

The Delphy logo features a stylized red plant with three leaves above the word "Delphy" in a red, sans-serif font.

Improvement Centre

The CLM logo consists of the lowercase letters "clm" in a bold, blue, sans-serif font.The Delphy logo, identical to the one at the top of the page, featuring a stylized red plant above the word "Delphy" in red.

# Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2022

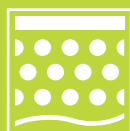
Effectiviteit en praktische toepasbaarheid van  
maatregelen op afspoeling in beeld

Rapport

Richard Folkersma, Julia van Middelaar, Yvonne Gooijer,  
Bo Stout (CLM Onderzoek en Advies), Niek Vedelaar,  
Thijs Brouwer en Johan Wander (Delphy)



Water



Bodem



Klimaat



Onderzoeken

CLM-1164



Dit is een rapportage van Delphy Improvement Centre,  
CLM Onderzoek en Advies en Delphy  
november, 2023  
CLM-publicatienr. 1164

Mogelijk gemaakt door een subsidie van Provincie  
Flevoland.

Auteurs: Richard Folkersma, Julia van Middelaar, Yvonne  
Gooijer, Bo Stout (CLM Onderzoek en Advies), Niek  
Vedelaar, Thijs Brouwer en Johan Wander (Delphy)

Foto omslag: door het aanbrengen van een reliëf  
(wafeltjespatroon) tussen de ruggen kan de afspoeling  
met 75% worden verminderd bij buien waarbij meer dan  
40 liter water afspoelt.

# **Praktijkproeven perceelafspoeling Flevoland 2022**

Effectiviteit en  
praktische  
toepasbaarheid van  
maatregelen op  
afspoeling in beeld.

# INHOUD

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>11</b>
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	12
1.3 Leeswijzer	12
<b>2. Proefopzet</b>	<b>13</b>
2.1 Proefopzet	13
2.2 Maatregelen	14
2.3 Gewaskeuze	19
2.4 Grondsoort	19
2.5 Afvoergreppels	21
2.6 Aantal meetmomenten maximaliseren	21
2.7 Een gemotiveerde ondernemer	21
2.8 Statistische analyse	21
2.8.1 Praktijkproeven voor statistische onderbouwing	22
2.8.2 Dynamiek van afspoeling in beeld	23
<b>3. Proeven op praktijkschaal voor een statistische onderbouwing</b>	<b>24</b>
3.1 Achtergrondinformatie en relevantie	24
3.2 Proefopzet	25
3.3 Monitoring	25
3.4 Resultaten	27
3.4.1 Regenbuien en berekening	28
3.4.2 Haver tussenzaai	29
3.4.3 Row-fix	31
3.4.4 Reliëf met wafeltjespatroon	32
3.4.5 Woelpoot	37
3.5 Conclusie en discussie	41
3.5.1 Conclusie	41
3.5.2 Discussie	42

<b>4.</b>	<b>Opbrengstproeven</b>	<b>44</b>
4.1	Achtergrondinformatie en relevantie	44
4.2	Proefopzet	44
4.3	Proef-, perceel- en teeltgegevens	45
4.4	Groeiseizoen	45
4.5	Resultaten pootaardappelen	47
4.6	Discussie en conclusie	50
4.7	Resultaten B-peen	51
4.8	Discussie en conclusie	54
<b>5.</b>	<b>Dynamiek van afspoeling in beeld</b>	<b>56</b>
5.1	Achtergrondinformatie en relevantie	56
5.2	Proefopzet	56
5.3	Monitoring	57
5.4	Resultaten	59
5.5	Discussie en conclusies	75
5.5.1	Discussie	75
5.5.2	Conclusies	76
<b>6.</b>	<b>Het effect van een Infiltratiegreppel</b>	<b>78</b>
6.1	Achtergrondinformatie en relevantie	78
6.2	Proefopzet	79
6.3	Monitoring	81
6.4	Resultaten	82
6.5	Discussie en conclusie	84
6.5.1	Discussie	84
6.5.2	Conclusie	84
<b>7.</b>	<b>Verloop van het onderzoek</b>	<b>86</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>89</b>
8.1	Conclusies	89
8.2	Aanbevelingen	91
<b>9.</b>	<b>Kennisdeling</b>	<b>94</b>
<b>10.</b>	<b>Referenties</b>	<b>97</b>
<b>Bijlagen</b>		<b>98</b>
Bijlage 1:	Analyse script en resultaten van de analyse	99
Bijlage 2:	bodembeoordeling Swifterbant	114
Bijlage 3:	Bodembeoordeling Espel	128
Bijlage 4:	Opbrengstonderzoek aardappel Swifterbant	139
Bijlage 5:	Opbrengstonderzoek peen Swifterbant	140

# SAMENVATTING

Met een subsidie van Provincie Flevoland hebben CLM Onderzoek en Advies en Delphy in 2021 en 2022 afspoelingsproeven uitgevoerd. De verwachting is dat dit onderzoek handvatten kan bieden 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 LNV. Ook kan dit praktijkonderzoek helpen om een invulling te geven aan het 7<sup>e</sup> Actieprogramma Nitraatrichtlijn.

Het doel van de praktijkproeven is vierledig:

1. Statistisch onderbouwen of een viertal maatregelen de afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten kan verminderen.
2. Onderzoeken of deze maatregelen effect hebben op de gewasopbrengst.
3. De dynamiek van de afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten in ruggenteelt op zware en lichte zavel in beeld brengen.
4. Inzicht krijgen in oppervlakkige afspoeling vanaf percelen waar infiltratiegreppels zijn aangelegd.

Deze vier proefonderdelen zijn allemaal uitgevoerd op zowel lichte zavel (Noordoostpolder) als zware zavel (Flevopolder), in de ruggenteelten aardappel en peen.

Maatregelen die onderzocht zijn, waren:

1. inzet woeltand
2. aanbrengen reliëf met wafeltjesrol
3. verruwing van de rug
4. haver tussenzaai

Bovenstaande maatregelen zijn aangelegd in zes herhalingen en vergeleken met een controle op het effect op afspoeling. Daarnaast is onderzocht of de maatregelen effect hadden op de gewasopbrengst.

Het onderdeel 'Dynamiek van afspoeling' is onderzocht in de controle-objecten. Daarnaast is het effect van een infiltratiegreppel in beeld gebracht. Deze maatregel is niet herhaald, maar op perceelschaal aangelegd (helpt perceel afvoergreppel en helpt perceel infiltratiegreppel).

Tabel 1: Overzicht van de proefonderdelen, de maatregelen (cijfers verwijzen naar de opsomming in de tekst boven de tabel) de grondsoort en op welke manieren er gemonitord wordt.

Proefonderdeel	Grondsoort*	Maatregelen	Waterkwantiteit	Waterkwaliteit	Bodemkwaliteit	Waarneming in het veld	Praktijkervaring	Opbrengst
<b>1. Effect van maatregelen (in zesvoud)</b>	Lichte en zware zavel	Espel: 1 en 2 + controle; Swifterbant: 1 – 4 + controle	Ja		Ja	Ja	Ja	
<b>2. Gewasopbrengst</b>	Zware zavel en lichte klei	Swifterbant (pootaardappelen) en Dronten (peen): 3 en 4						Ja
<b>3. Dynamiek van afspoeling</b>	Lichte zavel	Espel: controle	Ja	Ja		Ja	Ja	
<b>4. Infiltratiegreppels op praktijkschaal</b>	Lichte en zware zavel	Espel en Swifterbant: Infiltratie- greppel	Ja			Ja	Ja	

\* De lichte zavel in het noordwesten van de Noordoostpolder heeft een hoog siltgehalte in combinatie met een laag gehalte lutum en organische stof waardoor aan de oppervlakte een harde korst wordt gevormd (slemp). De infiltratiecapaciteit van de bodem wordt beperkt door de voor deze bodems kenmerkende lage structuurstabiliteit en verslemping. Hierdoor ontstaat meer afspoeling op dit type gronden. Dit is niet bij alle lichte zavelgronden het geval en is specifiek voor de gronden in een deel van de Noordoostpolder.

Belangrijkste conclusies voor de Flevolandse context zijn:

### Algemeen

- De hoeveelheid neerslag correspondeert in grote lijnen met de hoeveelheid afspoeling. Wanneer de afspoeling groter of kleiner is dan verwacht op basis van de neerslaghoeveelheid kan dat in veel gevallen verklaard worden door de intensiteit van de bui (het aantal millimeters per 15 minuten).
- Als er afspoeling plaats vindt op lichte zavel, dan gebeurt dat snel na de start van de bui of beregening (binnen een half uur).
- Het verschil in afspoeling op lichte zavel en zware zavel in Flevoland is groot. Bij een bui van 23,1 mm spoelde er van ons proefperceel (3\*150

meter) op lichte zavel 375 liter water af. Op zware zavel (proefperceel 3\*140m) was dat bij een bui van 23,1 mm nog geen liter. Gemiddeld spoelde er op lichte zavel 0 - 4,3% van de regenbui of beregening af, op zware zavel was dat 0 – 0,1%<sup>1</sup>.

- Daarnaast is er verschil in afspoeling binnen een perceel. Op lichte zavel kon dat verschil tussen de controle-objecten oplopen tot bijna 400 liter. Op zware zavel was het verschil tussen controle-objecten veel lager; maximaal 10 liter.

### **Effect van maatregelen**

- Op zware zavel (Swifterbant) is geen statistisch verschil aangetoond van de 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.
- Het aanbrengen van reliëf voorafgegaan door de woelpoot zorgde bij regenbuien waarbij meer dan 40 liter per object afspoelde (buien van resp. 19,6, 15,7 en 14,2 mm) voor significant minder afspoeling op lichte zavel (Espel). Gemiddeld spoelde er 75% minder water af bij de objecten met reliëf in vergelijking met de controle-objecten. Het reliëf is in de praktijk goed aan te brengen, het blijft in stand en ondernemers ondervinden er geen hinder van. Voor toepassing op grote schaal is een mechanisatieslag nodig.
- Bij inzet van alleen de woelpoot 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.
- Bij buien waarbij minder dan 40 liter water per object afspoelde (buien van resp. 4,1, 6,3, 15,5, 7,1, 12,9 en 5,0 mm) was geen significant effect van maatregelen te zien op zowel lichte als zware zavel. Dit komt waarschijnlijk doordat de variatie binnen het perceel (o.a. hoogteligging, slechtere plekken, enz.) bij minder afspoeling meer verschil maakt dan de maatregelen.
- Beregening heeft alleen plaatsgevonden op het proefperceel op lichte zavel (Espel). Bij de 2 beregeningen is geen statistisch verschil van de maatregelen waargenomen. Dit komt waarschijnlijk omdat de grote hoeveelheid water in korte tijd de maatregelen 'overspoelt'. Het lijkt er

---

<sup>1</sup> De lichte zavel in (een deel van) de Noordoostpolder heeft een hoog gehalte silt. Hierdoor is de infiltratiecapaciteit van de bodem beperkt, wat op deze gronden zorgt voor meer afspoeling. De resultaten van dit onderzoek zijn daardoor niet rechtstreeks te vertalen naar andere lichte zavelgronden.



daarom op dat bij extreme neerslag de effectiviteit van de maatregel afneemt.

- De maatregelen woeltand, wafeltjespatroon en verruiging van de rug hadden geen effect op de gewasstand, opbrengst en kwaliteit van het aardappel- en peengewas. De haver tussenzaai concurreerde om stikstof met het aardappelgewas, waardoor de totale aardappelopbrengst bij deze maatregel lager was. Met een extra stikstofgift van 30kg N/ha kan dit voorkomen worden.
- Bij het ontwerp van de greppel moet rekening worden gehouden met de grondsoort. Op zware zavel in Flevoland blijft een verdiepte, lege greppel in stand. Op lichte zavel in Flevoland blijft een verdiepte, lege greppel niet in stand.
- Infiltratiegreppels verminderen de hoeveelheid water die afspoelt naar de sloot. Op zware zavel in Flevoland zorgde de lege infiltratiegreppel voor 50 tot 82% minder afspoeling dan een verdiepte met bomenzand gevulde greppel. Op lichte zavel in Flevoland zorgde de verdiepte met bomenzand gevulde greppel voor 71 tot 98% minder afspoeling dan 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. Het blijft daarom van belang om daarnaast maatregelen te nemen om water vast te houden op het perceel.

### **Dynamiek van afspoeling**

- De concentraties meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen in het afspoelende water worden met name beïnvloed door het moment van toepassen van deze stoffen.
- Bij berekening hebben we een *first flush* vastgesteld. Zowel voor nitraat als voor de somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen bevatte het afspoelende water na de eerste 25 liter afspoeling significant lagere concentraties. Bij een regendag (meerdere kleinere buien verspreid over de dag) zagen we geen verschil. Bij de berekening die wij analyseerden nam de concentratie nitraat na 25 liter afspoeling ruim 30% af en de concentratie gewasbeschermingsmiddelen zelfs ruim 80%.
- De concentratie nitraat die afspoelde was laag. De concentraties gewasbeschermingsmiddelen die afspoelden kunnen in sommige gevallen leiden tot een normoverschrijding in de kavel-sloot.
- Het bodemvochtpercentage in de rug lijkt alleen toe te nemen tijdens berekeningen op lichte zavel en tijdens stevige buien op zware zavel. Als er minder water valt, is er geen effect te zien.

