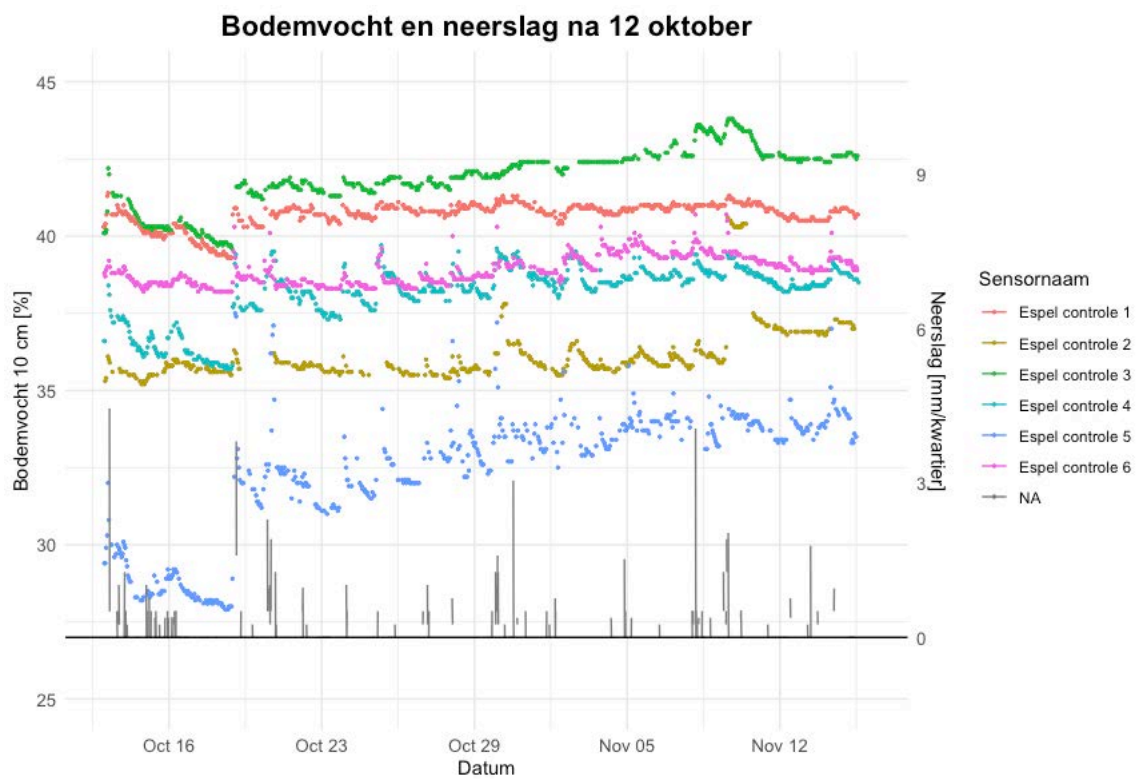
Figuur 6.4 Percentage bodemvocht van de verschillende herhalingen van de controlevelden over de totale meetperiode en neerslag (mm/kwartier).

In figuur 6.5 wordt ingezoomd op het eerste deel van de meetreeks. De neerslagpiek van 26 augustus is duidelijk terug te zien in het vochtgehalte van de bodem.

In figuur 6.6 is de grafiek ingezoomd op de periode na 12 oktober. Hier zijn veel kleine buitjes geweest. Zeker de grotere buien zijn goed terug te zien in het stijgende bodemvochtgehalte. Een deel van de neerslag infiltreert in de bodem, waardoor het bodemvochtgehalte stijgt.

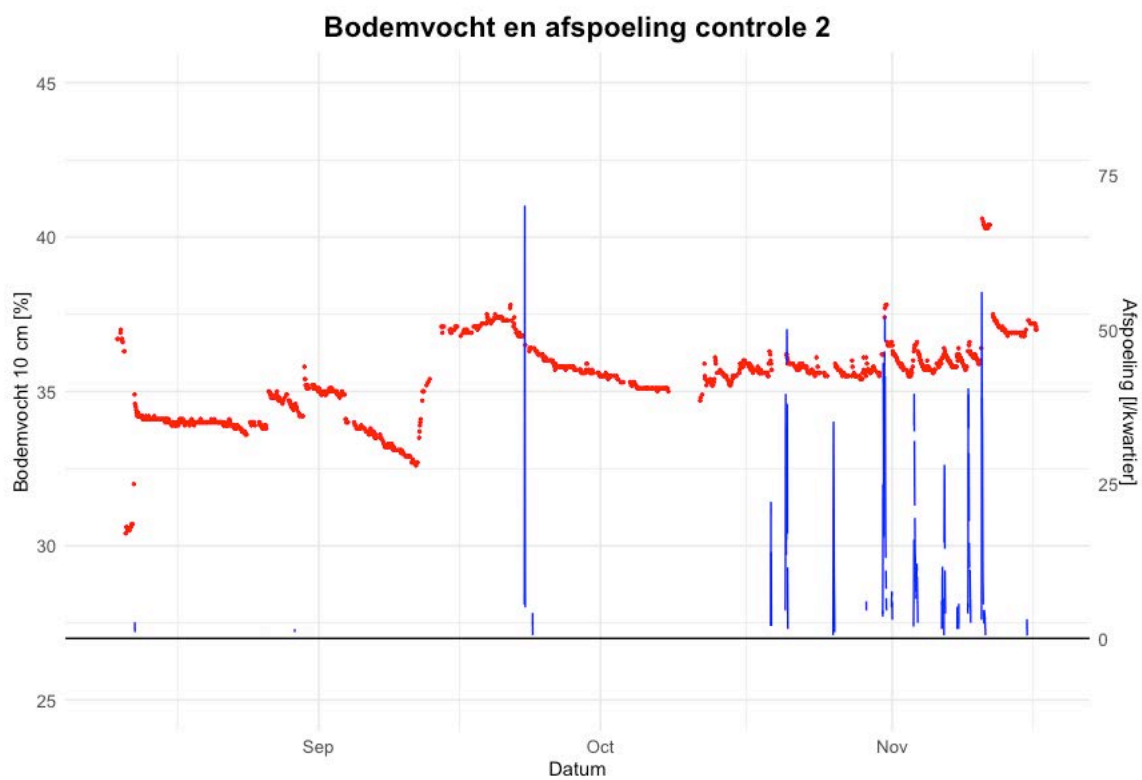


Figuur 6.5 Percentage bodemvocht over de periode t/m 7 september van de verschillende herhalingen van de controlevelden en neerslag (mm/kwartier).

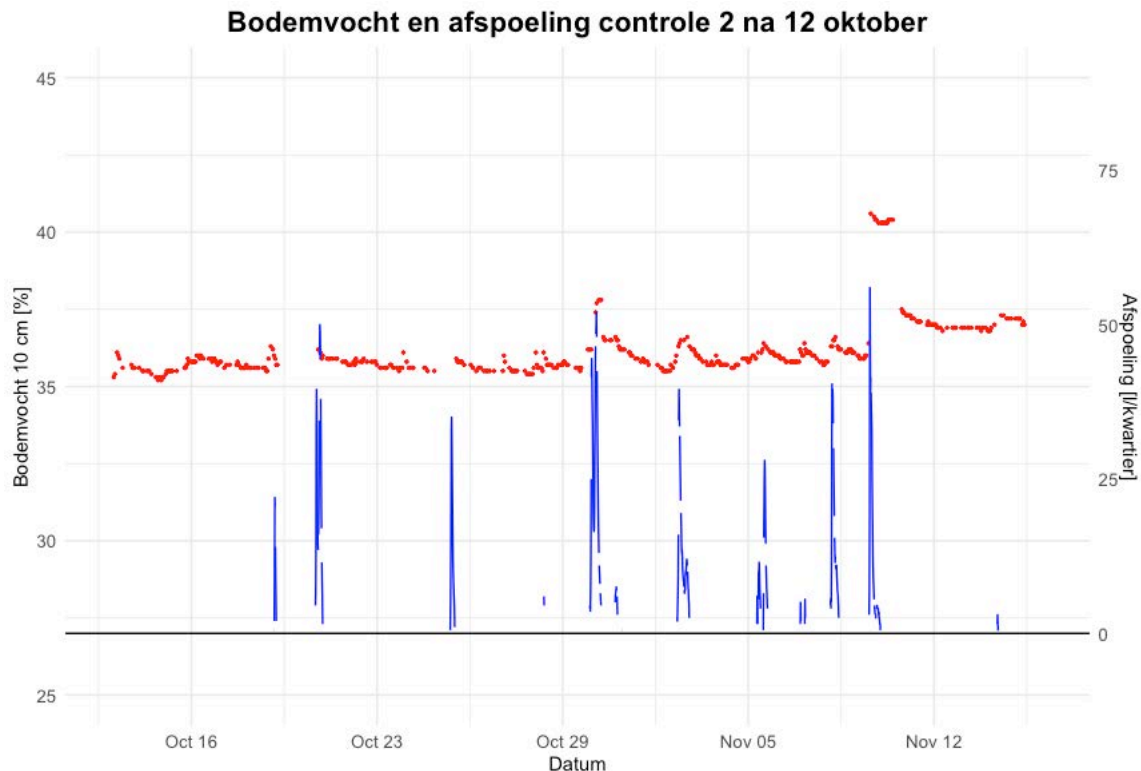


Figuur 6.6 Percentage bodemvocht over de periode na 12 oktober van de verschillende herhalingen van de controlevelden en neerslag (mm/kwartier).

Ook de hoeveelheid afspoeling (liter/kwartier) is in de tijd uitgezet, gecombineerd met het bodemvochtgehalte. In figuur 6.7 zijn het bodemvochtgehalte en de afspoeling van controleveld twee weergegeven. Als er veel afspoeling is, is het bodemvochtgehalte ook wat hoger, behalve bij de afspoeling van eind september. In grafiek 6.8 is ingezoomd op het laatste deel van de meetperiode. In die grafiek is te zien dat na een regenbui vaak zowel afspoeling plaatsvindt, als infiltratie in de bodem. Ditzelfde patroon is terug te zien bij controlevelden vier en vijf (geen grafiek opgenomen). Afspoeling en infiltratie gaan op deze lichte zavelgronden dus vaak samen op. Een deel van het water infiltreert in de bodem, een deel spoelt af.



Figuur 6.7 Bodemvochtgehalte (rode stippen) en afspoeling (in liter per kwartier, blauwe lijnen) van controleveld twee over de hele meetperiode.



Figuur 6.2 Bodemvochtgehalte (rode stippen) en afspoeling (in liter per kwartier, blauwe lijnen) van controleveld twee over de periode na 12 oktober.