### **Op basis van deze conclusies geven we de volgende aanbevelingen:**

- Een significant verschil tussen maatregelen bleek in dit onderzoek alleen aantoonbaar als er meer dan 40 liter per object afspoelt (buien van resp. 19,6, 15,7 en 14,2 mm). Bij lagere hoeveelheden afspoeling is het verschil binnen het perceel waarschijnlijk hoger dan het verschil tussen maatregelen. Op zware zavel treedt -bij normale buien- te weinig afspoeling op om verschil tussen maatregelen aan te tonen. Daarom bevelen we aan om in 2023 het onderdeel 'Proeven op praktijkschaal voor statistische onderbouwing' alleen op lichte zavel uit te voeren.
- Het feit dat er op zware zavel nauwelijks afspoeling is gemeten is een belangrijk gegeven. We bevelen daarom aan in 2023 nogmaals op zware zavel te meten. Niet om maatregelen in 6-voud met elkaar te vergelijken, maar op het niveau van het hele perceel. Waarbij op de helft van het perceel via een afvoergreppel afspoeling wordt gemeten en op de helft van het perceel een maatregel wordt aangelegd. Op die manier kunnen we onderzoeken of op deze grondsoort de afspoeling beperkt is en welke maatregelen afspoeling tot een minimum reduceren. Ook als een perceel vlak of iets bol ligt.
- Met dit onderzoek hebben we de *first flush* in beeld gebracht. Deze is echter alleen gemeten in de controle-objecten. We weten dat specifieke maatregelen op het perceel zorgen voor minder afspoeling. Wat nog niet bekend is, is de concentratie gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten in het eerste water dat wel afspoelt. De concentratie kan lager zijn omdat gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten langer de tijd krijgen om te infiltreren en binden aan bodemdeeltjes. De concentratie kan ook hoger zijn omdat gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten langer de tijd krijgen om in het water op te lossen. We bevelen aan om in 2023 ook bij perceelsmaatregelen te meten aan concentraties stoffen in dit water. En ook daar te onderzoeken of er sprake is van een *first flush*.
- De inrichting van een infiltratiegreppel kan effect hebben op de hoeveelheid water die in deze greppel kan worden opgevangen. Een verhoogde afvoerpijp kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat water langer in de infiltratiegreppel blijft staan, zodat er meer water kan infiltreren. We bevelen aan om in 2023 verschillende typen infiltratiegreppels te onderzoeken. Door ook de concentraties gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten te onderzoeken, kan daarnaast bepaald worden of de vulling (compost, bomenzand of anders) zuiverend vermogen heeft.
- In 2021 en 2022 hebben we afspoeling gemeten op percelen met een ruggenteelt, zoals peen en aardappel. De afspoeling kan in andere gewassen verschillend zijn. Enerzijds door een andere teeltwijze (volvelds of op bedden), anderzijds door het middelen- en nutriëntengebruik in dat gewas. We bevelen aan om in 2023 ook te meten in andere gewassen, bijvoorbeeld in ui of tulpen. In eerste

instantie op een laagdrempelige manier, waarbij alleen de afspoeling wordt gemeten. Of de afspoeling van de helft van het perceel wordt vergeleken met een maatregel op de andere helft van het perceel.

- Het effect van maatregelen in een perceel kan invloed hebben op de gewasgroei. Dit is afhankelijk van de wijze van aanleg en de weersomstandigheden. In droge jaren zal de reactie anders zijn dan in natte jaren. Het open leggen van de rug d.m.v. de Row-Fix zal in een droog jaar drogere grond geven in de rug wat nadelig kan zijn. Ook een woelpoot kan in een droog jaar wellicht ongunstig zijn. De inzaai van haver geeft concurrentie om nutriënten, met name stikstof. Het is nog niet duidelijk met hoeveel extra bemesting dit gecompenseerd moet worden. In droge jaren zal er ook concurrentie om water plaatsvinden wat dan nadelig kan zijn voor het gewas. Het is dus nodig om effecten op het gewas van diverse maatregelen nogmaals te onderzoeken.
- Door dit onderzoek hebben we inzicht in de afspoeling van ruggenteelten op zware en lichte zavel 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.

De tijdens dit onderzoek opgedane kennis is breed verspreid. Onder andere door presentaties tijdens de pootvaardappeldag, peendag en Kennisdag Bodem en Water Flevoland. Door verschillende artikelen in vakbladen en op websites. En door de rapportage en factsheets van maatregelen die aantoonbaar afspoeling beperken breed te verspreiden binnen het netwerk en op kennissites als Groen Kennisnet, Crkls en Toolbox Water.



# 1. INLEIDING

**Met een subsidie van Provincie Flevoland hebben CLM Onderzoek en Advies en Delphy in 2022 afspoelingsproeven uitgevoerd. De effectiviteit van een aantal maatregelen op het verminderen van afspoeling is getest. Ook is er gekeken of deze maatregelen praktisch toepasbaar zijn. De verwachting is dat dit onderzoek handvatten kan bieden 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 LNV. Ook kan dit praktijkonderzoek helpen om een invulling te geven aan het 7<sup>e</sup> Actieprogramma Nitraatrichtlijn.**

## 1.1 Aanleiding

Per januari 2021 was er sprake van verplichte maatregelen om afspoeling van nutriënten tegen te gaan vanuit het 6<sup>e</sup> Actieprogramma Nitraatrichtlijn in ruggenteelten op klei- en lössgrond. Het ging hierbij om de aanleg van drempeltjes tussen de ruggen of de aanleg van niet-afwaterende greppels of een 3 meter brede teeltvrije zone. Naar aanleiding hiervan heeft waterschap Zuiderzeeland een bijeenkomst georganiseerd met ondernemers uit Flevoland om te bespreken hoe om te gaan met deze verplichting. Begin februari 2021 zijn de verplichte maatregelen ingetrokken. De minister riep de sector echter wel op om vrijwillig maatregelen te treffen met het oog op de invulling van het zevende Nitraatactieprogramma. Hier hebben Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland en LTO Noord in samenspraak met de ondernemers uitvoering 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.

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 terecht komt (Folkersma e.a., 2022). Om het effect van deze veelbelovende maatregelen statistisch te kunnen onderbouwen en de

dynamiek van afspoeling op lichte en zware zavel beter in beeld te krijgen hebben CLM Onderzoek en Advies en Delphy wederom praktijkproeven opgezet in 2022.

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 en het bereiken van de doelen<sup>2</sup> zoals gesteld in de LNV Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 en het 7<sup>e</sup> Actieprogramma Nitraatrichtlijn.

## 1.2 Doel

Het doel van de praktijkproeven is vierledig:

1. Statistisch onderbouwen of een viertal maatregelen de afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten kan verminderen.
2. Onderzoeken of deze maatregelen effect hebben op de gewasopbrengst.
3. De dynamiek van de afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten in ruggenteelt op zware en lichte zavel in beeld brengen.
4. Inzicht krijgen in oppervlakkige afspoeling vanaf percelen waar infiltratiegreppels zijn aangelegd.

## 1.3 Leeswijzer

De globale opzet van de proef en de maatregelen zijn in hoofdstuk twee toegelicht. Per onderzoeksonderdeel zijn de opzet, monitoring, resultaten en conclusies en discussie beschreven in de hoofdstukken drie t/m zes. Het onderzoeksonderdeel 'Proeven op praktijkschaal voor een statistische onderbouwing' is beschreven in hoofdstuk drie. In hoofdstuk vier is ingegaan op onderzoeksonderdeel 'Opbrengstproeven' en in hoofdstuk vijf op 'Dynamiek van afspoeling in beeld'. Onderzoeksonderdeel 'Het effect van een infiltratiegreppel' is toegelicht in hoofdstuk zes. In het volgende hoofdstuk (H7) is ingegaan op het verloop van de proef. De conclusies van de verschillende proefonderdelen zijn samengevat in hoofdstuk acht en aangevuld met aanbevelingen. In hoofdstuk negen is beschreven hoe de opgedane kennis is gedeeld en verspreid.

---

<sup>2</sup> Emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar het milieu daalt tot nagenoeg nul in 2030.

## 2. PROEFOPZET



**De praktijkproef bestaat uit vier onderdelen (zie H1.2). Elk onderdeel is op zowel een peen- als een aardappelperceel aangelegd. Alle proefonderdelen liggen op zowel een perceel met lichte zavel als op een perceel met zware zavel. Gedurende het teeltseizoen is er gemeten aan waterkwaliteit en -kwantiteit, bodemkwaliteit en gewasopbrengsten. Ook is de praktische toepasbaarheid van de maatregelen vastgelegd.**

### 2.1 Proefopzet

Maatregelen die onderzocht zijn, waren:

1. inzet woeltand
2. aanbrengen reliëf
3. verruwing van de rug
4. haver tussenzaai.

Deze maatregelen zijn aangelegd in zes herhalingen en vergeleken met een controle. Het onderdeel 'Dynamiek van afspoeling' is onderzocht in de controle-objecten. Daarnaast is het effect van een infiltratiegreppel in beeld gebracht. Deze maatregel is niet herhaald, maar op perceelschaal aangelegd (helpt perceel afvoergreppel en helpt perceel infiltratiegreppel).

Tabel 2.1: Overzicht van de proefonderdelen, de maatregelen (cijfers verwijzen naar de opsomming in de tekst boven de tabel) de grondsoort en op welke manieren er gemonitord wordt.

Proefonderdeel	Grondsoort~*	Maatregelen	Waterkwantiteit	Waterkwaliteit	Bodemkwaliteit	Waarneming in het veld	Praktijkervaring	Opbrengst
<b>1. Effect van maatregelen (in zesvoud)</b>	Lichte en zware zavel	Espel: 1 en 2 + controle; Swifterbant: 1 t/m 4 + controle	Ja		Ja	Ja	Ja	
<b>2. Gewasopbrengst</b>	Matig lichte zavel en zware zavel	Swifterbant (pootaardappelen) en Dronten (peen): 1 t/m 4						Ja
<b>3. Dynamiek van afspoeling</b>	Lichte zavel	Espel: controle	Ja	Ja		Ja	Ja	
<b>4. Infiltratiegreppels op praktijkschaal</b>	Lichte en zware zavel	Espel en Swifterbant: Infiltratiegreppel	Ja			Ja	Ja	

\* De lichte zavel in het noordwesten van de Noordoostpolder heeft een hoog siltgehalte en een laag gehalte lutum en organische stof. Ze ontmengen snel en geven daardoor een grote kans op slomp. Door deze vorm van structuurbederf kan de waterberging en infiltratie op deze percelen worden beperkt. Dit is niet bij alle lichte zavelgronden het geval en is specifiek voor de gronden in een deel van de Noordoostpolder.

## 2.2 Maatregelen

De maatregelen die geselecteerd zijn voor deze praktijkproef zijn maatregelen die in het eerste proefjaar (2021) een indicatie lieten zien voor vermindering van afspoeling én praktisch toepasbaar zijn. Hieronder zijn de maatregelen beschreven.

### Aanbrengen van reliëf - beschrijving

In het eerste proefjaar kwamen de erosiestoppers (drempeltjes) naar voren als maatregel met het meeste effect op de afspoeling. De toepassing in de praktijk liet echter te wensen over. Ondernemers hadden last van de drempels tijdens teeltgerelateerde werkzaamheden op het perceel. Bijvoorbeeld tijdens het selecteren van zieke aardappelplanten: hinderlijk stuiteren in de selectiekar. Of gedurende de peenogst: de hoogtebepaling

werd beïnvloed door de drempels, waardoor deze te ondiep werden gerooid wat ten koste ging van de productkwaliteit (afgebroken toppen) (Folkersma e.a., 2021). Vandaar dat er is gezocht naar een vergelijkbare maatregel qua effectiviteit, maar wel één die beter toepasbaar is in de praktijk en waar ondernemers geen hinder van ondervinden tijdens andere werkzaamheden op het perceel. We kwamen uit bij de zogenaamde ‘wafeltjesrol’.

De ‘wafeltjesrol’ kan ondiepe infiltratieputjes in de bodem tussen de ruggen aanbrengen (Foto 2.1). Deze rol is doorontwikkeld binnen het project “Perceelmissie in het stroomgebied van de Drentse Aa”<sup>3</sup> om te gebruiken in maispercelen op zand. De fabrikant van de wafeltjesrol heeft ons één van de rollen toegestuurd, die door een lokaal bedrijf is verwerkt in een uitvoering die we konden toepassen in de ruggenteelt. Dit werktuig maakt een wafelstructuur in de bodem die ervoor zorgt dat water blijft staan in deze putjes en daardoor beter vastgehouden wordt op het perceel.

### **Aanbrengen van reliëf - uitvoering**

Nadat het peenperceel was aangeaard werd de ‘wafelrol’ handmatig (in Oostelijk Flevoland getrokken door een trekker, in de Noordoostpolder lopend) tussen de ruggen door getrokken (zie het overzicht in Tabel 2.2). Echter waren deze putjes amper zichtbaar en verdwenen deze bijna helemaal nadat het perceel beregend was. Om te zorgen dat de wafelrol voor langere tijd de oppervlakkige bodemstructuur beïnvloedt is deze maatregel nogmaals uitgevoerd, waarbij eerst de grond tussen de ruggen is losgetrokken met behulp van een woeltand.

Tabel 2.2: Percelen waarop het wafeltjespatroon is aangebracht inclusief details.

<b>Perceel</b>	<b>Locatie</b>	<b>Hoe</b>	<b>Zichtbaarheid</b>
<b>Opbrengstproef pootgaardappelen</b>	Swifterbant	Lopend	Goed
<b>Proef voor statistische onderbouwing (consumptiegaardappelen)</b>	Swifterbant	Trekker	Matig
<b>Opbrengstproef peen</b>	Dronten	Lopend	Matig
<b>Proef voor statistische onderbouwing (peen)</b>	Espel	Lopend, 2x	Matig

<sup>3</sup> Zie hier meer informatie over dit project, inclusief filmpjes over de wafelrol: <https://agrarischwaterbeheer.nl/nieuws/filmpjes-over-aanpak-van-perceelmissie-de-drentsche-aa>





Foto 2.1: De 'wafeltjesrol' laat een structuur achter in de bodem waarin afspoelend water kan infiltreren.

### **Inzet woeltand - beschrijving**

Een woeltand is een stalen 'tand' die kan verschillen in vorm en in de diepte waarop deze wordt toegepast. De woeltand kan op meerdere manieren worden ingezet in verschillende teelten.

### **Inzet woeltand - uitvoering**

Met behulp van een woeltand wordt de grond tussen de ruggen tot  $\pm 10$  cm diepte losgetrokken (Foto 2.2). De woeltand kan in de praktijk in één werkgang worden toegepast met het aanaarden/aanfrezen van de ruggen. In dit project is de woeltand in peen in een aparte werkgang toegepast. In de proef pootaardappelen is de maatregel ingezet tijdens het aanaarden van de ruggen. In de proef peen is de woeltand ingezet nadat de laatste bewerking (in dit geval schoffelen-aanaarden) in het perceel is uitgevoerd en vlak voordat het gewas te dicht was om er nog zonder schade doorheen te rijden met de trekker en dit werktuig (Foto 2.2). In de aardappelteelt kan de woelpoot in praktijk in één werkgang met het opfrezen van de uiteindelijke aardappelruggen worden gedaan. Dit opfrezen gebeurt soms al bij het poten, maar uiterlijk voor opkomst. In de peenteelt is schoffelen-aanaarden toegepast om de uiteindelijke ruggen te maken gecombineerd met mechanische onkruidbestrijding. Deze bewerking is mogelijk terwijl het gewas al opgekomen is. Dit is het beste moment om de woelpoot toe te passen, omdat bij eerdere toepassing het effect deels tenietgedaan zou worden door de rijsporen van de trekker bij schoffelen-aanaarden.



Foto 2.2: Ruggen opentrekken met behulp van een woeltand ( $\pm 10$  cm diep) in het aardappelperceel in Swifterbant.

### **Verruwing van de 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.

### **Verruwing van de rug – uitvoering**

Het verruwen van de ruggen is in dit onderzoek gerealiseerd met behulp van een Struik Row-Fix. Deze machine maakt de grond los met freeshaken en aardt de ruggen aan (Foto 2.3). Deze maatregel toegepast op 16 juni 2022 bij de afspoelingsproef in Swifterbant, de opbrengstproef pootaardappel in Swifterbant en de opbrengstproef peen in Dronten. Door de ruggen te verruigen kan de infiltratiecapaciteit worden vergroot. Deze maatregel is alleen in Oostelijk Flevoland aangelegd omdat de peen-ruggen op het proefperceel in Espel niet glad worden afgewerkt zoals in aardappels gebruikelijk is. Daarnaast is schoffelen-aanaarden de gangbare praktijk op het betreffende perceel, waardoor het verschil met de STRUIK Row-Fix naar verwachting gering is.

Bij toepassing van de Row-Fix op de percelen in Oostelijk Flevoland stond het gewas al boven. Technisch is het mooier om de bewerking voor opkomst uit te voeren, of pas uit te voeren als het gewas groot genoeg is dat deze niet wordt bedolven onder het losgemaakte laagje. Daarnaast moet de rug wel voldoende vochtig zijn, zodat de grond blijft plakken. Verruwen onder te droge omstandigheden zorgt voor afkalven van de rug omdat cohesie door te droge grond dan ontbreekt.



Foto 2.3: De Row Fix werkt de ruggen ruw af (links). Het verschil in gladde en ruwe afwerking (rechts, bron: vlog Jilles Boer<sup>4</sup>).

### **Haver tusenzaai – 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 (zomer)haver zich snel ontwikkelt. Er staat snel een plantje wat afspoeling kan afremmen. Als de plant groter groeit beschermt het de bodem tegen directe regenval, zodat deze minder snel dichtslaat door dikke druppels. Anderzijds kan er 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. De gewasresten die lange tijd nog intact zijn na behandeling met een grassenmiddel (Centurion) geven nog steeds een beschermend effect en zorgen voor extra infiltratie.

### **Haver tusenzaai – uitvoering**

Deze maatregel wordt alleen op aardappelpercelen aangelegd, aangezien er daar sprake is van een win-win situatie. De haver is gezaaid op 5 mei, opkomst was na ongeveer 10 dagen. De haver is doodgespoten met Focus Plus op 22 juni, zodat de aardappelplanten zich goed kunnen ontwikkelen en deze maatregel geen negatieve effecten heeft op de oogst. De aardappelplanten zijn tegen die tijd voldoende gegroeid om zelf te zorgen voor het wegnemen van het visuele contrast.

---

<sup>4</sup> FARMVLOG #76 aardappelen frezen, aanaarden  
<https://www.youtube.com/watch?v=b6QHOD3iiCU&t=331s>



### 2.3 Gewaskeuze

Er is gekozen om de praktijkproeven in ruggenteelten aan te leggen. Ruggenteelten kennen een relatief groter risico op afspoeling omdat neerslag die op het perceel valt grotendeels geconcentreerd wordt tussen de ruggen. Dit beperkt de infiltratiecapaciteit en verhoogt zodoende de kans op afspoeling. De verschillende proefonderdelen zijn zowel in aardappel als peen aangelegd.

### 2.4 Grondsoort

Elk proefonderdeel is uitgevoerd op een perceel met lichte zavel in het noordwesten van de Noordoostpolder en een perceel met zware zavel in oostelijk Flevoland. Vooral percelen met lichte zavel in Flevoland hebben een zeer lage structuurstabiliteit. De lichte zavelgronden in Flevoland hebben relatief een hoog aandeel silt in combinatie met een laag lutum- en organische stof gehalte. Silt is zeer fijn materiaal en speelt een rol bij verslemping. Slemp is een vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de toplaag wordt dichtgesmeerd met kleinere gronddeeltjes zoals lutum en silt.

Lutum en organische stof spelen een belangrijke rol in de vorming van stabiele aggregaten. Deze aggregaten zorgen voor porositeit in de bodem, waardoor grotere infiltratie en waterbergend vermogen mogelijke is. De lichte zavelgronden in Flevoland hebben een hoog siltgehalte en laag lutum- en organisch stofgehalte. Ze ontmengen snel en geven daardoor een grote kans op slemp<sup>5</sup> en interne slemp<sup>6</sup>. Door deze vorm van structuurbederf kan de waterberging en infiltratie op deze percelen verder worden beperkt. Vandaar dat het interessant is om op deze percelen te zoeken naar manieren om de afspoeling te verminderen. Zware zavel is een veelvoorkomende grondsoort in Flevoland. Om te kunnen vergelijken zijn de proeven op twee grondsoorten aangelegd.

Tabel 2.3: Locatie, grondsoort, gehalte lutum en silt en het gehalte organische stof per proefonderdeel.

Proefonderdeel	Locatie	Grondsoort	Lutum	Silt	Org. stof
<b>Effect van maatregelen en dynamiek van afspoeling</b>	Espel	Mn12A: lichte zavel, kalkhoudend	8 – 17,5%	13 – 15%	1,8%
<b>Effect van maatregelen</b>	Swifterbant	Mn25A: zware zavel, kalkhoudend	17,5 – 25%	32% (Eurofins)	2,2%
<b>Gewasopbrengst poot aardappel</b>	Swifterbant	Mn25A: zware zavel, kalkhoudend	17,5 – 25%	34% (Eurofins)	1,8%
<b>Gewasopbrengst B-peen</b>	Dronten	Mn35A: lichte klei, kalkhoudend	25 – 35%	29% (Eurofins)	3,1%
<b>Infiltratiegreppels op perceelschaal</b>	Creil	Mn12A: lichte zavel, kalkhoudend	8 – 17,5%	18% (Eurofins)	1,5%
<b>Infiltratiegreppels op perceelschaal</b>	Swifterbant	Mn25A: zware zavel, kalkhoudend	17,5 – 25%	33% (Eurofins)	2,6%

<sup>5</sup> Vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de toplaag wordt dichtgesmeerd met kleinere gronddeeltjes die een harde laag vormen.

<sup>6</sup> Vorm van structuurbederf waarbij bodemdeeltjes ontmengen en de gehele bouwvoor verdicht (bouwvoor zakt na bodembewerking in elkaar).

## 2.5 Afvoergreppels

Om aan oppervlakkige afspoeling te kunnen meten moeten er afvoergreppels over de gehele breedte van het perceel aanwezig zijn. Het is in het gebied met lichte zavel in Flevoland gangbaar in de praktijk om deze greppels aan te leggen zodat kan worden voorkomen dat water op het land blijft staan en schade aan de gewassen veroorzaakt. Op zware zavel komt dit minder voor.

## 2.6 Aantal meetmomenten maximaliseren

Om het aantal meetmomenten te maximaliseren is er gekozen om zowel aan afspoeling na een regenbui als na een beregening te meten. Ook is er gekozen voor meetapparatuur die op afstand, continue door kan meten aan afspoeling. Onderzoekers hoeven daardoor niet op het exacte moment van (be)regen(ing) aanwezig te zijn, wat bijna onmogelijk bleek te zijn in de afspoelingsproeven uitgevoerd in 2021.

De gegevens die we online in konden zien over de daadwerkelijke neerslag en afspoeling op locatie gaven ons daarnaast een idee wanneer we het veld in konden gaan om de monsters te gaan verzamelen. Dit was enorm behulpzaam en heeft ervoor gezorgd dat we veel efficiënter te werk konden gaan op dit onderdeel.

## 2.7 Een gemotiveerde ondernemer

De praktische toepasbaarheid van een maatregel is enorm belangrijk voor de adoptie ervan op grote schaal. Factoren die, naast de efficiëntie van een maatregel, van invloed zijn op de adoptie ervan zijn onder andere; hoeveelheid tijd en materialen nodig om maatregel aan te leggen, neveneffect van een maatregel op oogst en bodemkwaliteit, mate van ervaren hinder door de maatregel tijdens het uitvoeren van andere teelt gerelateerde werkzaamheden op het perceel, et cetera. Vandaar dat ook dit soort variabelen worden gemonitord gedurende de proef.

## 2.8 Statistische analyse

De statistische toetsing is uitgevoerd met R 4.1.3. Het script en de uitkomsten zijn toegevoegd in bijlage 1. De gevolgde procedure is hieronder per projectonderdeel beschreven.

### 2.8.1 Praktijkproeven voor statistische onderbouwing

De opzet van het experiment bestaat uit diverse maatregelen. Deze maatregelen zijn categorische variabelen. De hypothese is dat het type maatregel invloed heeft op het volume afgespoeld water (een kwantitatieve, continue variabele). Elke maatregel is zes keer herhaald. Er zijn verschillende buien en beregeningen gemeten. Per bui is het totaal aantal liters afspoeling van het betreffende proefveld gemeten. De buien zijn voor de analyse gegroepeerd in drie groepen op basis van de gemiddelde hoeveelheid afspoeling van de controlevelden. De hoeveelheid afspoeling kan namelijk invloed hebben op de effectiviteit van een maatregel. Op locatie Espel is er een groep met gemiddeld  $< 40$  liter afspoeling, een groep met gemiddeld  $\geq 40$  liter afspoeling en een groep 'beregening'. Op locatie Swifterbant is er de groep 'buien met afspoeling' en 'buien zonder afspoeling'.

De data zijn geanalyseerd met een two-way ANOVA<sup>7</sup> ('analysis of variance') 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:

$$\log(\text{volume}) = \text{effect}(\text{herhaling}) + \text{effect}(\text{maatregel}) + \text{effect}(\text{bui})$$

Waarbij: volume het aantal liter afgespoeld water per proefveld en per bui is; herhaling een van de zes proefveldjes is; maatregel 'woelpoot', 'reliëf' of 'controle' is en bui een van de in totaal 11 buien of beregeningen in Espel of een van de 9 buien in Swifterbant is.

Het model zoals ingevoerd in R:

```
AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel + Bui, data = DataEspelB)
```

De aannames en voorwaarden van het ANOVA-model zijn getest. Er mag geen interactie zijn tussen maatregel en bui. Daarom is het model eerst gedraaid met de interactiefactor Maatregel \* Bui. Wanneer er geen interactie bleek te zijn is het model zonder interactiefactor gedraaid. De aanname dat er tussen de maatregelen sprake is van gelijke varianties is getoetst met een Levene's test<sup>8</sup>. De aanname dat de residuen normaal verdeeld zijn is gecontroleerd met een Shapiro's test<sup>9</sup>. Om aan de laatste aanname te kunnen voldoen is de data getransformeerd door het  $\log^{10}$  van het volume te nemen.

---

<sup>7</sup>Voor meer informatie over een two-way ANOVA: [https://en.wikipedia.org/wiki/Two-way\\_analysis\\_of\\_variance](https://en.wikipedia.org/wiki/Two-way_analysis_of_variance)

<sup>8</sup>Voor meer informatie voer een Levene's test: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Toets\\_van\\_Levene](https://nl.wikipedia.org/wiki/Toets_van_Levene)

<sup>9</sup>Voor meer informatie over een Shapiro's test: [https://en.wikipedia.org/wiki/Shapiro-Wilk\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Shapiro-Wilk_test)

Om de log-transformatie mogelijk te maken is wanneer de afspoeling 0 was dit veranderd in 0,25 liter, de helft van de minimale gemeten waarde (we hebben afspoeling gemeten per 0,5 liter).