6.4.3 Effect toepassingstijdstip

Gewasbeschermingsmiddelen

Van belang is niet alleen hoe veel 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 2023 heeft aangehouden. Met daarbij de concentratie van de betreffende werkzame stof in de eerste fles in de rechterkolommen. We hebben ervoor gekozen om alleen fles 1 weer te geven, omdat deze fles op bijna alle meetmomenten voldoende water bevatte voor analyse. Bij de flessen 2 en 3 was dat niet het geval. De hoogste concentratie is 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 26 september. Voor 26 september zijn de flessen voor het laatst op 8 september gelegeerd in de sloot. De monsters van 26 september kunnen dus water bevatten dat is afgespoeld tijdens bui 23, 24 en 25 (zie tabel 6.1). De flessen van

meting 2 op 20 oktober bevatten water van bui 26 en 27. Bui 27 duurde voort tot 21 oktober, dus voor vrachtberekening is die datum ook nog meegenomen. De monsters van meting 3 op 24 oktober bevatten water van bui 28 en 29. In de praktijk zal hier nog water van bui 27 in gezeten hebben, omdat de flessen halverwege die bui geleegd waren voor meting 2. Dit is echter voor de analyse niet van belang.

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

Stof	Datum	Product	Dosering middel [l/ha of kg/ha]	Opmerking	Gemiddelde concentratie controle fles 1 [$\mu\text{g/l}$]*		
					1e meetmoment (26-09)	2e meetmoment (20-10)	3e meetmoment (24-10)
Herbiciden							
Clomazone	31-05-2023	Centium 360 CS	0,25		0,02	-	-
Aclonifen	31-05-2023	Challenge	1,00	Niet gemeten			
	30-06-2023	Challenge	1,50	Niet gemeten			
Pendimethalin	31-05-2023	Stomp 400 SC	2,00		0,02	0,07	-
Prosulfocarb	30-06-2023	Boxer	5,00		-	0,33	0,050
Insecticiden							
Spirotetramat	14-07-2023	Batavia	0,75	Niet gemeten			
	07-08-2023	Batavia	0,75	Niet gemeten			
Fungiciden							
Pyraclostrobine	28-07-2023	Signum	0,75				
	29-08-2023	Signum	0,75		0,28	0,09	0,08
Boscalid	28-07-2023	Signum	0,75				
	29-08-2023	Signum	0,75		7,25	3,3	1,76
Azoxystrobine	11-08-2023	Amistar Top	1				
	09-10-2023	Amistar	1		15,78	12,77	6,16
Difenoconazool	11-08-2023	Amistar Top	1				
	12-09-2023	Dagonis SC	0,6				
	26-09-2023	Dagonis SC	1				
	09-10-2023	Amistar	1		10,41	3,52	3,24
Fluxapyroxad	12-09-2023	Dagonis SC	0,6				
	26-09-2023	Dagonis SC	1		2,35	7,35	7,41
Kalium waterstof carbonaat	12-09-2023	Kumar	2		0,01 (K+) en 0,07 (HCO ₃ ⁻) g/l	0,02 (K+) en 0,06 (HCO ₃ ⁻) g/l	0,03 (K+) en 0,12 (HCO ₃ ⁻) g/l

* De eenheid van K⁺ en HCO₃⁻ is g/l.

Alle stoffen die toegepast zijn en in het analysepakket zaten, zijn ook daadwerkelijk aangetroffen. We beschrijven het patroon per werkzame stof:

- Clomazone is alleen op het eerste meetmoment aangetroffen, in een lage concentratie. Dit is goed te verklaren, aangezien het vier maanden daarvoor voor het laatst is gebruikt.

- Het is opvallend dat pendimethalin ook op 31 mei voor het laatst gebruikt is, maar op meetmoment 2 in hogere concentratie is aangetroffen dan op meetmoment 1. Dit kan aan de intensiteit van de bui liggen. Pendimethalin hecht sterk aan bodemdeeltjes. Bij een intense bui kan meer bodemmateriaal met pendimethalin afspoelen. Het is opvallend dat op meetmoment 3, slechts vier dagen na meetmoment 2, er geen pendimethalin is aangetroffen.
- Prosulfocarb is ook al voor het eerste meetmoment toegepast, maar wordt pas vanaf het tweede meetmoment gemeten. Op het 3^e meetmoment is de concentratie afgenomen.
- Pyraclostrobine en boscalid zijn voor het 1^e meetmoment toegepast en in tabel 6.2 is te zien dat de concentratie in het afspoelende water afneemt over de tijd.
- Azoxystrobine is zowel voor het 1^e meetmoment toegepast als tussen het eerste en 2^e meetmoment. Ondanks de bespuiting tussen het 1^e en 2^e meetmoment, neemt de concentratie van deze stof wel af. Ook 4 dagen later (meetmoment 3) is de concentratie verder gedaald.
- Difenconazole is 2x toegepast voor meetmoment 1 en 2x tussen meetmoment 1 en 2 in. De concentratie neemt af over de tijd.
- Fluxapyroxad is toegepast op de dag van monsternamen. Dit is niet meteen gemeten, aangezien het afspoelende water van de dagen ervoor bemonsterd is. Dit verklaart de hogere concentratie op het tweede meetmoment. Op het derde meetmoment is de concentratie nog niet afgenomen.

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.

Nutriënten

In tabel 6.3 is het bemestingschema van het proefperceel aangegeven.

Het afspoelende water is geanalyseerd op nitraat en fosfaat, maar deze stoffen zijn maar weinig aangetroffen. In de meeste flessen was de waarde onder de detectielimiet (0,1 mmol/liter voor nitraat en 0,05 mmol/liter voor fosfaat). Dat maakt een statistische analyse voor deze stoffen ingewikkeld; data ontbreken, terwijl ze waarschijnlijk niet gelijk aan 0 zullen zijn.

Tabel 6.3 Bemestingsschema proefperceel 'Dynamiek van afspoeling' met dosering en percentage stikstof (N) totaal en nitraat.

Meststof	Datum	Dosering [kg/ha of l/ha]	N-tot %	N-nitraat %
NK 16+30	11-07-2023	270	16	8
Hu-man 15	15-07-2023	1	0	0
Top Trace Borium	15-07-2023	1	0	0
Top Trace Magnesiumnitraat	15-07-2023	1	7	7
KAS 27% + 4% MgO (Nutramon)	21-07-2023	200	27	13,5
Bitterzout (EPSO Top)	28-07-2023	5	0	0
VitaloSol Gold	29-08-2023	1	0	0
KAS 27% + 4% MgO (Nutramon)	11-09-2023	180	27	13,5
VitaloSol Gold	12-09-2023	1	0	0
VitaloSol Gold	26-09-2023	1	0	0
VitaloSol Gold	09-10-2023	1	0	0

6.4.4 Verschil tussen controle en wafelrol

We hebben onderzocht of de maatregel wafelrol effect heeft op de concentraties van afspoelend water. De resultaten van deze vergelijking zijn in deze paragraaf uitgewerkt.

Figuur 6.7 geeft de somconcentraties weer van gewasbeschermingsmiddelen in µg/l over drie meetmomenten. Per meting is onderscheid gemaakt tussen de controle en de wafelrol/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 20e tot 40e liter en de derde fles een mengmonster van grofweg de 40e tot 60e 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.

Er zijn twee uitschieters te zien (de roodgekleurde vlakken): meting 1, controle, fles 1, herhaling 3 en meting 2, controle, fles 1, herhaling 6. Bij de uitschieter in meting 1 bestaat bijna 60% van de somconcentratie uit azoxystrobine, 30% van de somconcentratie bestaat uit difenoconazool. Ook bij de uitschieter van meting 2 maakt azoxystrobine een groot deel uit van de somconcentratie, namelijk ruim 60%. Zowel azoxystrobine als difenoconazool zijn werkzame stoffen van het middel Amistar Top. Dit middel is zowel voor het eerste meetmoment, als tussen het 1^e en 2^e meetmoment toegepast. Het is niet

duidelijk wat de oorzaak van het verschil in concentratie is. Het laat wel het belang van herhalingen zien, de verschillen zijn groot.

		Herhaling							
		1	2	3	4	5	6	Gemiddelde	
Meting 1	Controle	Fles 1	35	18	98		16	18	37
		Fles 2			30				30
		Fles 3			14				14
	Relief	Fles 1	28	14	10	9	15	24	17
		Fles 2	10	11		13		36	18
		Fles 3	12	7		12			10
Meting 2	Controle	Fles 1	29	23	13	16	17	72	28
		Fles 2	34	36	25	22	31	45	32
		Fles 3	31	27	28		21	56	33
	Relief	Fles 1	19	16	8	15	12	30	17
		Fles 2	28	21	24	26	24	58	30
		Fles 3	29	40	18		28	49	33
Meting 3	Controle	Fles 1	30	24	2	22	16	25	20
		Fles 2	30	22	22	19	21	27	24
		Fles 3	3	23	14	18	18	13	15
	Relief	Fles 1	20	28	12	20	21	34	23
		Fles 2	27	27	11	5	20	37	21
		Fles 3	23	24	19		20	29	23

Figuur 6.3 Somconcentraties van gewasbeschermingsmiddelen in µg/l over drie meetmomenten.

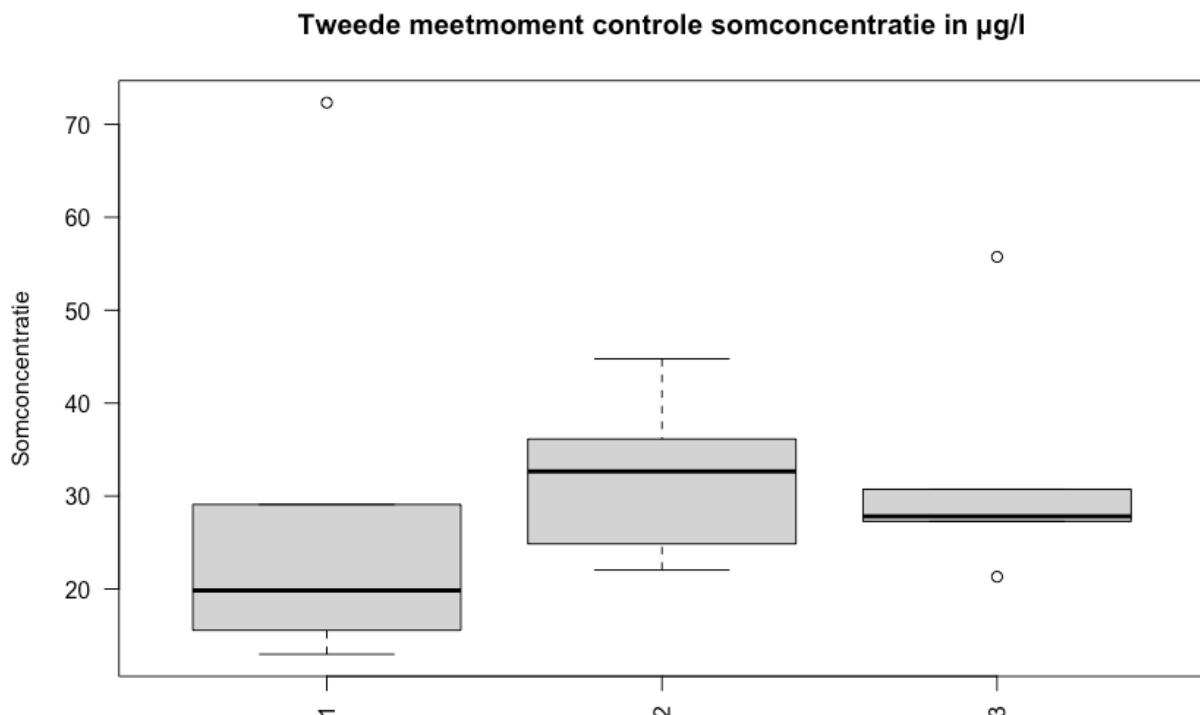
Per meting is onderscheid gemaakt tussen de controle en de wafelrol/reliëf, met steeds 3 flessen per behandeling. De kleuren (van groen - laag tot rood - hoog) geven een weging aan de concentratie gewasbeschermingsmiddelen. De zwarte vlakken geven aan dat deze flessen niet gevuld waren.