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.

### 2.8.2 Dynamiek van afspoeling in beeld

Bij afspoeling is er een monster genomen van de eerste 25 liter afgespoeld water, de 25<sup>e</sup> tot de 50<sup>e</sup> liter en de 50<sup>e</sup> tot de 75<sup>e</sup> liter. Om te bepalen of er een verschil is tussen fles één, twee en drie is de volgende procedure gehanteerd: de data is per bui geanalyseerd met een one-way ANOVA<sup>10</sup>. De aannames van het ANOVA-model zijn getoetst met een Levene's test en een Shapiro's test. Wanneer aan één of meerdere voorwaarden niet werd voldaan is de Kruskal-Wallis test<sup>11</sup> gebruikt als non-parametrisch alternatief voor de ANOVA. Bij een significant effect voor fles is een Dunn's test<sup>12</sup> gebruikt om verschillen aan te wijzen.

Het model:

Concentratie nitraat = effect(fles)

Waarbij fles 1 het monster van de eerste 25 liter is, fles 2 het monster van de 25<sup>e</sup> tot 50<sup>e</sup> liter en fles 3 het monster van de 50<sup>e</sup> tot de 75<sup>e</sup> liter.

Het model zoals ingevoerd in R:

```
AOV <- aov(NO3 ~ fles, data = DataEspelD)
```

De Kruskal Wallis test zoals ingevoerd in R:

```
DataEspelD %>% kruskal_test(NO3 ~ fles)
```

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

---

<sup>10</sup> Voor meer informatie over een one-way ANOVA: [https://en.wikipedia.org/wiki/One-way\\_analysis\\_of\\_variance](https://en.wikipedia.org/wiki/One-way_analysis_of_variance)

<sup>11</sup> Voor meer informatie over de Kruskal-Wallis test: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Kruskal-Wallistoets>

<sup>12</sup> Voor meer informatie over Dunn's test: <https://stats.stackexchange.com/tags/dunn-test/info>



# 3. PROEVEN OP PRAKTIJKSCHAAL VOOR EEN STATISTISCHE ONDERBOUWING

In dit hoofdstuk zijn maatregelen, proefopzet, monitoring, resultaten, discussie en conclusie van onderzoeksonderdeel 'Proeven op praktijkschaal voor een statistische onderbouwing' beschreven. Er wordt antwoord gegeven op de vraag: "Wat is de effectiviteit en praktische toepasbaarheid van een viertal maatregelen gericht op het verminderen van afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten?"

## 3.1 Achtergrondinformatie en relevantie

Uit de afspoelingsproef in 2021 bleek dat het lastig is om in een praktijksituatie een significant verschil aan te tonen tussen de controle en de verschillende maatregelen. We hebben onze proefopzet verbeterd zodat we meer metingen hadden, met de verwachting dan wel significante verschillen aan te kunnen tonen. Aanpassingen die we hebben gedaan zijn:

- De hoeveelheid afspoelend water gemeten met debietmeters in plaats van emmers. Dit stelt ons in staat om elke 0,5 liter afspoelend water te registeren. Daarbij is het niet nodig om aanwezig te zijn op locatie. Door middel van elektronische regenmeters meten we de regendata.
- Het aantal herhalingen per maatregel verhoogd van 4 naar 6.

Maatregelen die in 2021 niet leken te werken zijn vervangen door andere maatregelen waar akkerbouwers of onderzoekers heil in zien. De maatregel erosiestoppers bleek in 2021 wel effectief, maar niet praktisch toepasbaar. Deze maatregel is aangepast naar de wafeltjesrol, die kleinere kuiltjes maakt waar ondernemers naar verwachting geen hinder van ondervinden.

De informatie uit dit onderzoeksdeel laat zien of en in welke situatie maatregelen significant de hoeveelheid afspoelend water verminderen. En in hoeverre deze maatregelen praktisch toepasbaar zijn. Maatregelen die aan beide criteria voldoen, kunnen op vergelijkbare grondsoorten in Flevoland en andere delen van Nederland worden ingezet.

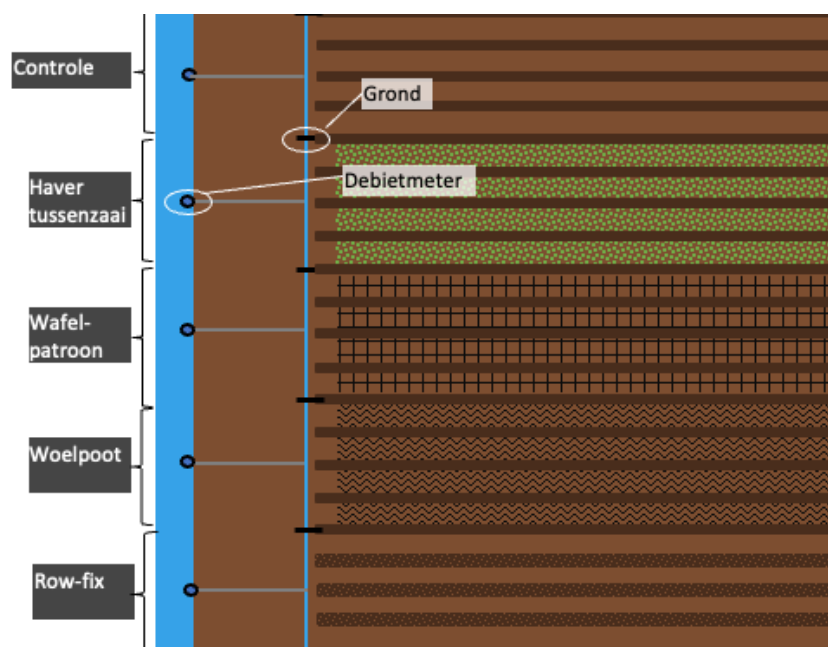
### 3.2 Proefopzet

Dit proefonderdeel is op twee locaties uitgevoerd; in Swifterbant op de zware zavel en in Espel op de lichte zavel:

1. Op een aardappelperceel in Swifterbant zijn drie maatregelen aangelegd; haver tussezaai, aanbrengen van reliëf en de inzet van de woeltand (Figuur 3.1).
2. Op een peenperceel in Espel zijn twee maatregelen aangelegd; aanbrengen van reliëf en de inzet van de woeltand.

Op beide locaties lagen ook controlestroken, hier zijn geen maatregelen genomen. Op het hele perceel is de gangbare landbouwpraktijk uitgevoerd van bewerkingen, bemestingen en bespuitingen.

De behandelingen zijn vier ruggen breed aangelegd waarbij spuitsporen vermeden zijn. 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 (met uitzondering van het aanbrengen van het reliëf, dit is tot 130 meter het veld in aangebracht i.v.m. praktische overwegingen) en elke behandeling zesmaal te herhalen.



Figuur 3.1: Schematische opzet van de afspoelingsproef. Deze opzet is zes keer herhaald.

### 3.3 Monitoring

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

### Waterkwantiteit

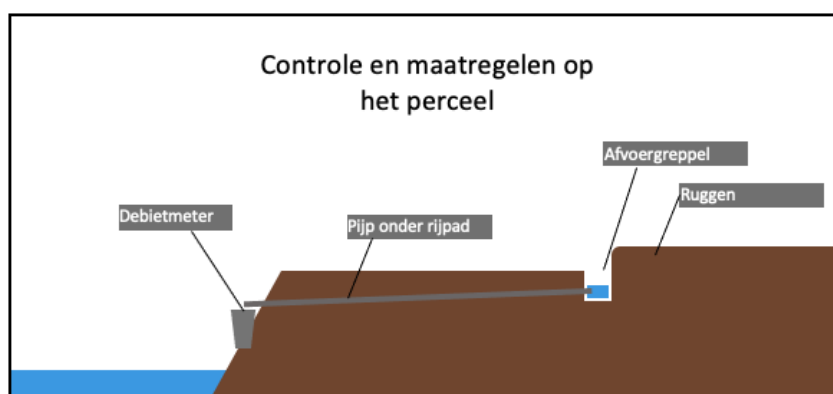
Om op afstand (grote) hoeveelheden afspoelend regen- en irrigatiewater te kunnen meten, is de volgende opzet bedacht. Aan de kopse kant van elke behandeling ligt een afvoergreppel. Per behandeling is deze greppel aangesloten op een pijp, deze ligt onder het rijpad. De pijp voert het water af naar de sloot. In de slootkant staat, aangesloten op de pijp, een debietmeter. Deze debietmeter kan, met behulp van een datalogger, de afspoeling tot 0,5 L nauwkeurig meten en registreren. Elk kwartier stuurt de datalogger de gemeten afspoeling door naar een dashboard, deze gegevens zijn dus continu, online beschikbaar.

Aangezien er onvoldoende debietmeters beschikbaar waren om de afspoeling op beide percelen te meten is ervoor gekozen om eerst de afspoeling van alle behandelingen in Swifterbant te meten. Hier is voor gekozen aangezien aardappels eerder worden gerooid dan peen en er in Espel dus langer door gemeten kan worden. De debietmeters geplaatst bij de behandelingen “verruwing van de rug” en “aanbrengen van reliëf” zijn op 9 augustus van Swifterbant verplaatst naar de behandelingen “inzet woeltand” en “aanbrengen van reliëf” in Espel.

In Swifterbant zijn we doorgeshaan met het meten aan afspoeling door gebruik te maken van emmers, deze werden in de slootkant onder de pijp geplaatst en handmatig afgelezen en geleegd na een regenbui. Dit was mogelijk aangezien er maar kleine hoeveelheden (<12L) van dit perceel afspoelden.

Op beide locaties werd gedurende het hele groeiseizoen gemeten aan afspoeling in de controle objecten.

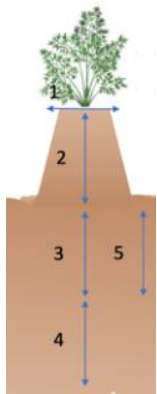
De hoeveelheid regenwater die viel is geregistreerd met elektronische regenmeters.



Figuur 3.2: Schematische weergave van de proefopzet (links). Met behulp van een debietmeter is continue gemeten aan oppervlakkige afspoeling (rechts).

## Bodemkwaliteit

Om te onderzoeken of de verschillende behandelingen effect hebben op de bodem werden er zowel voor als na de proef bodemonderzoeken uitgevoerd door bodemexpert Coen ter Berg. Per behandeling werden vijf beoordelingen uitgevoerd volgens de Bodemconditiescore Flevoland<sup>13</sup>; zowel in de rug, onder de rug, als tussen de ruggen (Figuur 3.2). 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 is beoordeeld op poriën, breuken en zichtbare sporen van afspoeling op de rug.
- De rug (2), kluit (3), ondergrond (4) en grond tussen de ruggen (5) zijn beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.

## Praktijkervaring

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

Daarnaast zijn de resultaten tijdens het seizoen en na afloop van de proef besproken met 'het kernteam', bestaande uit mensen werkzaam bij Provincie Flevoland, Waterschap Zuiderzeeland, 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 de praktijkproeven toe. De gebruikte statistische analyse is beschreven in paragraaf 2.8. We laten eerst zien op welke data het heeft geregend of er een beregening heeft plaatsgevonden, met het aantal mm water erbij. Vervolgens presenteren we de resultaten per maatregel. Van elke maatregel geven we achtereenvolgens de resultaten van de waterkwantiteit (afspoeling), de

<sup>13</sup> Opvraagbaar bij BoerenNatuur Flevoland (<https://flevolandsagrarischcollectief.nl/>)

bodemkwaliteitsbeoordeling en tot slot de praktijkervaring. De effecten op bodemkwaliteit beschrijven we hier beknopt. In bijlagen 2 en 3 is de volledige rapportage van dit onderdeel opgenomen.

### 3.4.1 Regenbuien en berekening

In onderstaande tabel zijn de verschillende geregistreerde regenbuien en berekeningen weergegeven op het proefperceel op lichte zavel (Espel). Met daarbij de start- en eindtijd, het hoeveelheid mm die is gevallen en de maximale intensiteit per kwartier.

Tabel 3.1: Alle gemeten buien en berekeningen op locatie Espel (lichte zavel) met start en eindtijd, de totale hoeveelheid neerslag en de maximale intensiteit.

Bui Espel	Start	Einde	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)
Berekening Espel 1	15-07-22 22:00	16-07-22 8:45	16,0	8,4
Eerste regenval	21-07-22 1:45	21-07-22 19:15	38,4	9,9
Tweede regenval	31-07-22 10:15	31-07-22 18:00	9,1	2,0
Berekening Espel 2	9-08-22 22:15	10-08-22 0:45	10,9	3,1
Derde regenval	17-08-22 7:00	17-08-22 19:30	15,5	2,8
Berekening Espel 3	25-08-22 20:45	26-08-22 14:45	23,1	5,6
Vierde regenval	8-09-22 5:00	8-09-22 23:00	19,6	3,6
Vijfde regenval	15-09-22 8:45	16-09-22 8:00	7,1	1,0
Zesde regenval	18-09-22 8:45	18-09-22 20:45	15,7	2,5
Zevende regenval	30-09-22 23:45	1-10-22 19:15	14,2	1,0
Achtste regenval	13-10-22 3:30	14-10-22 17:30	12,9	1,3
Negende regenval	20-10-22 13:30	20-10-22 18:30	5,0	1,0
Tiende regenval	23-10-22 22:00	24-10-22 1:15	4,1	3,2
Elfde regenval	6-11-22 15:00	6-11-22 23:00	6,3	0,5

In onderstaande tabel zijn de verschillende geregistreeerde regenbuien op het proefperceel op zware zavel (Swifterbant) weergegeven. Op dit proefperceel is niet berekend. Met in de tabel de start- en eindtijd van de regenbui, de hoeveelheid mm die is gevallen en de maximale intensiteit per kwartier.

Tabel 3.2: Alle gemeten buien op locatie Swifterbant (zware zavel) met start en eindtijd, de totale hoeveelheid neerslag en de maximale intensiteit.

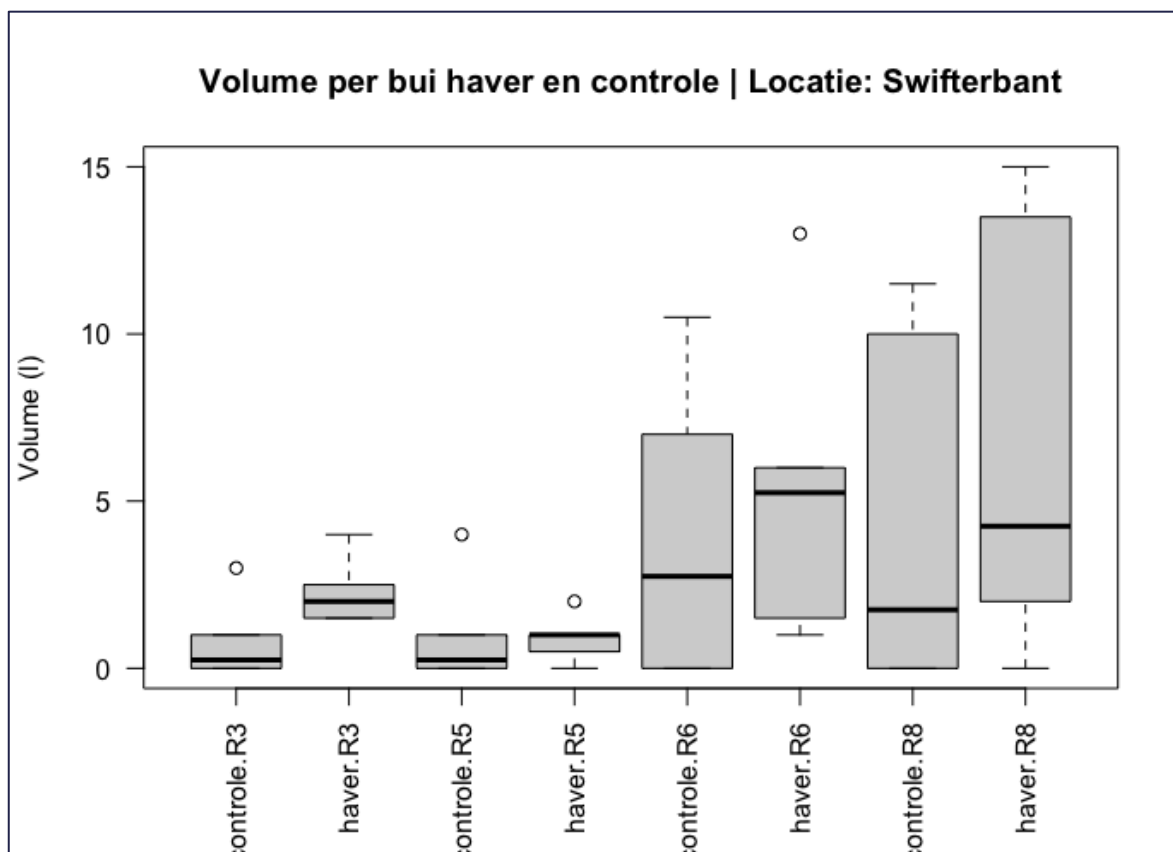
Bui Swifterbant	Start	Einde	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)
Tweede regenval	31-07-22 9:45	31-07-22 18:30	10,2	1,3
Derde regenval	17-08-22 4:30	17-08-22 18:00	23,1	3,8
Vierde regenval	6-09-22 23:45	7-09-22 5:15	10,2	1,8
Vijfde regenval	8-09-22 4:45	8-09-22 11:30	20,6	3,8
Zesde regenval	15-09-22 20:00	16-09-22 12:15	14,0	3,1
Zevende regenval	16-09-22 18:45	17-09-22 1:00	13,0	2,5
Achtste regenval	18-09-22 8:00	18-09-22 20:45	21,6	5,3
Negende regenval	24-09-22 5:45	24-09-22 9:45	7,9	3,3

### 3.4.2 Haver tussenzaai

Deze maatregel is alleen toegepast in aardappel op het proefperceel in Swifterbant (zware zavel).

#### Effect op afspoeling

In figuur 3.3 is de afspoeling bij haver tussenzaai vergeleken met de controle bij vier verschillende buien waarbij afspoeling is opgetreden. Bij de overige geregistreeerde buien was er geen afspoeling (zie hoofdstuk 4 voor meer detail). In alle gevallen ligt de mediaan hoger bij haver dan bij de controle. Het lijkt er dus op dat de maatregel voor meer afspoeling heeft gezorgd. Uit de analyse van de data van locatie Swifterbant blijkt echter dat de data niet voldoet aan de voorwaarde van gelijke variantie (voorwaarde voor de ANOVA, zie paragraaf 1.4). Er is daarom geen sprake van betrouwbare verschillen. De meetopstelling (de combinatie van de greppel, buis en meetapparatuur) lijkt niet verfijnd genoeg om verschillen in de geringe hoeveelheid afspoeling op het perceel in Swifterbant te kunnen meten.



Figuur 3.3: volume afgespoeld water voor de maatregel 'haver tussezaai' bij vier buien (R3, R5, R6 en R8) in Swifterbant.

### Effect op bodemkwaliteit

Uit de beoordeling van de bodemkwaliteit (bijlage 2) blijkt dat haver tussezaai de infiltratiecapaciteit tussen de ruggen lijkt te verbeteren. Pleksgewijs waren er wel uitzonderingen i.v.m. "slechtere delen" binnen het perceel. De iets verbeterde infiltratiecapaciteit kan worden toegeschreven aan de beworteling van de haver die de structuur en het bodemleven positief lijkt te beïnvloeden.

### Praktijkervaring

Inmiddels is twee jaar praktijkervaring opgedaan met haver tussezaai. De haver is gezaaid direct na het ruggen frezen in aardappelen. Bij bespuiting met bodemherbiciden moet rekening worden gehouden met de keuze van de herbicide zodat de haver niet vroegtijdig doodgespoten wordt. In de opbrengstproef werd de haver afgedekt met plastic. Dat is op praktijkschaal erg lastig. Daarnaast moet de haver na ongeveer zes weken dood worden gespoten met Focus Plus. Een extra bespuiting betekent extra milieubelasting en is daarom een nadeel. Of er een win-win situatie is doordat de haver virusoverdracht tegengaat is nog niet duidelijk, daarvoor is het nodig resultaten van ander onderzoek af te wachten.

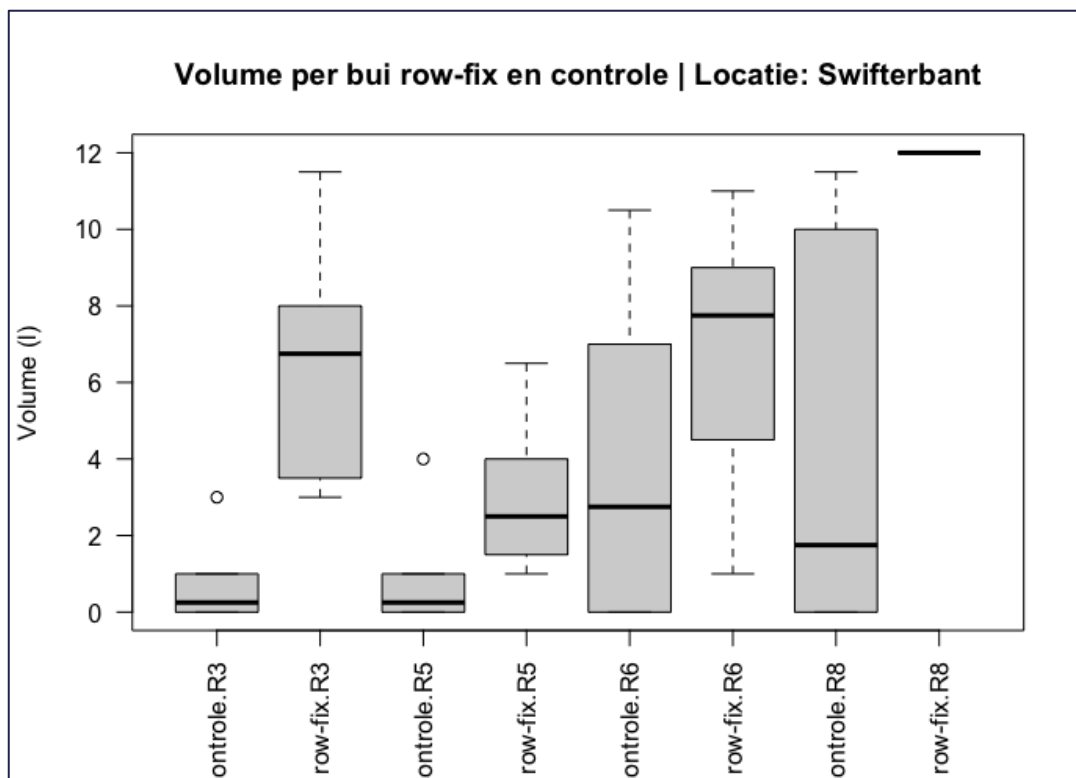
Mogelijk leidt het vinden van praktische oplossingen en een werkzaamheid tegen virusoverdracht ertoe dat de praktische bezwaren overkomelijk zijn. De noodzaak om extra N te moeten geven om opbrengstverlies tegen te gaan is eveneens een nadeel.

### 3.4.3 Row-fix

Deze maatregel is alleen toegepast op het proefperceel in Swifterbant.

#### Effect op afspoeling

In figuur 3.4 is de afspoeling bij toepassing van de Struik Row-Fix vergeleken met de controle bij vier verschillende buien waarbij afspoeling is opgetreden. Bij de overige geregistreerde buien was er geen afspoeling. Bij de achtste regenval (R8) is voor alle zes Row-Fix proefvelden 12 liter afspoeling geregistreerd. Deze meting heeft plaatsgevonden met emmers met 12 liter inhoud, de daadwerkelijke afspoeling kan daardoor hoger zijn. De debietmeters waren op dat moment bij de Row-Fix maatregel verplaatst naar de andere proeflocatie. In alle gevallen ligt de mediaan hoger bij Row-Fix dan bij de controle. Het lijkt dus dat er bij de Row-Fix proefvelden juist meer water is afgespoeld dan bij de controle. Mogelijk is dit een gevolg van de slechte plekken in het perceel (zie onder 'effect op bodemkwaliteit') of heeft de extra bewerking en bijbehorende verdichting onder de trekkerbanden een gering effect gehad. Er is echter geen sprake van betrouwbare verschillen, omdat de data niet aan de voorwaarden voor een ANOVA voldoet.



Figuur 3.4: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Row-Fix' bij vier buien (R3, R5, R6 en R8) in Swifterbant.



### **Effect op bodemkwaliteit**

Uit de beoordeling van de bodemkwaliteit (bijlage 2) komt naar voren dat de behandeling van de rug met de Row-Fix een gunstig effect heeft op de gehele rug, de ondergrond en grond tussen de ruggen.

Pleksgewijs waren er wel uitzonderingen i.v.m. “slechtere delen” binnen het perceel. De licht verbeterde infiltratiecapaciteit lijkt te komen door het laagje met losse grond boven in het profiel tussen de ruggen, een effect van de behandeling van de ruggen.