Het verschil tussen de controlegroep en de wafelrol (reliëfgroep) is getest met een t-test. Hier zijn veel verschillende combinaties mogelijk: alle gemeten stoffen kunnen gecombineerd worden met de verschillende flesnummers en de verschillende meetmomenten.

Bijna nergens was sprake van significante verschillen. In een enkel geval was dit wel zo, namelijk bij:

- Meetmoment 1, Flesnummer 2, fluxapyroxad -> de reliëfgroep heeft een hogere concentratie.
- Meetmoment 1, Flesnummer 2, azoxystrobine -> de controlegroep heeft een hogere concentratie.
- Meetmoment 3, Flesnummer 3, azoxystrobine -> de reliëfgroep heeft een hogere concentratie.
- Meetmoment 3, Flesnummer 3, totaal GBM -> de reliëfgroep heeft een hogere concentratie.

Bij de buien van 2023 is dus geen verschil waargenomen tussen de reliëfgroep en de controlegroep. Als er voor een enkel geval al een significant verschil was, had de ene keer de controlegroep een hogere concentratie, en de andere keer de reliëfgroep. Ook moet opgemerkt worden dat het in 2 van de vier gevallen uit het bovenstaande lijstje gaat om meetmoment 1, fles 2. In figuur 6.7 is te zien dat in de controlegroep op dat moment alleen herhaling 3 geanalyseerd is, terwijl herhalingen onderling sterk kunnen verschillen.



Figuur 6.4 Gemiddelde somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen (µg/l) van fles 1, 2 en 3 van de controlevelden op meetmoment 2.

6.4.5 First Flush

Op het eerste gezicht wordt al duidelijk uit figuur 6.8 dat nergens sprake is van een first flush. In het geval van een first flush zou je de hoogste concentratie verwachten in fles 1, waarbij de concentratie afneemt in fles 2 en 3. Het gemiddelde van de controlegroep bij meting 1 heeft wel een afnemende waarde bij een hoger flesnummer (37 tot 14 ug/l). Dit blijkt echter vooral te komen door de hoge waarde van fles 1 van herhaling 3. De andere herhalingen zijn overigens niet gemeten, die flessen waren niet gevuld. In figuur 6.8 zijn de somconcentraties uitgezet in een boxplot. Daaruit blijkt dat er geen statistisch verschil is tussen de eerste 20 liter afspoelend water (fles 1), de tweede 20 liter afspoelend water (fles 2) en de derde 20 liter afspoelend water (fles 3).

Net als in 2022 is er dus in 2023 geen first flush waargenomen bij regen**buien**. In 2022 werd bij **beregening** wel een first flush waargenomen. In 2023 heeft echter geen beregening plaatsgevonden.

6.4.6 Concentratie in afspoelend water versus de kwaliteitsnorm

Om beter te begrijpen wat de gemeten concentraties 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. Ook het percentage van het toegepaste middel dat in de sloot terechtkomt, wordt berekend. Dit cijfer geeft zicht op de omvang van de emissieroute afspoeling op het perceel.

In tabel 6.4 is voor de controlevelden, op drie meetmomenten, de theoretische concentratie in de sloot weergegeven. In rood staat aangegeven of de norm wordt overschreden. De vracht is berekend door de gemeten concentratie in het afspoelend water te vermenigvuldigen met het aantal liter afspoelend water. En dat vervolgens om te rekenen 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 van eventuele interactie tussen het aantal liters dat afspoelt en de concentratie meegenomen worden. Vervolgens is de gemiddelde vracht gedeeld door het aantal liters water in een standaardsloot, om de concentratie te berekenen.

Tabel 6.4 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	
		µg/l		µg		µg/l		µg/l (MAC-MKN)
Azoxystrobine	8,70	µg/l	3897,60	µg	4,090	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
Prosulfocarb		µg/l		µg		µg/l	0,55	µg/l (JG-MKN)
Pendimethalin	0,02	µg/l	8,96	µg	0,009	µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
Fluxapyroxad	0,40	µg/l	179,20	µg	0,188	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
Pyraclostrobin	0,15	µg/l	67,20	µg	0,071	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
Boscalid	0,55	µg/l	246,40	µg	0,259	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
Difenoconazool	19,00	µg/l	8512,00	µg	8,932	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter (perceelsbreedte 115 m) + het afgespoelde water

Meting 2, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**		norm	
		µg/l		µg		µg/l		µg/l (MAC-MKN)
Azoxystrobine	10,33	µg/l	833,59	µg	1,162	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
Prosulfocarb	0,57	µg/l	44,73	µg	0,062	µg/l	0,55	µg/l (JG-MKN)
Pendimethalin	0,08	µg/l	8,08	µg	0,011	µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
Fluxapyroxad	10,84	µg/l	919,80	µg	1,283	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
Pyraclostrobin	0,10	µg/l	7,28	µg	0,010	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
Boscalid	2,83	µg/l	207,73	µg	0,290	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
Difenoconazool	6,30	µg/l	478,69	µg	0,668	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter (perceelsbreedte 115 m) + het afgespoelde water

Meting 3, controle

stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**		norm	
		µg/l		µg		µg/l		µg/l (MAC-MKN)
Azoxystrobine	7,02	µg/l	2073,46	µg	2,262	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
Prosulfocarb	0,05	µg/l	16,68	µg	0,018	µg/l	0,55	µg/l (JG-MKN)
Pendimethalin		µg/l		µg		µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
Fluxapyroxad	8,24	µg/l	2472,90	µg	2,697	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
Pyraclostrobin	0,10	µg/l	21,99	µg	0,024	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
Boscalid	3,15	µg/l	861,11	µg	0,939	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
Difenoconazool	3,91	µg/l	1204,58	µg	1,314	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)

* gemiddelde concentratie van fles 2

** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter (perceelsbreedte 115 m) + het afgespoelde water

Tabel 6.5 Berekening van de theoretische concentratie in een standaard sloot en vergelijking met de waterkwaliteitsnorm voor de maatregel 'wafelrol/reliëf'.

Meting 1, reliëf								
stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**		norm	
Azoxystrobine	1,98	µg/l	326,57	µg	0,369	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
Prosulfocarb		µg/l		µg		µg/l	0,55	µg/l (JG-MKN)
Pendimethalin	0,02	µg/l	2,20	µg	0,002	µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
Fluxapyroxad	2,43	µg/l	590,17	µg	0,667	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
Pyraclostrobin	0,19	µg/l	42,91	µg	0,048	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
Boscalid	4,29	µg/l	1068,92	µg	1,207	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
Difenoconazool	2,79	µg/l	686,56	µg	0,775	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
* gemiddelde concentratie van fles 2								
** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter (perceelsbreedte 115 m) + het afgespoelde water								
Meting 2, reliëf								
stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**		norm	
Azoxystrobine	9,77	µg/l	1166,39	µg	1,574	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
Prosulfocarb	0,62	µg/l	72,49	µg	0,098	µg/l	0,55	µg/l (JG-MKN)
Pendimethalin	0,10	µg/l	7,96	µg	0,011	µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
Fluxapyroxad	10,00	µg/l	1141,72	µg	1,541	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
Pyraclostrobin	0,07	µg/l	8,45	µg	0,011	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
Boscalid	2,01	µg/l	270,87	µg	0,366	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
Difenoconazool	6,80	µg/l	929,74	µg	1,255	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
* gemiddelde concentratie van fles 2								
** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter (perceelsbreedte 115 m) + het afgespoelde water								
Meting 3, reliëf								
stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**		norm	
Azoxystrobine	6,93	µg/l	3944,92	µg	3,433	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)
Prosulfocarb	0,06	µg/l	33,94	µg	0,030	µg/l	0,55	µg/l (JG-MKN)
Pendimethalin		µg/l		µg		µg/l	0,024	µg/l (MAC-MKN)
Fluxapyroxad	7,17	µg/l	4085,55	µg	3,556	µg/l	3,6	µg/l (MAC-MKN)
Pyraclostrobin	0,07	µg/l	38,19	µg	0,033	µg/l	0,023	µg/l (MTR)
Boscalid	2,09	µg/l	1165,85	µg	1,015	µg/l	0,55	µg/l (MTR)
Difenoconazool	3,70	µg/l	2117,55	µg	1,843	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)
* gemiddelde concentratie van fles 2								
** standaard sloot Ctgb met een inhoud van 210 liter per strekkende meter (perceelsbreedte 115 m) + het afgespoelde water								

Zowel de controle- als de reliëfgroep hebben vier keer een overschrijding van de waterkwaliteitsnorm. Dit gaat in bijna alle gevallen om de stoffen pyraclostrobin en boscalid.

Het valt ook op dat er bij meting 2 nooit een overschrijding is waargenomen. Dit komt niet door de lage concentraties van het afspoelend water, die concentratie is in veel gevallen zelfs hoger dan bij meting 1 en 3. De oorzaak moet gezocht worden in de hoeveelheid afspoelend water voorafgaand aan meting 2. In de buien voor meting 2 spoelde er maar weinig water af. Dit zorgt voor een lage vracht.

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.

Vergelijking met drift

Per stof is ook bekeken hoeveel procent van de toegepaste hoeveelheid afspoelde in een bui. Dit zijn lage percentages. Het hoogste percentage is 0,12%. Dit was difenoconazool, en spoelde af in de controlegroep, tijdens meetmoment 1. Ter vergelijking: voor bespuitingen met difenoconazool is een minimale driftreductie van 90% vereist. Er wordt verondersteld dat door drift dan 0,2% van de bespuiting in de sloot terecht komt. De route van afspoeling is dus kleiner. Wel moet opgemerkt worden dat tijdens elke bui wat af kan spoelen. Opgeteld over het hele jaar zal het aandeel afspoeling dus groter zijn.

6.5 Conclusies en discussie

6.5.1 Conclusies

- Er is in 2023 geen duidelijk verband te zien tussen de totale hoeveelheid neerslag en de afspoeling op lichte zavelgronden. Een verband tussen de intensiteit van de neerslag (maximaal aantal mm/15 minuten) en de hoeveelheid afspoeling is ook niet aanwezig. De hoeveelheid neerslag en de intensiteit van de neerslag zijn in 2023 op dit perceel geen goede indicatoren om de hoeveelheid afspoeling te voorspellen. Er spelen waarschijnlijk meer factoren mee, zoals de tijd tussen de buien, de uitgangssituatie (nat of juist droog), de gewasstand, het type teelt (volvelds, bedden of ruggen) en de variatie binnen het perceel.
- Het percentage bodemvocht correspondeert goed met de verschillende buien. Afspoeling en infiltratie gaan op deze lichte zavelgronden vaak samen op: een deel van het water infiltreert in de bodem, een deel spoelt af.
- 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 stofeigenschappen (zoals binding en persistentie) zijn bepalend voor de concentratie van een stof in het afspoelende water.
- Het afspoelende water is geanalyseerd op nitraat en fosfaat, maar deze stoffen zijn maar weinig aangetroffen. In de meeste flessen was de

waarde onder de detectielimiet, waardoor een nadere analyse niet mogelijk was.

- Bij de buien van 2023 is geen verschil in somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen tussen de wafelrol/reliëf-groep en de controlegroep waargenomen. Als er voor een enkel geval al een significant verschil was, had de ene keer de controlegroep een hogere concentratie, en de andere keer de reliëfgroep.
- Net als in 2022, is in 2023 geen first flush waargenomen bij regenbuien. In 2022 werd bij berekening wel een first flush waargenomen; in 2023 heeft echter geen berekening plaatsgevonden.
- 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 één bui in de sloot kan komen was in 2023 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 half 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.
- Voor nitraat en fosfaat is afspoeling niet 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.
- Uit onze data blijkt dat oppervlakkige afspoeling kan leiden tot overschrijdingen van de waterkwaliteitsnorm. Dit wordt ondersteund 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 Poster afspoelingsproeven tijdens Flevoland bloeit

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.

7.2 Persberichten

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 websites van Delphy en CLM geplaatst.

De tekst over de afspoelingsproeven op de website van het Actieplan Bodem en Water Flevoland is ook geactualiseerd:

<https://bodemenwaterflevoland.nl/projecten/praktijkproeven-perceelafspoeling-2023-en-2024/>.

7.3 Workshop Kennisdag Bodem en Water Flevoland

Op 26 februari 2024 vond voor de zesde keer de Kennisdag Bodem en Water Flevoland plaats in Dronten. Op deze dag staat het delen van nieuwe kennis en ervaringen centraal. Ruim 150 Flevolandse boeren en professionals bezochten deze dag. In een workshop hebben we de resultaten van het afspoelingsonderzoek in 2021, 2022 en 2023 toegelicht. Journalist Jorg Tönjes

schreef er een artikel over in Akkerwijzer. De workshop was, met zo'n 20 deelnemers, goed bezocht (figuur 7.1).



Figuur 7.1 Tijdens de Kennisdag Bodem en Water Flevoland bezochten zo'n 20 deelnemers de workshop over de afspoelingsproeven.

7.4 Presentatie tijdens gewasbeschermingsavond Zuiderzeeland

Op 11 maart 2024 heeft CLM zowel de Toolbox Emissiebeperking als de Praktijkproeven perceelsafspoeling toegelicht tijdens de gewasbeschermingsavond van waterschap Zuiderzeeland. Tijdens de presentatie ontstond een levendige discussie over de resultaten met onder andere adviseurs, Nefyto-leden en medewerkers van het waterschap.

7.5 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 (RTLG, onderdeel van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur) sloten aan. De eerste bijeenkomst van deze groep was op 11 oktober 2023, toen de proefopzet en de eerste resultaten in het veld zijn toegelicht (figuur 7.2). Op 5 maart 2024 hebben we de resultaten toegelicht en besproken en nagedacht over een vervolg. De akkerbouwers in de groep hebben hun praktijkervaringen met de maatregelen toegelicht en meegedacht over de praktische toepasbaarheid.



Figuur 7.2 Uitleg over het eerste resultaat van de maatregelen tijdens één van de kernteambijeenkomsten.

7.6 Informeren van andere provincies, waterschappen, CropLifeNL en ministeries

Op 26 maart 2024 hebben we de resultaten van de proef gepresenteerd aan medewerkers van de provincie Drenthe, de waterschappen Zuiderzeeland, Hunze en Aa's, Aa en Maas, Brabantse Delta en Wetterskip Fryslân,

Rijkswaterstaat, CropLifeNL, de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (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.



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

- Het jaar 2023 was het natste en warmste jaar sinds het begin van de metingen van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Door de zeer natte lente zijn de zaai- en pootwerkzaamheden voor veel gewassen vertraagd. En de zeer natte herfst zorgde ervoor dat ook de oogst veel later plaatsvond dan normaal. Dit is een groot verschil met proefjaar 2022, dat door het KNMI juist als extreem warm, record-zonnig en droog wordt omschreven.
- De hoeveelheid afspoeling is sterk afhankelijk van de grondsoort. Waar op zware zavelgronden enkele tientallen liters afspoelen, gaat dit op lichte zavelgronden om enkele duizenden liters.
- Er is op lichte zavelgronden ook verschil in afspoeling binnen het perceel. Zowel in 2022 als in 2023 kwam het voor dat bij een enkele bui bij herhaling A een afspoeling van honderden liters geregistreerd werd, terwijl bij herhaling B -een tiental meters verderop- geen afspoeling werd geregistreerd.
- De effectiviteit van maatregelen verschilt bij verschillende weersomstandigheden. In het droge jaar 2022 zorgden de wafelrol en verdiepte infiltratiegreppel voor minder afspoeling. In het natte jaar 2023 was dit effect van de wafelrol alleen in juli te zien, daarna was er geen verschil meer. De woeltand liet in 2023 juist meer afspoeling zien.

8.1.2 Effectiviteit van twee maatregelen statistisch onderbouwd

- In de maand juli hebben zowel de woeltand als de wafelrol de afspoeling op lichte zavelgronden flink beperkt. Vanaf augustus verdween dat effect echter. Bij de woeltandvelden spoelde juist meer

water af dan bij de controle velden. Bij de wafelrol was vanaf augustus geen significant verschil te zien in afspoeling ten opzichte van de controle. Beide maatregelen hebben in het natte jaar 2023 onvoldoende gewerkt om afspoeling te verminderen.

- In de maand augustus is de afspoeling van de proefvelden die bewerkt zijn met een wafelrol (en woeltand) significant lager dan die van proefvelden bewerkt met alleen de woeltand. Het lijkt erop dat het wafelpatroon in deze maand de verhoogde afspoeling door de woeltand is tegengegaan.
- Het effect van de woeltand (te zien in de behandelingen reliëf en woelen) op het verminderen van slemp was duidelijk waarneembaar in de bodembeoordeling die is uitgevoerd in november. In tegenstelling tot de bodem in de controlestrook was er nauwelijks inspoeling van fijn sediment tussen de ruggen te zien.
- Ondanks dat de woeltand de bovengrond had losgetrokken, kon het water niet verder infiltreren naar diepere grondlagen, aangezien de ondergrond verdicht was. Deze ondergrondverdichting was in elke behandeling (ook in de controlestrook) waar te nemen en is dus niet toe te wijzen aan de bewerking met de woeltand.
- Zowel de woeltand als het wafelpatroon zijn maatregelen die in principe goed ingepast kunnen worden in de landbouwpraktijk. De toepassing van het wafelpatroon moet wel gemechaniseerd worden, in combinatie met een andere werkgang (zoals (aan)frezen).

8.1.3 Proeven op praktijkschaal

- In de praktijk bleek de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel geen obstakel te vormen in de teelt. Wel is de aanleg arbeidsintensief, met name het vullen van de sleuf met bomenzand. Dit gebeurde voor de proef handmatig, mogelijk kan mechanisatie dit nadeel verkleinen. De verdiepte, gevulde infiltratiegreppel was in 2023 niet effectief in het verminderen/voorkomen van afspoeling. Dit in tegenstelling tot het drogere jaar 2022, waarin de verdiepte, gevulde infiltratiegreppel wel effectief was. Dit komt waarschijnlijk doordat in 2023 een zogenaamde slempkorst gevormd is in de gevulde infiltratiegreppel, waardoor het water niet kon infiltreren.
- De dubbele infiltratiegreppel lijkt geschikt om uitgevoerd te worden in de praktijk. Voorwaarde is wel dat de kopakker breed genoeg is om een dubbele greppel aan te leggen, zodat de ondernemer geen last heeft van de greppel bij andere werkzaamheden op het perceel. De dubbele infiltratiegreppel kan meer afspoelend water bufferen en heeft daarmee een toegevoegde waarde.

- Vanuit de basismetingen blijkt duidelijk dat de hoeveelheid afspoeling sterk afhankelijk is van de grondsoort. De hoeveelheden afspoeling van percelen zware zavel (OFL) zijn flink lager dan van percelen lichte zavel (NOP). Waar op zware zavelgronden enkele tientallen liters afspoelen, gaat dit op lichte zavelgronden om enkele duizenden liters. Dit beeld is de afgelopen drie onderzoeksjaren hetzelfde. In 2023 is voor het eerst in het oostelijk deel van de NOP gemeten. De afspoeling is hier lager dan op de lichte zavelgronden en hoger dan op de zware zavelgronden. Op één locatie in de Oostelijke NOP ligt een proefperceel met een wat grovere zandstructuur. Deze grond is minder gevoelig voor oppervlakkige afspoeling en lijkt qua hoeveelheid afspoeling meer op de zware zavelgronden.

8.1.4 Effect van maatregelen op gewasopbrengst

- De toepassing van woeltand en wafelrol heeft geen effect gehad op de peen- en aardappelopbrengst.
- De haver tussenzaai had een negatief effect op de aardappelopbrengst, door stikstofconcurrentie. Tijdig doodspuiten van de haver is noodzakelijk om dit te voorkomen.