### **Praktijkervaring**

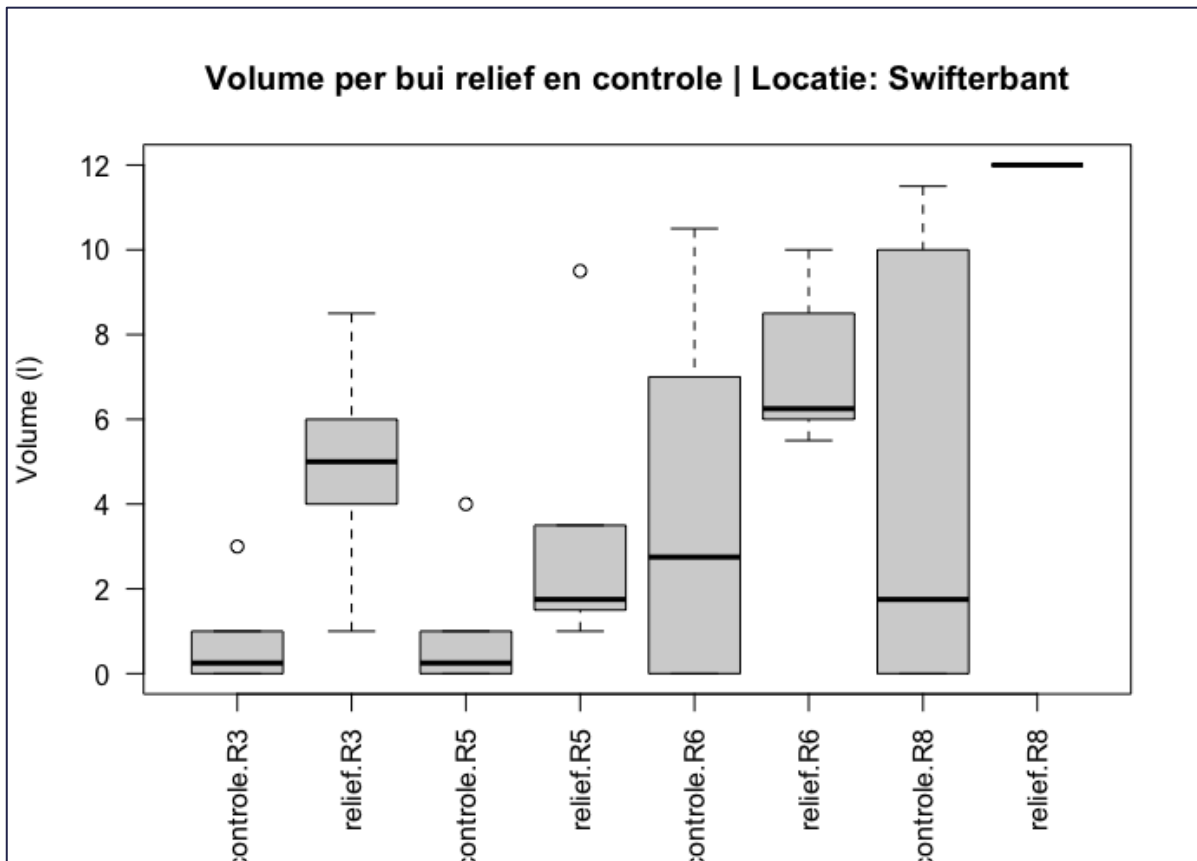
2022 is het eerste jaar waarin in de context van dit project praktijkervaring is opgedaan met de Struik Row-Fix. De afstelling van deze machine is cruciaal voor een goed resultaat en vergt enige voorbereiding. Een voordeel van deze bewerking is dat ook het onkruid tot aan de rij wordt weggehaald. Deze machine zorgt ervoor dat de grond tussen de ruggen wordt gefreesd en vervolgens wordt aangeaard. Het resultaat is een verruwing van de rug tot aan de rij. De Row-Fix is op 16 juni 2022 toegepast op de aardappel- en peenpercelen (zowel die van de opbrengstproeven als die van de afspoelingsproef). Tijdens toepassing van de behandeling met de Row-Fix lag er een verdicht laagje op de ruggen wat door de Row-Fix losgemaakt werd. Na toepassing was de rug meer toegedekt en grover dan onbehandeld object. Over het algemeen is de machine in de praktijk goed inzetbaar. Mogelijk zijn er nog effecten op de vochthuishouding van de rug (zowel op de infiltratie als de verdamping uit de rug).

#### **3.4.4 Reliëf met wafeltjespatroon**

Deze maatregel is toegepast op beide proefpercelen.

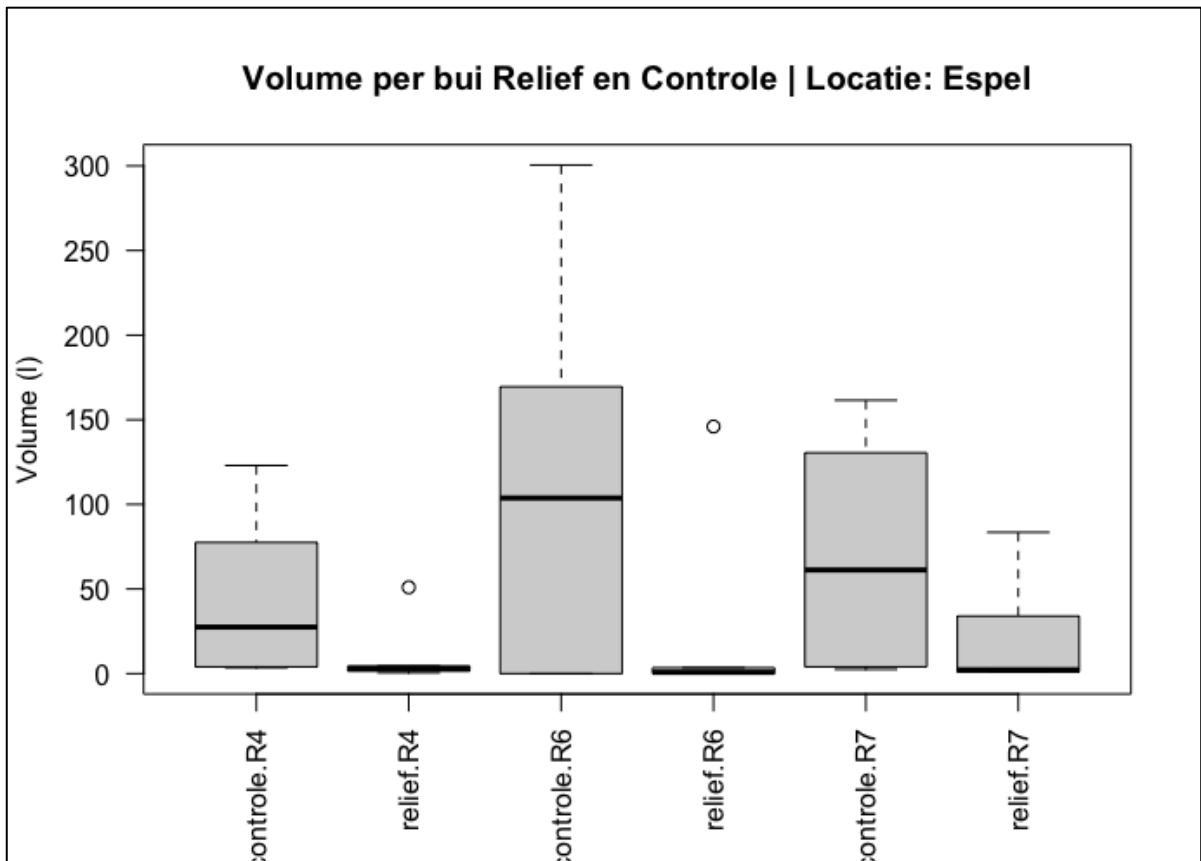
### **Effect op afspoeling**

In figuur 3.5 is de afspoeling bij toepassing van reliëf vergeleken met de controle. Bij de vier buien met afspoeling in Swifterbant ligt de mediaan telkens hoger dan bij de controle. Dit komt waarschijnlijk omdat de controlestroken bij toeval op delen van het perceel met weinig afspoeling lagen. Op die plekken liep het perceel waarschijnlijk niet af. Er kan geen effect van de maatregel worden vastgesteld, omdat de data niet voldoet aan de voorwaarden voor de gekozen statistische toetsing. De maximaal gemeten afspoeling in Swifterbant is minder dan 12 liter per object.



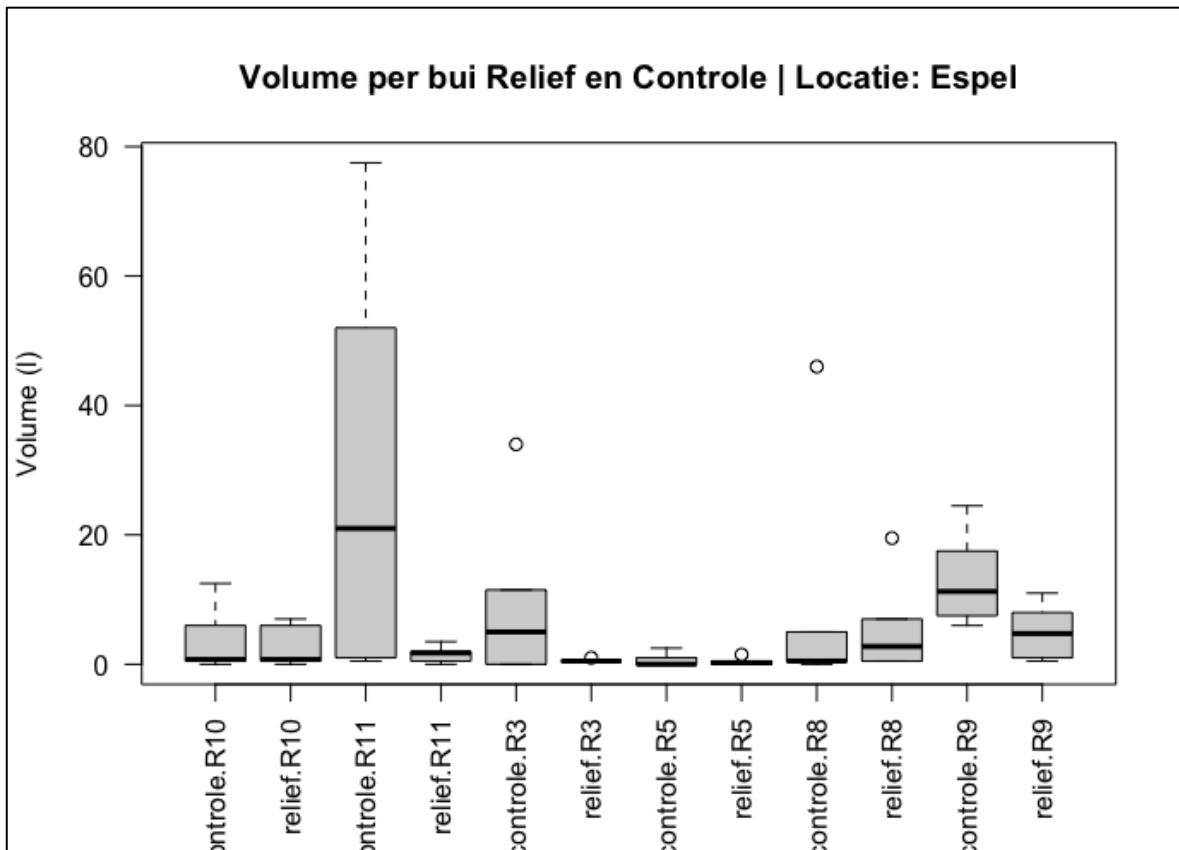
Figuur 3.5: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Reliëf' bij vier buien met afspoeling in Swifterbant (R3, R5, R6 en R8).

Bij de drie buien met meer dan 40 liter afspoeling in Espel (gemiddelde van de controle, figuur 3.6) heeft de maatregel reliëf in alle gevallen de afspoeling sterk beperkt. De mediaan ligt bij reliëf in alle gevallen lager dan bij controle. De bolletjes bij R4 en R6 zijn uitschieters. Statistische toetsing laat zien dat het effect van de maatregel betrouwbaar is: de vermindering van afspoeling t.o.v. de controle is een gevolg van de maatregel reliëf. De vermindering van afspoeling door het reliëf was respectievelijk 76%, 78% en 71%; gemiddeld 75% minder. Deze figuur laat ook duidelijk zien dat de hoeveelheid afspoeling in Espel in vergelijking met Swifterbant een stuk hoger is (> 10x).



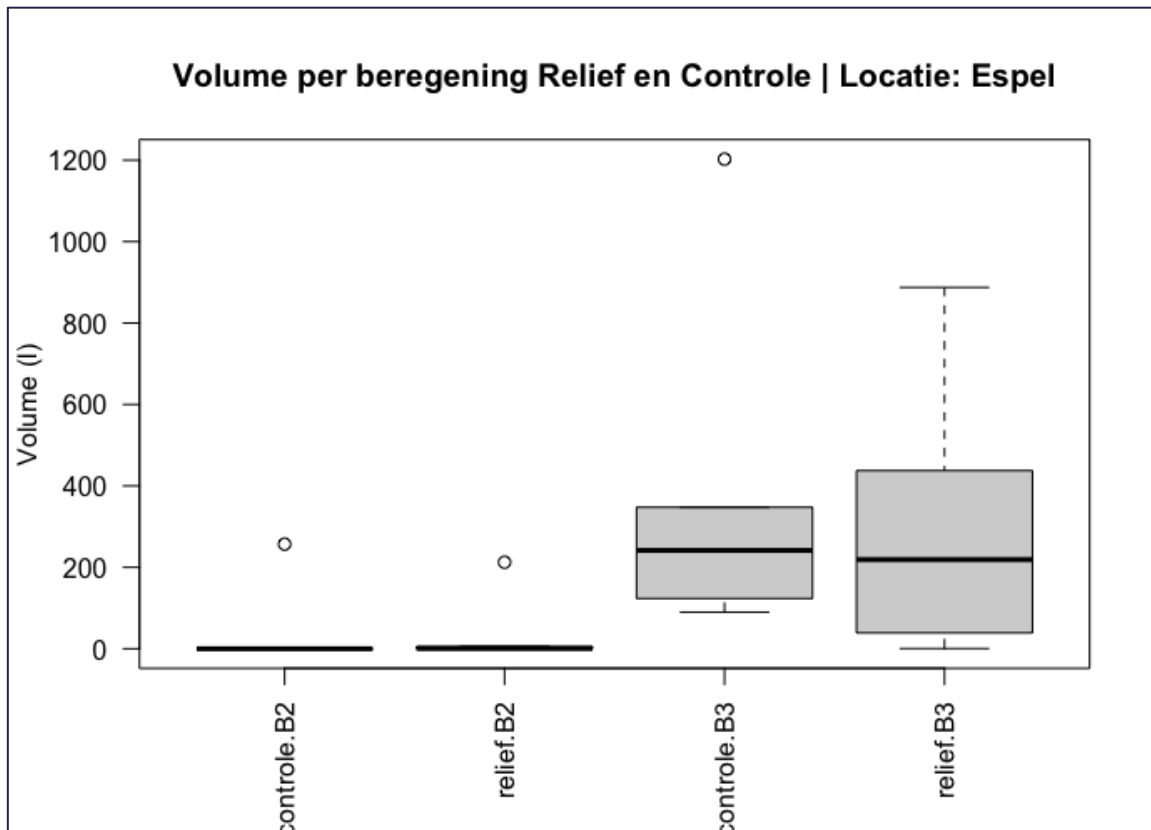
Figuur 3.6: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Reliëf' bij drie buien met gemiddeld meer dan 40 liter afspoeling bij de controle in Espel (R4, R6 en R7).

Bij de zes buien met minder dan 40 liter afspoeling (gemiddelde van de controle, figuur 3.7) is er bij de maatregel reliëf in veel gevallen ook minder water afgespoeld, echter kan hier niet met zekerheid een effect van de maatregel vastgesteld worden omdat de data niet aan de voorwaarden voor de gekozen statistische analyse voldoet. Opvallend is de relatief grote afspoeling bij de elfde regenval (R11; neerslag: 6,35 mm; datum: 6 november 2023). De neerslag was niet veel groter qua millimeters of intensiteit dan de andere buien. Mogelijk heeft de gewasstand invloed gehad of de bodemvochtigheid.



Figuur 3.7: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Reliëf' bij 6 buien met gemiddeld minder dan 40 liter afspoeling bij de controle in Espel.

Bij de twee beregelingen in Espel verschilt de afspoeling sterk (figuur 3.8). De achtergrond hiervan is beschreven in hoofdstuk 4 'Dynamiek van afspoeling in beeld'. Er is geen duidelijk verschil zichtbaar tussen de afspoeling bij de controle en het reliëf. Mogelijk 'overspoelt' de grote hoeveelheid water bij intensieve beregeling het reliëf. De grootste hoeveelheid afspoeling in de set met buien van >40 liter afspoeling was namelijk zo'n 300 liter, terwijl het maximum bij beregeling 3 op 1200 liter ligt.



Figuur 3.8: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Reliëf' bij 2 keer beregening in Espel.

### Effect op bodemkwaliteit

Uit de beoordeling van de bodemkwaliteit in Swifterbant (bijlage 2) blijkt dat de infiltratiecapaciteit tussen de rug ruim voldoende was. De bobbelige structuur veroorzaakt door de wafeltjesrol was nog duidelijk te zien ondanks dat deze er al enkele maanden geleden in was gerold.

Uit de beoordeling van de bodemkwaliteit in Espel (bijlage 3) blijkt dat de maatregel reliëf een duidelijk positief effect had op het voorkomen van slemp. Wel lijkt dit vooral te herleiden te zijn tot de woelpoot die i.c.m. met het wafeltjespatroon is toegepast. In tegenstelling tot de controle strook was er bij reliëf en de woelpoot geen tot amper horizontale gelaagdheid te zien tussen de ruggen bij de behandelde stroken. Dit resulteerde over het algemeen in hogere scores voor de behandelde stroken op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit. Voor een goede werking van de woelpoot is volgens de bodemexperts het bodemleven cruciaal. De bewerking met de woelpoot heeft de omstandigheden voor het bodemleven verbeterd. Op een perceel met weinig bodemleven verwachten bodemexperts juist een averechts effect van de woelpoot. Door de mechanische bewerking kan de slempgevoeligheid dan versterkt worden.

### Praktijkervaring

Uit de praktijkervaring met het reliëf (wafeltjespatroon) blijkt dat—anders dan de drempels waarvan het is afgeleid—men er in de praktijk geen last van heeft. Het reliëf zorgt in tegenstelling tot de erosiestoppers (drempeltjes) niet

voor hobbelen op de ziekzoekkar en heeft ook geen effect op oogsten met een wiel wat de oogstdiepte bepaald.

Het reliëf was in september nog effectief, terwijl de putjes met het oog nog nauwelijks zichtbaar waren (in Espel, in Swifterbant waren ze nog wel duidelijk zichtbaar). De maatregel houdt in de praktijk dus voldoende lang stand.

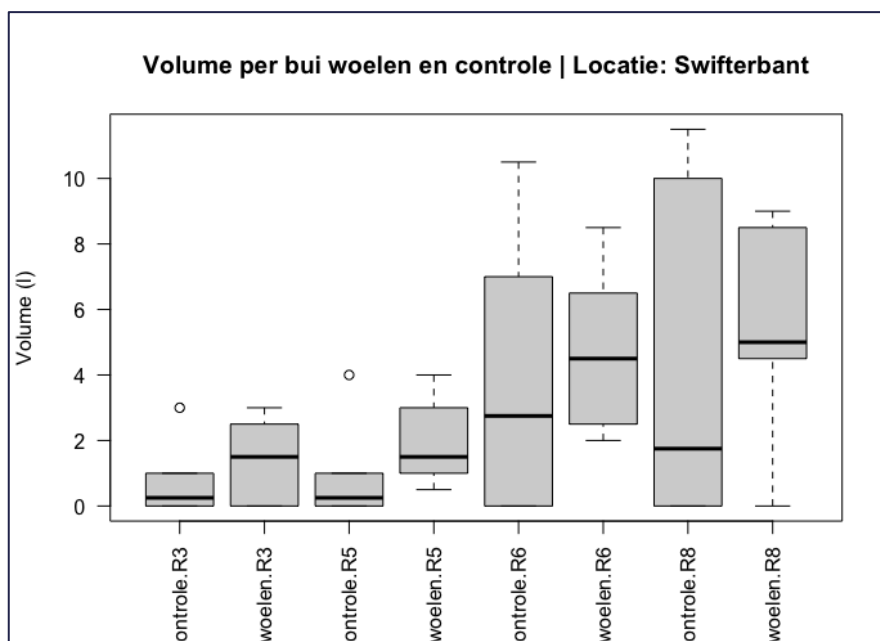
Het aanleggen van het reliëf is in de huidige vorm nog wel arbeidsintensief en zwaar. Investeren in mechanisatie is dus nodig. Wel zijn ondernemers positief over de mogelijkheden voor mechanisatie. De rol kan achter de aanfreemachine worden gemonteerd. Kosten voor aanleg van de maatregel worden door ondernemers vooral gezien in de aanschaf van de rollen en het monteren op de aanfreemachine.

### 3.4.5 Woelpoot

Deze maatregel is toegepast op beide proefpercelen.

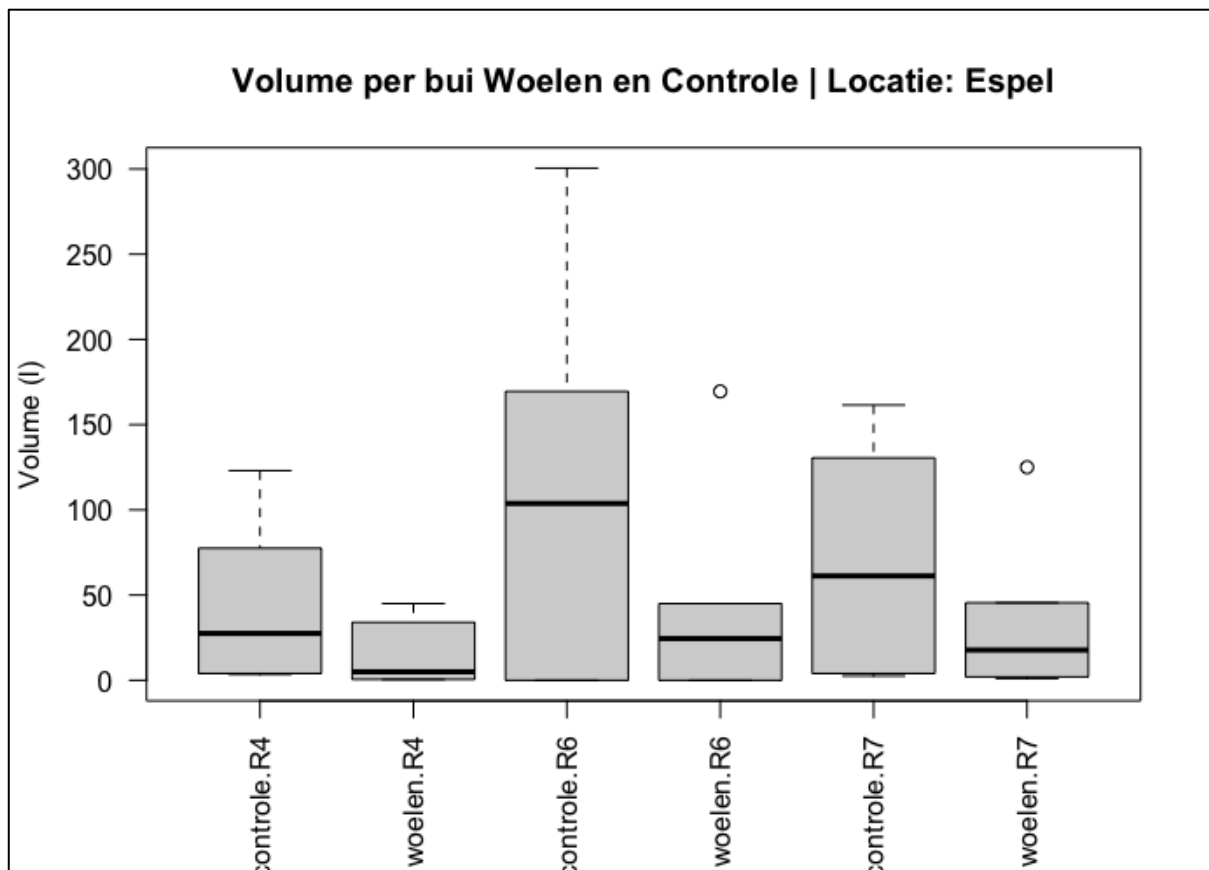
#### Effect op afspoeling

In figuur 3.9 is de afspoeling bij toepassing van de woelpoot vergeleken met de controle. Bij de vier buien met afspoeling in Swifterbant (figuur 3.9) ligt de mediaan telkens hoger dan bij de controle. Dit komt waarschijnlijk omdat de controlestroken bij toeval op delen van het perceel met weinig afspoeling lagen. Op die plekken liep het perceel waarschijnlijk niet af. Hier kon echter niet met zekerheid een effect van de maatregel worden vastgesteld, omdat de data niet voldoet aan de voorwaarden voor de gekozen statistische toetsing.



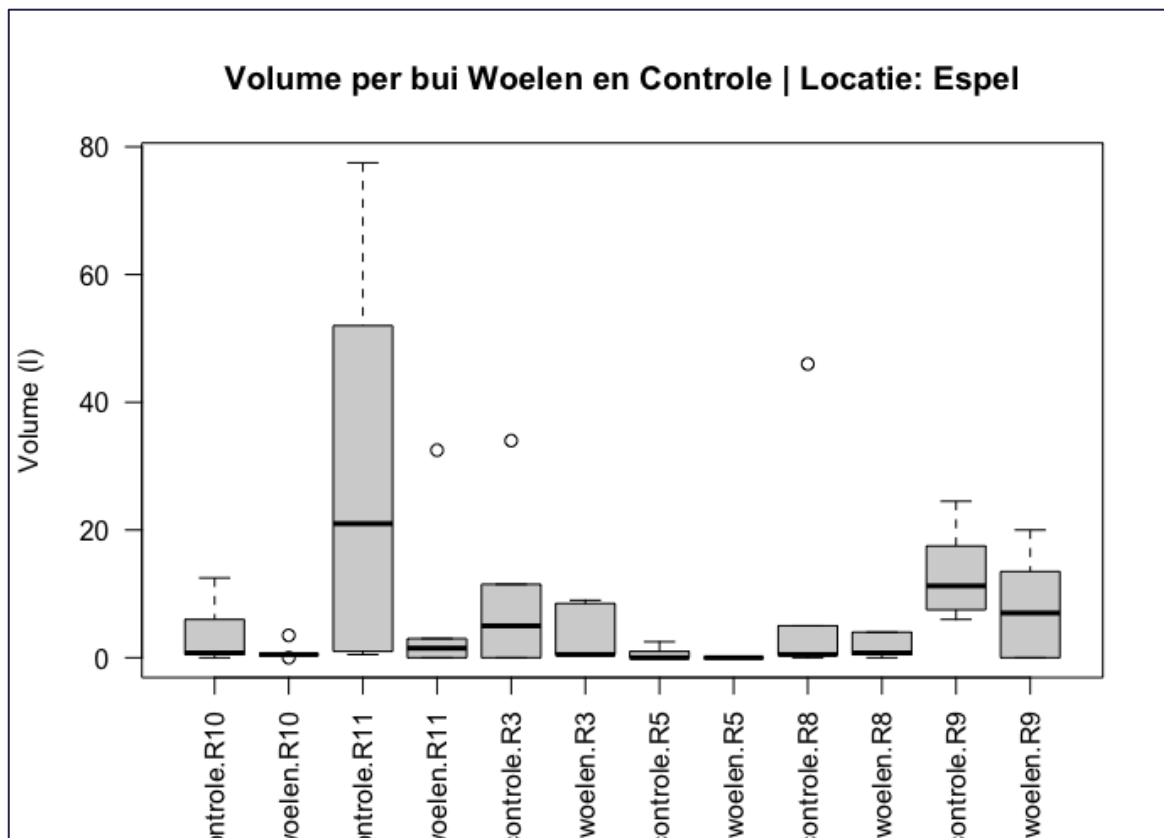
Figuur 3.9: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Woelpoot' bij vier buien met afspoeling in Swifterbant (R3, R5, R6 en R8).