8.1.5 Dynamiek van afspoeling

- Er is in 2023 geen duidelijk verband te zien tussen de totale hoeveelheid neerslag en de afspoeling op lichte zavelgronden. Een verband tussen de intensiteit van de neerslag (maximaal aantal mm/15 minuten) en de hoeveelheid afspoeling is ook niet aanwezig. De hoeveelheid neerslag en de intensiteit van de neerslag zijn in 2023 op dit perceel geen goede indicatoren om de hoeveelheid afspoeling te voorspellen. Er spelen waarschijnlijk meer factoren mee, zoals de tijd tussen de buien, de uitgangssituatie (nat of juist droog), de gewasstand, het type teelt (volvelds, bedden of ruggen) en de variatie binnen het perceel.
- Het percentage bodemvocht correspondeert goed met de verschillende buien: afspoeling en infiltratie gaan op deze lichte zavelgronden vaak samen op, een deel van het water infiltreert in de bodem, een deel spoelt af.
- 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 stofeigenschappen (zoals binding en persistentie) spelen een rol bij de concentratie van een stof in het afspoelende water.
- Het afspoelende water is geanalyseerd op nitraat en fosfaat, maar deze nutriënten zijn maar weinig aangetroffen. In de meeste flessen was de waarde onder de detectielimiet.

- Bij de buien van 2023 is geen verschil waargenomen in somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen tussen de wafelrol/reliëfgroep en de controlegroep.
- Net als in 2022 is in 2023 geen first flush waargenomen bij regenbuien. In 2022 werd bij beregening wel een first flush waargenomen. In 2023 heeft echter geen beregening plaatsgevonden.
- 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 één bui in de sloot kan komen was in 2023 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

- De resultaten van 2023 verschillen sterk met die van proefjaar 2022. Dat de woeltand (behalve in de maand juli) voor meer afspoeling heeft gezorgd was verrassend. Alsook dat de wafelrol alleen in juli een positief effect liet zien. Vanuit de bodembeoordeling is het negatieve effect van de woeltand niet te verklaren. We bevelen aan om in 2024 vaker een bodembeoordeling uit te voeren bij de controlepercelen en voor de maatregelen woeltand en wafelrol, zodat we meer zicht krijgen op het effect door het seizoen heen. In 2023 is namelijk alleen aan het einde van de proef een bodembeoordeling uitgevoerd.
- In het oostelijke deel van de NOP zijn in 2023 alleen zogenaamde basismetingen uitgevoerd. Dit is belangrijk om de hoeveelheid afspoeling per perceel inzichtelijk te maken. Aanbeveling is om in 2024 op deze percelen ook een maatregel te nemen op de helft van het perceel en deze te vergelijken met de gangbare andere helft.
- Door dit onderzoek hebben we inzicht in de afspoeling van ruggenteelten op zware en lichte zavelgronden in Flevoland. Om ook inzicht te krijgen in afspoeling van andere grondsoorten en andere gewassen bevelen we aan om dit onderzoek ook in andere delen van Nederland uit te voeren.

REFERENTIES

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 perceelsafspoeling 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/2023/jaar>

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

LNV en IenW (2021). 7^e Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2022-2025). Bron: <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-31b2d76b-e0a6-455f-9de0-10606eca5eb3/pdf>



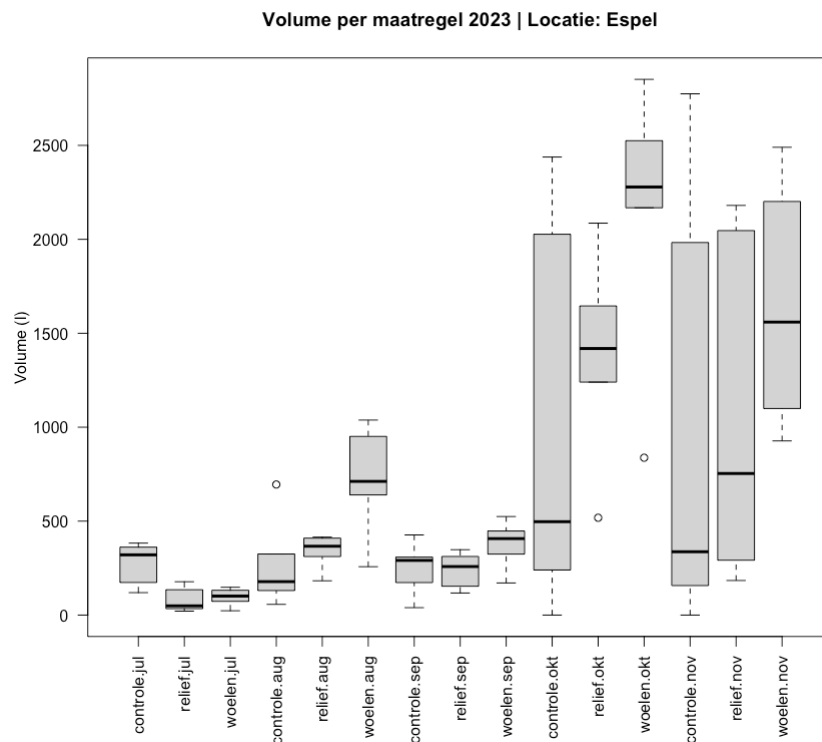
BIJLAGEN

Bijlage 1: Statistische tests en resultaten van de analyse

Uitkomsten praktijkproeven

Espel cumulatief per maand

Interactie maatregel:bui nee
Levine's test: significant (stop)
Shapiro-Wilk test: niet significant
Conclusie: Er wordt niet voldaan aan de voorwaarde van gelijke varianties. Daarnaast is duidelijk dat de maand ("Bui" in het model) veel invloed heeft. Daarom volgt een analyse per maand.



```
> DataEspelCumulatief
  Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
775  0 Espel jul controle      1 304.0
776  0 Espel aug controle     1  57.0
777  0 Espel sep controle     1 283.5
778  0 Espel okt controle    12438.0
779  0 Espel nov controle    12774.5
780  0 Espel jul controle     2 173.5
781  0 Espel aug controle     2  325.0
782  0 Espel sep controle     2  308.5
783  0 Espel okt controle     2 2027.0
784  0 Espel nov controle     2 1983.0
785  0 Espel jul controle     3  337.0
786  0 Espel aug controle     3  695.0
787  0 Espel sep controle     3  426.5
788  0 Espel okt controle     3  240.0
789  0 Espel nov controle     3  175.5
790  0 Espel jul controle     4  119.5
791  0 Espel aug controle     4  217.5
792  0 Espel sep controle     4   39.5
793  0 Espel okt controle     4  516.0
```

794	0	Espel nov controle	4	498.5
795	0	Espel jul controle	5	361.5
796	0	Espel aug controle	5	130.5
797	0	Espel sep controle	5	173.0
798	0	Espel okt controle	5	478.0
799	0	Espel nov controle	5	157.0
800	0	Espel jul controle	6	383.0
801	0	Espel aug controle	6	138.5
802	0	Espel sep controle	6	298.5
803	0	Espel okt controle	6	0.0
804	0	Espel nov controle	6	0.0
805	0	Espel jul woelen	1	75.5
806	0	Espel aug woelen	1	780.0
807	0	Espel sep woelen	1	324.5
808	0	Espel okt woelen	1	2302.5
809	0	Espel nov woelen	1	2201.5
810	0	Espel jul woelen	2	127.0
811	0	Espel aug woelen	2	639.5
812	0	Espel sep woelen	2	407.0
813	0	Espel okt woelen	2	2254.5
814	0	Espel nov woelen	2	1099.5
815	0	Espel jul woelen	3	73.0
816	0	Espel aug woelen	3	951.0
817	0	Espel sep woelen	3	524.5
818	0	Espel okt woelen	3	2851.5
819	0	Espel nov woelen	3	2490.0
820	0	Espel jul woelen	4	23.0
821	0	Espel aug woelen	4	1038.0
822	0	Espel sep woelen	4	407.0
823	0	Espel okt woelen	4	2525.0
824	0	Espel nov woelen	4	1972.5
825	0	Espel jul woelen	5	148.0
826	0	Espel aug woelen	5	643.0
827	0	Espel sep woelen	5	447.5
828	0	Espel okt woelen	5	2168.0
829	0	Espel nov woelen	5	1146.5
830	0	Espel jul woelen	6	132.0
831	0	Espel aug woelen	6	257.5
832	0	Espel sep woelen	6	171.0
833	0	Espel okt woelen	6	837.5
834	0	Espel nov woelen	6	927.0
835	0	Espel jul relief	1	44.0
836	0	Espel aug relief	1	403.0
837	0	Espel sep relief	1	153.5
838	0	Espel okt relief	1	2086.0
839	0	Espel nov relief	1	2180.5
840	0	Espel jul relief	2	54.0
841	0	Espel aug relief	2	415.0
842	0	Espel sep relief	2	348.0
843	0	Espel okt relief	2	1645.5
844	0	Espel nov relief	2	889.5
845	0	Espel jul relief	3	34.0
846	0	Espel aug relief	3	409.5
847	0	Espel sep relief	3	233.5
848	0	Espel okt relief	3	1474.0
849	0	Espel nov relief	3	2046.5
850	0	Espel jul relief	4	21.0
851	0	Espel aug relief	4	182.5
852	0	Espel sep relief	4	117.5
853	0	Espel okt relief	4	518.0
854	0	Espel nov relief	4	292.0

```

855 0 Espel jul relief 5 135.0
856 0 Espel aug relief 5 330.0
857 0 Espel sep relief 5 283.0
858 0 Espel okt relief 5 1240.0
859 0 Espel nov relief 5 184.0
860 0 Espel jul relief 6 177.5
861 0 Espel aug relief 6 311.5
862 0 Espel sep relief 6 312.0
863 0 Espel okt relief 6 1363.5
864 0 Espel nov relief 6 617.5

```

```

> # two-way ANOVA met Herhaling als block
> #LET OP: als er geen interactie is tussen maatregel en bui mag * worden vervangen door +
>
> #check interactie
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel * Bui, data = DataEspelCumulatief)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 5099894 1019979  4.072 0.00266 **
Maatregel  2  3663783 1831892  7.313 0.00131 **
Bui        4 25603766 6400941 25.552 4.51e-13 ***
Maatregel:Bui 8  3503984  437998  1.748 0.10243
Residuals 70 17535141 250502
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
> #ANOVA verschillende maanden of buien
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel + Bui, data = DataEspelCumulatief)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 5099894 1019979  3.781 0.00405 **
Maatregel  2  3663783 1831892  6.792 0.00191 **
Bui        4 25603766 6400941 23.731 7.34e-13 ***
Residuals 78 21039125 269732
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(Volume ~ Maatregel * Bui, data = DataEspelCumulatief, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group 14  9.1035 3.021e-11 ***
      75
---
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 = 0.99245, p-value = 0.8919

```

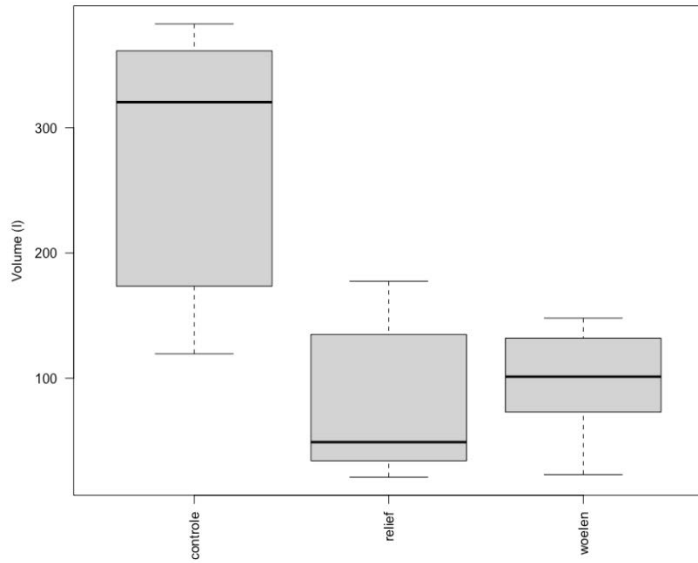
Espel cumulatief juli

```

Levine's test:      niet significant
Shapiro-Wilk test: niet significant
ANOVA effect maatregel: significant
Pairwise T-test:   significant voor controle:relief en controle:woelen
Conclusie:         Bij woelen en reliëf spoelde er minder af als gevolg van de maatregel

```

Volume per maatregel juli 2023 | Locatie: Espel



```
> DataEspeljuli
```

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

```
775  0 Espel jul controle  1 304.0
780  0 Espel jul controle  2 173.5
785  0 Espel jul controle  3 337.0
790  0 Espel jul controle  4 119.5
795  0 Espel jul controle  5 361.5
800  0 Espel jul controle  6 383.0
805  0 Espel jul woelen   1  75.5
810  0 Espel jul woelen   2 127.0
815  0 Espel jul woelen   3  73.0
820  0 Espel jul woelen   4  23.0
825  0 Espel jul woelen   5 148.0
830  0 Espel jul woelen   6 132.0
835  0 Espel jul relief   1  44.0
840  0 Espel jul relief   2  54.0
845  0 Espel jul relief   3  34.0
850  0 Espel jul relief   4  21.0
855  0 Espel jul relief   5 135.0
860  0 Espel jul relief   6 177.5
```

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

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

```
> summary(AOV)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 62831 12566  4.715 0.0179 *
Maatregel  2 149674  74837 28.081 7.89e-05 ***
Residuals 10 26651  2665
```

```
---
```

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

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

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

```
      Df F value Pr(>F)
group 2  3.6217 0.05208 .
      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 = 0.97155, p-value = 0.8264
```

```
> #if you want to do pairwise comparisons after a succesful and significant ANOVA
> df <- DataEspeljuli
> pairwise.t.test(df$Volume, df$Maatregel, p.adj='none')
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

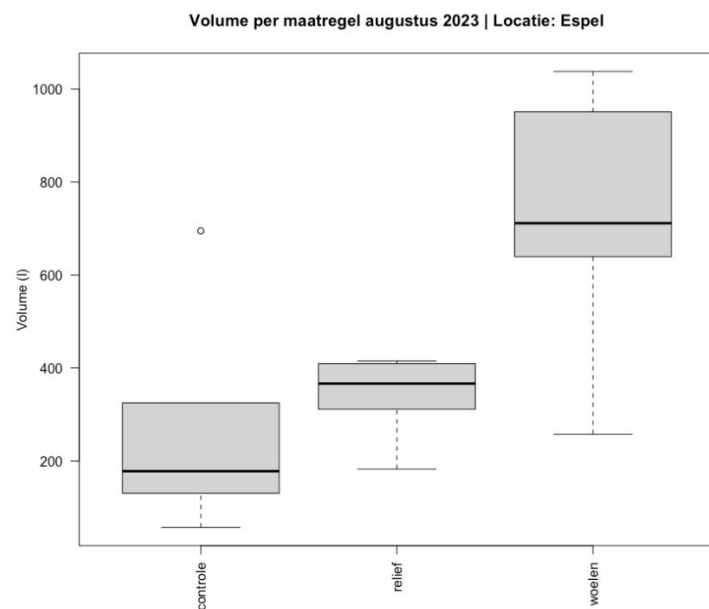
```
data: df$Volume and df$Maatregel
```

```
controle relief
relief 0.00040 -
woelen 0.00092 0.67877
```

P value adjustment method: none

Espel cumulatief augustus

```
Levine's test:      niet significant
Shapiro-Wilk test: niet significant
ANOVA effect maatregel: significant
Pairwise T-test:   significant voor controle:woelen en woelen:relief
Conclusie:         Bij woelen spoelde er meer af dan bij controle en reliëf, als gevolg van de maatregel.
```



```
> DataEspelaugustus
Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
776 0 Espel aug controle 1 57.0
781 0 Espel aug controle 2 325.0
786 0 Espel aug controle 3 695.0
791 0 Espel aug controle 4 217.5
796 0 Espel aug controle 5 130.5
```



```

801  0 Espel aug controle  6 138.5
806  0 Espel aug woelen  1 780.0
811  0 Espel aug woelen  2 639.5
816  0 Espel aug woelen  3 951.0
821  0 Espel aug woelen  4 1038.0
826  0 Espel aug woelen  5 643.0
831  0 Espel aug woelen  6 257.5
836  0 Espel aug relief  1 403.0
841  0 Espel aug relief  2 415.0
846  0 Espel aug relief  3 409.5
851  0 Espel aug relief  4 182.5
856  0 Espel aug relief  5 330.0
861  0 Espel aug relief  6 311.5
> #ANOVA een maand of bui
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = DataEspelaugustus)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 328950  65790  1.810 0.19860
Maatregel  2  715123 357562  9.835 0.00435 **
Residuals 10 363547  36355
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(Volume ~ Maatregel, data = DataEspelaugustus, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group 2  1.8299 0.1945
      15
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  AOV$residuals
W = 0.97444, p-value = 0.8758

> #if you want to do pairwise comparisons after a succesful and significant ANOVA
> df <- DataEspelaugustus
> 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 relief
relief 0.5220 -
woelen 0.0022  0.0084

P value adjustment method: none

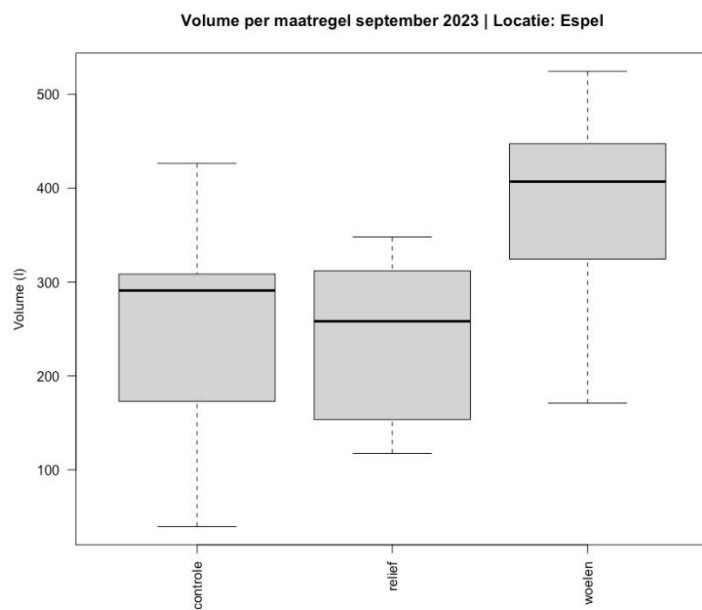
```

Espel cumulatief september

```

Levine's test:      niet significant
Shapiro-Wilk test:  niet significant
ANOVA effect maatregel:  niet significant
Conclusie:          Er is geen verschil tussen controle, woelen en reliëf als gevolg van de maatregelen.

```



```
> DataEspelseptember
```

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

```
777  0 Espel sep controle  1 283.5
782  0 Espel sep controle  2 308.5
787  0 Espel sep controle  3 426.5
792  0 Espel sep controle  4  39.5
797  0 Espel sep controle  5 173.0
802  0 Espel sep controle  6 298.5
807  0 Espel sep woelen   1 324.5
812  0 Espel sep woelen   2 407.0
817  0 Espel sep woelen   3 524.5
822  0 Espel sep woelen   4 407.0
827  0 Espel sep woelen   5 447.5
832  0 Espel sep woelen   6 171.0
837  0 Espel sep relief   1 153.5
842  0 Espel sep relief   2 348.0
847  0 Espel sep relief   3 233.5
852  0 Espel sep relief   4 117.5
857  0 Espel sep relief   5 283.0
862  0 Espel sep relief   6 312.0
```

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

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

```
> summary(AOV)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5  83489  16698  1.397 0.3046
Maatregel  2  70432  35216  2.946 0.0986 .
Residuals 10 119528  11953
```

```
---
```

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

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

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

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

```
      Df F value Pr(>F)
group 2  0.236 0.7926
```

```
15
```

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

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

Shapiro-Wilk normality test

data: AOV\$residuals

W = 0.95957, p-value = 0.5933

Espel cumulatief oktober

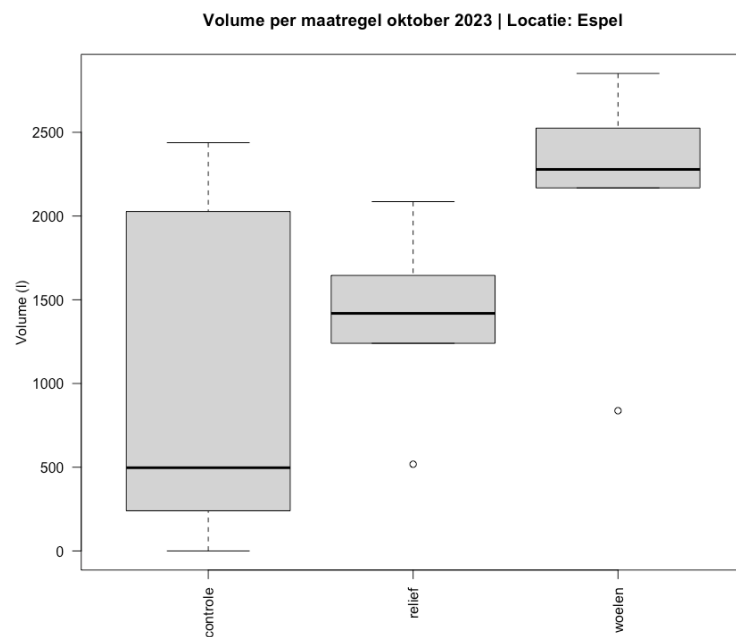
Levine's test: niet significant

Shapiro-Wilk test: niet significant

ANOVA effect maatregel: significant

Pairwise T-test: significant voor controle:woelen

Conclusie: Bij woelen spoelde er meer af dan bij controle, als gevolg van de maatregel.



```
> DataEspeloktober
```

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

```
778  0 Espel okt controle  1 2438.0
783  0 Espel okt controle  2 2027.0
788  0 Espel okt controle  3  240.0
793  0 Espel okt controle  4  516.0
798  0 Espel okt controle  5  478.0
803  0 Espel okt controle  6   0.0
808  0 Espel okt woelen   1 2302.5
813  0 Espel okt woelen   2 2254.5
818  0 Espel okt woelen   3 2851.5
823  0 Espel okt woelen   4 2525.0
828  0 Espel okt woelen   5 2168.0
833  0 Espel okt woelen   6  837.5
838  0 Espel okt relief   1 2086.0
843  0 Espel okt relief   2 1645.5
848  0 Espel okt relief   3 1474.0
853  0 Espel okt relief   4  518.0
858  0 Espel okt relief   5 1240.0
863  0 Espel okt relief   6 1363.5
```

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

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

```
> summary(AOV)
```

```

      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 4666965  933393  2.194 0.1360
Maatregel  2 4477474 2238737  5.262 0.0275 *
Residuals 10 4254789  425479
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(Volume ~ Maatregel, data = DataEspeloktober, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group  2  2.4839  0.117
      15
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)

```

Shapiro-Wilk normality test

```

data: AOV$residuals
W = 0.9126, p-value = 0.09563

```

```

> #if you want to do pairwise comparisons after a succesful and significant ANOVA
> df <- DataEspeloktober
> 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 relief
relief 0.341  -
woelen 0.016  0.105

```

P value adjustment method: none

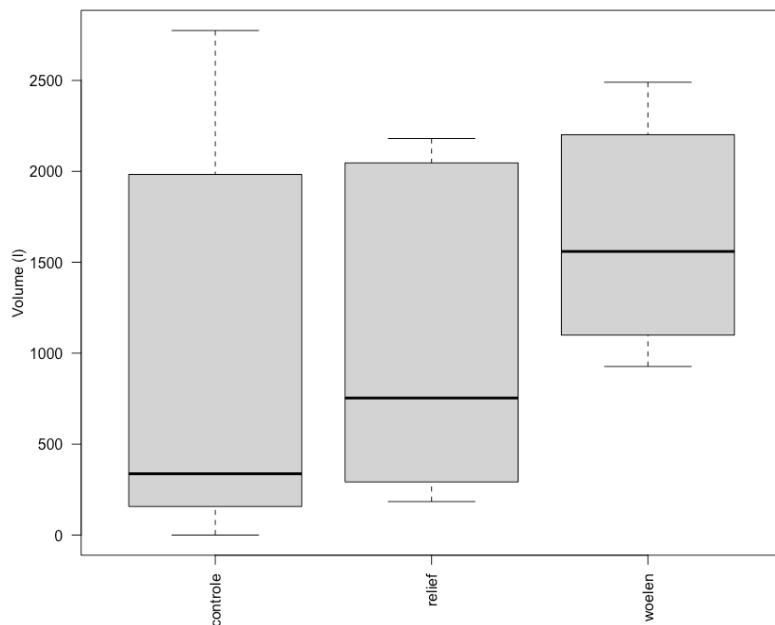
Espel cumulatief November

```

Levine's test:      niet significant
Shapiro-Wilk test:  niet significant
ANOVA effect maatregel:  niet significant
Conclusie:         Er is geen verschil tussen controle, woelen en reliëf als gevolg van de maatregelen.

```

Volume per maatregel november 2023 | Locatie: Espel



```

> DataEspelnovember
  Afgekeurd Locatie Bui Maatregel Herhaling Volume
779  0 Espel nov controle  1 2774.5
784  0 Espel nov controle  2 1983.0
789  0 Espel nov controle  3 175.5
794  0 Espel nov controle  4 498.5
799  0 Espel nov controle  5 157.0
804  0 Espel nov controle  6 0.0
809  0 Espel nov woelen  1 2201.5
814  0 Espel nov woelen  2 1099.5
819  0 Espel nov woelen  3 2490.0
824  0 Espel nov woelen  4 1972.5
829  0 Espel nov woelen  5 1146.5
834  0 Espel nov woelen  6 927.0
839  0 Espel nov relief  1 2180.5
844  0 Espel nov relief  2 889.5
849  0 Espel nov relief  3 2046.5
854  0 Espel nov relief  4 292.0
859  0 Espel nov relief  5 184.0
864  0 Espel nov relief  6 617.5
> #ANOVA een maand of bui
> AOV <- aov(Volume ~ Herhaling + Maatregel, data = DataEspelnovember)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 7803905 1560781  3.169 0.0568 .
Maatregel  2 1755064  877532  1.782 0.2178
Residuals 10 4924381  492438
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(Volume ~ Maatregel, data = DataEspelnovember, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group 2  1.6872 0.2183
      15
> #assumption of normality of residuals overall and per group
  
```

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

Shapiro-Wilk normality test

data: AOV\$residuals

W = 0.97532, p-value = 0.8896

Espel totaal

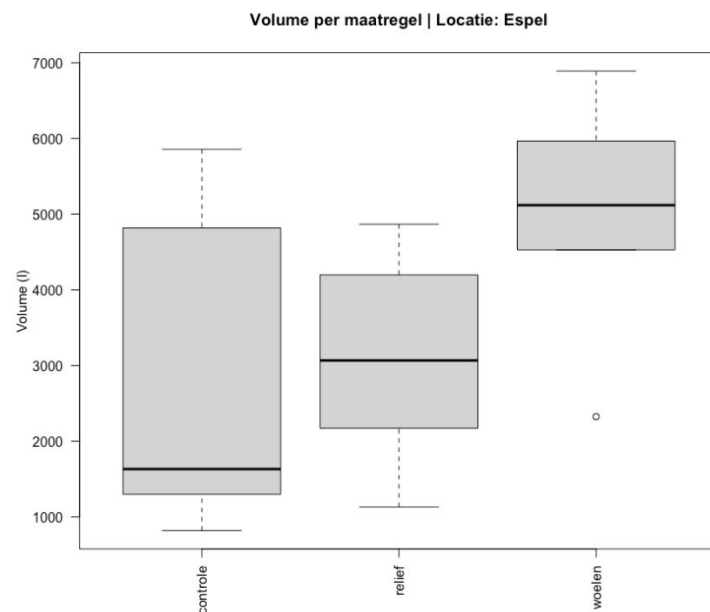
Levine's test: niet significant

Shapiro-Wilk test: niet significant

ANOVA effect maatregel: significant

Pairwise T-test: significant voor woelen:controle

Samengevat: bij woelen spoelde er over het hele seizoen meer af als gevolg van de maatregel.



```
> DataEspeltotaal
```

	Afgekeurd	Locatie	Bui	Maatregel	Herhaling	Volume
43	0	Espel Eindtotaal	controle		1	5857.0
86	0	Espel Eindtotaal	controle		2	4817.0
129	0	Espel Eindtotaal	controle		3	3874.0
172	0	Espel Eindtotaal	controle		4	1391.0
215	0	Espel Eindtotaal	controle		5	1300.0
258	0	Espel Eindtotaal	controle		6	820.0
301	0	Espel Eindtotaal	woelen		1	5684.0
344	0	Espel Eindtotaal	woelen		2	4527.5
387	0	Espel Eindtotaal	woelen		3	6890.0
430	0	Espel Eindtotaal	woelen		4	5965.5
473	0	Espel Eindtotaal	woelen		5	4553.0
516	0	Espel Eindtotaal	woelen		6	2325.0
559	0	Espel Eindtotaal	relief		1	4867.0
602	0	Espel Eindtotaal	relief		2	3352.0
645	0	Espel Eindtotaal	relief		3	4197.5
688	0	Espel Eindtotaal	relief		4	1131.0
731	0	Espel Eindtotaal	relief		5	2172.0
774	0	Espel Eindtotaal	relief		6	2782.0

```
> Testdata <- DataEspeltotaal
```

```
> #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 25499471 5099894  2.740 0.0822 .
Maatregel  2 18318916 9159458  4.921 0.0325 *
Residuals 10 18613994 1861399
---
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  1.3041 0.3005
      15
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  AOV$residuals
W = 0.93039, p-value = 0.1972

> #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 relief
relief 0.687  -
woelen 0.034  0.073

P value adjustment method: none

```

Bijlage 2: Bodembeoordeling Locatie Espel

Datum: 16-11-2023

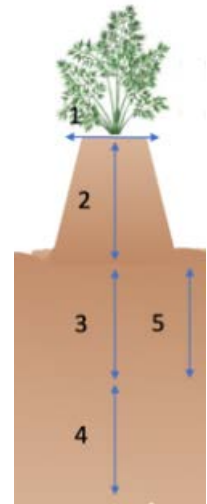
Auteurs: Celine Nieboer, Albert-Jan Olijve & Anna Zwijnenburg

Toelichting beoordelingsmethode:

Op 16 november is de bodem van het proefveld visueel beoordeeld op structuur, bodemleven en daarmee poriën, beworteling en infiltratiecapaciteit door bodemexpert Albert Jan Olijve. 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 beoordelingen 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. De maatregel reliëf is extra beoordeeld, omdat de resultaten van de eerste twee percelen erg met elkaar verschilde. Het extra geteste reliëf veld kwam overeen met het laatste reliëf veld. Hierdoor is gekozen om nog een extra toepassing te beoordelen in de derde rij, dit was het controle perceel. De ruggen tegenover de afvoerbuis zijn beoordeeld op een locatie van 30 meter het veld in. Op het perceel stond peen die dezelfde week nog geogst zou worden.

Locaties van profielkuilen in het veld:

- 1.1 = Woelen 1
- 1.2 = Controle 2
- 1.3 = Reliëf 3
- 2.1 = Woelen 4
- 2.2 = Controle 5

- 2.3 = Reliëf 6
- 3.1 = Reliëf 2
- 3.2 = Controle 3

Eerste beoordeling

1.1 Woelen

1. Buitenkant rug	7			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	8	8	7,5	7,5
3. Kluit onder de rug	5	6,5	5,5	6
4. Ondergrond	6	n.v.t.	5	4,5
5. Tussen de ruggen	7	7	7	7
Toelichting	<ol style="list-style-type: none"> 1) Poriën aan de buitenkant te zien. 2) Kruidmelige structuur. Grotere poriën te zien van regenwormen, maar ook fijne. Daarnaast ook een fijne beworteling met veel actieve wortels (witte kleur). 3) Scherpere structuur. Minder poriën aanwezig en ook minder beworteling te zien. Dat kan komen door de compactie. Daarnaast wat ook iets van blauwe plekken te zien. 4) Roestvorming, maar dit was hier te verwachten doordat deze laag minder water doorlatend is en dus water wat langer wordt vastgehouden. Dun laagje veen/humus aan de onderkant. De bovenkant een zandlaag met meer compactie. 5) Deze laag was veel natter dan de bovenste lagen. Wel kleine poriën te zien, dus bodemleven activiteit. 			



Links: Eerste 20 cm heeft een kruidmelige structuur, daaronder meer compactie.
 Rechts: Inspoeling van fijn zand met daarboven een compacte laag.

1.2 Controle

1. Buitenkant rug	7			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	7	6,5	7	7
3. Kluit onder de rug	6	5	4,5	5,5
4. Ondergrond	6,5	6	5	6,5
5. Tussen de ruggen	7	7	7	6
Toelichting	<p>1) Poriën waren voornamelijk aan de bovenkant van de rug te zien.</p> <p>2) Minder actieve wortels zichtbaar dan bij het woelen perceel. Ook is het in deze laag iets natter. Vanaf 14-15 cm is meer een afgeronde bodemstructuur te zien. Daarboven is het kruimelig.</p> <p>3) Grond voelt door vocht zwaarder aan. Duidelijk te zien dat de bewerkingdiepte tot 26 cm is gekomen. Hier is geen wortel te zien, weinig poriën en compactie.</p> <p>4) Organisch materiaal te zien. Dit zorgt voor beworteling. Deze laag is minder plaatvorming te zien, maar wel roest.</p> <p>5) In z'n geheel was deze laag nat. Dit kwam door een verdichte bovenlaag en weinig poriën. Tijdens droogte zal er dus sneller afspoeling plaats vinden.</p>			



Links: Organisch materiaal in de bodem waaruit een wortel is gegroeid.
 Recht: Boven: Minder plaatvorming in de ondergrond t.o.v. het woelen.
 Onder: Tussen de rug is de bovenste laag minder poreus en heeft iets gevloeid.

1.3 Reliëf

1. Buitenkant rug	6			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratie-capaciteit
2. In de rug	6,5*	7	6,5	6,5*
3. Kluit onder de rug	6	5	3,5	4,5
4. Ondergrond	7	n.v.t.	6	6,5
5. Tussen de ruggen	7,5	7	6,5	5,5
Toelichting	<p>1) Wormactiviteit was verspreid over de rug. Echter er waren geen grotere wormgangen te zien, waardoor dus ook minder water zal infiltreren en dus meer afspoelen.</p> <p>2) Losse structuur. Wortels te zien, maar zagen er minder vitaal uit (gelige structuur, dus geen actieve wortels anders hadden ze wit moeten zijn met vertakkingen). Na 20 cm was een scherpblokkige structuur te zien die ook een stuk natter was.</p> <p>3) Het water blijft boven in deze laag hangen. Het water heeft minder de neiging om naar beneden te trekken, waardoor het langer blijft staan. Hierdoor ontstaan er blauwe plekken. Deze waren te zien op de plekken waar nog de meeste activiteit, dus zuurstof, zat zoals poriën en wortelgangen.</p> <p>4) De laag bleek droger te zijn. Al het vocht blijft in de bovengrond.</p> <p>5) Zeer nat.</p>			



* Eerste 20 cm was een 7,5. De laatste 5 cm was een 4,5.

Links: Losse structuur, maar de wortels zijn niet vitaal. Te zien aan de wat gelige kleur.

Rechts: Blauwe delen op de plekken waar wortels zich begeven.

Tweede beoordeling

2.1 Woelen

1. Buitenkant rug	8			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	8,5	6,5	8,5	7
3. Kluit onder de rug	5	5	5	5,5
4. Ondergrond	4	n.v.t.	3	3,5
5. Tussen de ruggen	6,5	6	6,5	7
Toelichting	<p>1) Rul en fijne poriën</p> <p>2) Droger en lossere stukken, maar op 4-5 cm compactie te zien met blauwe plekken. Echter zit er wel bodemleven genoeg in dit deel. Het kan dus zijn dat het water blijft staan op het compacte stuk, waardoor het blauwe plekken heeft gekregen.</p> <p>3) Bovenste gedeelte van deze laag is poreus en nat. Onder deze laag is het compacter, minder poreus en droger. Ook hier waren de plekken met poriën en wortelgangen blauw verkleurd. Het water blijft staan en zoekt een weg om heen te gaan.</p> <p>4) Verdicht deel. Waarschijnlijk is het de ploegsol. Blauwe plekken, droog en wortels komen niet door. De bodem blijft in de 20-40 cm wel nat.</p> <p>5) Vochtig, maar niet glimmend.</p>			



Links: In de rug een deel met blauwe plekken, maar er is ook een worm te zien wat duidt op bodemleven activiteit.



Rechts: De wortels groeien horizontaal over het verdichte deel, waarbij weer een blauwe verkleuring te zien is.

2.2 Controle

1. Buitenkant rug	4			
		Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven
2. In de rug	8		6,5	8
3. Kluit onder de rug	6		5,5	5
4. Ondergrond	5		n.v.t.	4,5
5. Tussen de ruggen	5,5		5	5
Toelichting	<ol style="list-style-type: none"> 1) De rug staat een stuk steiler dan de rest, maar dat kan komen door de bewerking. Hierdoor zal wel het water sneller afstromen. Heeft iets van poriën, maar geen wormengaten. 2) De grond is relatief droog. Tot 20 cm diepte is de grondbewerking te zien. Wel grotere poriën te zien. 3) De grond kleurt een beetje blauw bij de wortel. Ook is verspoeling met slib te zien. Er zijn weinig poriën en de grond is compact, maar niet vochtig. 4) De grond is hier humusrijker. Dit is te zien aan de donkere kleur. Echter is de grond wel verdicht en bevat het weinig poriën. 5) Compacte brokken/kluiten. Weinig poriën te zien en nat. 			



Links: Aan de linkerkant is verspoeling van slib te zien.

Rechts: Andere kleur van de bodem, meer humusrijk.

2.3 Reliëf

1. Buitenkant rug	6			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	8	7	8	7,5
3. Kluit onder de rug	3,5	2	3,5	5
4. Ondergrond	3,5	2	4	4
5. Tussen de ruggen	5	5	4,5	5
Toelichting	<ol style="list-style-type: none"> 1) Rul aan de onderkant van de rug. Echter bovenin wel een aantal grotere wormgaten. 2) Losse delen met actieve wortels. 3) Na 25 cm verdichting te zien. Compactie met blauwe plekken en geen poriën of wortels. 4) Dit deel is ook verdicht. Merendeel van de grond is droog met wat blauwe plekken. Het valt hier ook op dat de wortels horizontaal zijn gegroeid. 5) Er is iets van verslemping te zien. Af en toe zijn er scherpen blokken. Ook is de bodem nat met weinig poriën. De verwachting is dat de bodem los is geweest, maar dat de grond is ingezakt en daardoor water vasthoudt. 			



Links: Losse delen onder de rug, tot ongeveer 30 cm.

Rechts: Compactie in de ondergrond na de 30 cm.

Derde beoordeling (alleen reliëf en controle voor extra beoordeling)

3.1 Reliëf

1. Buitenkant rug	8			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	7,5	7,5	7	7
3. Kluit onder de rug	5,5	7	3,5	7
4. Ondergrond	7	n.v.t.	7	7
5. Tussen de ruggen	7	7,5	6,5	7
Toelichting	<ol style="list-style-type: none">1) Rul met een aantal grotere wormgaten.2) Bovenin ziet de grond er prima uit, maar vanaf 20 cm komt een compacte kluit.3) Tot 25 cm wel poriën, daarna komt een laag van ongeveer 5 cm die compact is. Daaronder ziet de bodem er afgeremd uit: minder poriën en blauwe plekken.4) In deze laag is vooral veel gelaagdheid te zien met een beetje inspoeling van fijn materiaal.5) In het midden merk je dat de bodem natter is. Dit kan het effect zijn van bodem bewerking.			



Boven: de rug was rul met zowel kleine als grotere poriën, waardoor water minder snel zal afspoelen.

3.2 Controle

	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
<i>In de ruggen</i>	6	3	4	3
<i>Toelichting</i>	<p><i>Bij de controle is alleen gekeken naar de plek in de rug, omdat het vermoeden was dat dit deel van het perceel te maken heeft met verdichting waardoor het heel nat is.</i></p> <p>De grond was zeer nat, maar had wel een goede structuur. Echter er waren geen grotere poriën aanwezig, die juist ervoor zorgen dat het water kan wegzakken.</p>			



Links: Te zien is dat de grond in de rug zeer nat is, maar de structuur wel goed is.

Conclusies:

- Het effect van de woeltand (te zien in behandelingen woelen en reliëf) op verminderen van slemp was duidelijk waarneembaar. In tegenstelling tot de controlestrook was er geen tot amper inspoeling van fijn sediment te zien tussen de ruggen.
- Wortels en bodemleven zorgen voor aggregaatvorming en worden gestimuleerd door de aanwezigheid van organische stof. De onderzochte bodem heeft de eigenschap van een laag gehalte aan lutum en organische stof. Hierdoor verliest de grond snel samenhang.
- Het viel op dat de bodem voor zowel de controle- en reliëfbehandeling in het derde deel van het proefperceel erg nat waren. Beide behandelingen hadden ook weinig poriën en misten de grotere wormgaten. Fijne poriën zijn belangrijk voor de capillaire werking, waardoor water beter wordt vastgehouden. Grote poriën zorgen voor het infiltreren van water in de bodem. Het is onduidelijk waarom deze strook natter is, maar het valt op dat dit typisch is voor deel drie van het proefperceel. Een verklaring zou kunnen zijn dat daar het regenkanon heeft gestaan met net een overlap van 2 slagen.
- Bij de woeltand viel het op dat de bovengrond het natst is. De woeltand maakt een geul tussen de ruggen waar het water inspoelt. Hierdoor zal er ook minder snel water afspoelen naar de sloot. Echter de ondergrond bleek verdicht te zijn, waardoor het water uiteindelijk niet kan infiltreren naar diepere lagen. Dit was bij alle behandelingen hetzelfde. De grondbewerking was waarschijnlijk tot ongeveer 20 cm diepte. Bovenin is de grond fijn, maar daarna ontstaat compactie (ploegzool).
- Bij de controle is een mooie vochtverdeling te zien, maar voornamelijk verdichting onderin. Dit heeft waarschijnlijk weer met de grondbewerking te maken.
- Het effect van de woeltand was terug te vinden tussen de ruggen. Bij het object reliëf was het reliëf niet meer zichtbaar.

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.