Bij de drie buien met meer dan 40 liter afspoeling in Espel (gemiddelde van de controle, figuur 3.10) ligt de mediaan bij woelen in alle gevallen lager dan bij controle. De bolletjes bij R6 en R7 zijn uitschieters. De boxplots overlappen echter. Statistische toetsing laat dan ook zien dat het effect van de maatregel in dit geval niet met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld: het effect is niet significant. Er kan dus niet met zekerheid gesteld worden dat de vermindering van afspoeling veroorzaakt werd door de maatregel woelpoot.



Figuur 3.10: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Woelpoot' bij drie buien met gemiddeld meer dan 40 liter afspoeling bij de controle in Espel (R4, R6 en R7).

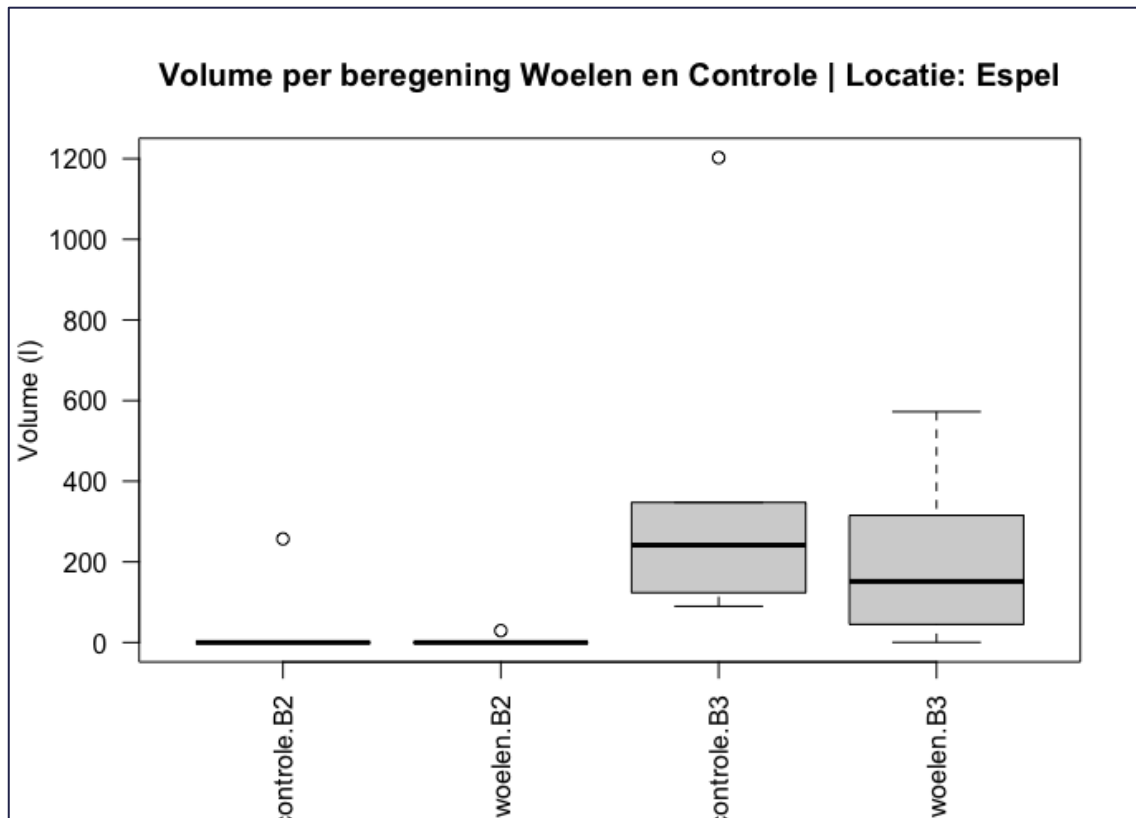
Bij de zes buien met minder dan 40 liter afspoeling (gemiddelde van de controle, figuur 3.11) lijkt er bij de maatregel woelen in veel gevallen ook minder water afgespoeld, echter kan hier niet met zekerheid een effect van de maatregel worden vastgesteld omdat de data niet aan de voorwaarden voor de gekozen statistische analyse voldoet. Zoals beschreven onder 'reliëf' kan de verklaring voor de relatief grote afspoeling bij de elfde regenval gezocht worden in de gewasstand of bodemvochtigheid.



Figuur 3.11: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Woelpoot' bij 6 buien met gemiddeld minder dan 40 liter afspoeling bij de controle in Espel.



Bij de twee beregeningen in Espel (figuur 3.12) verschilt de afspoeling sterk. De achtergrond hiervan is beschreven in hoofdstuk 4 'Dynamiek van afspoeling in beeld'. Er is geen duidelijk verschil zichtbaar tussen de afspoeling bij de controle en het woelen. Net als bij de maatregel reliëf 'overspoelt' de grote hoeveelheid water bij intensieve beregening waarschijnlijk een eventueel remmend effect van de woelpoot. De grootste hoeveelheid afspoeling in de set met buien van >40 liter afspoeling was namelijk zo'n 300 liter, terwijl het maximum bij beregening 3 op 1200 liter ligt.



Figuur 3.12: volume afgespoeld water voor de maatregel 'Woelpoot' bij twee keer beregening in Espel.

### Effect op bodemkwaliteit

Uit de beoordeling van de bodemkwaliteit in Swifterbant (bijlage 2) blijkt dat in tegenstelling tot de bevindingen vorig jaar de woeltand weinig effect heeft gehad op de infiltratiecapaciteit. Dit zou verklaard kunnen worden door het type woeltand dat is gebruikt in deze proef.

Uit de beoordeling van de bodemkwaliteit in Espel (bijlage 3) blijkt dat de woelpoot duidelijk een positief effect had op het voorkomen van slemp. In tegenstelling tot de controle strook was er bij reliëf en woelpoot geen tot amper horizontale gelaagdheid te zien tussen de ruggen bij de behandelde stroken. Dit resulteerde over het algemeen in hogere scores voor de behandelde stroken op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.

## Praktijkervaring

Met het toepassen van de woelpoot is nu twee jaar praktijkervaring opgedaan. De woelpoot heeft de grond tussen de ruggen tot 11 cm diep los gemaakt. In verhouding tot de Row-Fix is dit een eenvoudigere methode wat betreft afstelling. Het toepassen van een woelpoot is een relatief eenvoudige bewerking die gecombineerd kan worden met het aanfrezen. De kosten en inspanning blijven daarmee beperkt. Wat betreft de praktijk is het vooral belangrijk om meer duidelijkheid te krijgen over onder welke omstandigheden het effect van de woelpoot positief uitpakt. De woelpoot is daarom meer maatwerk dan het reliëf/wafeltjespatroon.

## 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 bespreken we de discussiepunten.

### 3.5.1 Conclusie

- Op zware zavel (Swifterbant) is er sprake van minder afspoeling dan op lichte zavel (Espel), respectievelijk maximaal 12 liter versus maximaal 300 liter per object.
- Op zware zavel (Swifterbant) is geen statistisch verschil aangetoond van de 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.
- Het aanbrengen van reliëf voorafgegaan door de woelpoot zorgde bij regenbuien waarbij meer dan 40 liter per object afspoelde (buien van resp. 19,6, 15,7 en 14,2 mm) voor significant minder afspoeling op lichte zavel (Espel). Gemiddeld spoelde er 75% minder water af bij de objecten met reliëf in vergelijking met de controle-objecten. Het reliëf is in de praktijk goed aan te brengen, het blijft in stand en ondernemers ondervinden er geen hinder van. Voor toepassing op grote schaal is een mechanisatieslag nodig.
- Bij inzet van alleen de woelpoot 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 slomp op dit proefperceel. Het effect van de woelpoot op dit type grond is in belangrijke mate afhankelijk van een actief bodemleven.
- Bij buien waarbij minder dan 40 liter water per object afspoelde (buien van resp. 4,1, 6,3, 15,5, 7,1, 12,9 en 5,0 mm) was geen significant effect van

maatregelen te zien op zowel lichte als zware zavel. Dit komt waarschijnlijk doordat de variatie binnen het perceel (o.a. hoogteligging, slechtere plekken, enz.) bij minder afspoeling meer verschil maakt dan de maatregelen.

- Berekening heeft alleen plaatsgevonden op het proefperceel op lichte zavel (Espel). Bij de 2 berekeningen is geen statistisch verschil van de maatregelen waargenomen. Dit komt waarschijnlijk omdat de grote hoeveelheid water in korte tijd de maatregelen 'overspoelt'. Het lijkt er daarom op dat bij extreme neerslag de effectiviteit van de maatregel afneemt.

### 3.5.2 Discussie

#### **Meetbereik**

De afspoeling in Swifterbant (zware zavel) is zeer gering. De neerslag die direct in de greppel valt maakt in veel gevallen een belangrijk deel uit van de totale gemeten afspoeling. Bij 10 mm neerslag valt op een greppel van 300 x 50 cm zo'n 15 liter water. Datzelfde geldt voor het proefveld in Espel (lichte zavel), maar bij veel afspoeling is het aandeel van neerslag in de greppel veel kleiner. Bij de buien met minder dan 40 liter afspoeling in Espel komt waarschijnlijk een belangrijk deel van de afspoeling van de neerslag die direct in de greppel valt. Dit gecombineerd met de natuurlijke variatie in het perceel zorgt ervoor dat kleine verschillen in afspoeling niet betrouwbaar kunnen worden gemeten met de gekozen meetopstelling. Dit blijkt ook uit de statistische analyse, waarbij de gemeten afspoeling bij buien met minder dan 40 liter afspoeling ofwel niet aan de voorwaarden voor analyse voldoet of geen significante verschillen laat zien. Pas bij grotere hoeveelheden afspoeling kunnen verschillen op een betrouwbare manier gemeten worden.

#### **Aanbrengen reliëf**

Zoals uitgelegd in 3.1 is de maatregel "aanbrengen van reliëf" met behulp van de 'wafelrol' uitgevoerd nadat de grond oppervlakkig is losgetrokken door een woeltand. Dit betekent dat er twee maatregelen zijn toegepast in deze behandeling.

Tijdens het groeiseizoen werd waargenomen dat de putjes beter bleven zitten tussen de ruggen van het aardappelperceel dan die van het peenperceel. Dit komt hoogstwaarschijnlijk doordat het aardappelgewas sneller dichtgroeit en daardoor de putjes beschermd worden tegen de inslag van regen. Mogelijk zal deze maatregel dus nog effectiever zijn in snelsluitende gewassen dan in gewassen die trager of niet sluiten. Daarnaast kunnen ook de bodemeigenschappen effect hebben op het wel of niet in stand blijven van het reliëf.

Om toepassing van de wafelrol in de praktijk eenvoudig te kunnen uitvoeren, is een mechanisatieslag nodig. Ondernemers zien hiervoor verschillende mogelijkheden, waarbij de wafelrol wordt gecombineerd met andere werkgangen (bijvoorbeeld frezen). Qua mechanisatie worden geen problemen verwacht.

### **Woelen**

Tijdens de bodembeoordeling werd duidelijk dat er grote verschillen zaten in het effect van de woeltand op de bodemstructuur. Op zware zavel werd weinig effect op de infiltratiecapaciteit waargenomen. Op lichte zavel had de woelpoot een duidelijk positief effect op het voorkomen van slomp (met een hogere infiltratiecapaciteit tot gevolg). Dit kan verklaard worden doordat de bodemsamenstelling van de percelen verschillend is; zware versus lichte zavel. Op lichte zavel is het effect van de woelpoot in belangrijke mate afhankelijk van het bodemleven. Op een perceel met weinig activiteit en voeding van bodemleven kan inzet van de woelpoot juist voor verslemping zorgen.

### **Haver tussezaai**

Haver tussezaai zal in de praktijk alleen in aardappel worden toegepast, vanwege het effect op verwarring van luizen. Alleen als maatregel om afspoeling te verminderen zal het in de praktijk niet worden toegepast. Er kleven twee nadelen aan deze methode: a) extra bespuiting met grassenmiddel nodig, b) correctie op stikstof bij met name de aardappels omdat er concurrentie met de haver is om stikstof. Correctie met ongeveer 20-30 kg N is gewenst (100 kg KAS).

### **Verruwen van de rug**

Vooraf op wat lichtere grond kan er door regen korstvorming op de ruggen optreden. Het regenwater zal dan minder in de rug dringen en meer naar tussen de ruggen geconcentreerd worden. Door de behandeling met de Row-Fix wordt de grond weer open gelegd. Een belangrijk nevenvoordeel van deze toepassing is de bestrijding van eventueel aanwezig onkruid. De behandeling werd over tijd minder zichtbaar.

## 4. OPBRENGSTPROEVEN

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

### 4.1 Achtergrondinformatie en relevantie

Voor de praktijk is het van belang dat maatregelen die effectief zijn tegen afspoelingsemissie ook goed toepasbaar zijn. Het is daarbij van belang dat de maatregel kostenefficiënt is. De maatregel mag dus niet ten koste gaan van de opbrengst. En/of heeft een positief neveneffect zoals onkruidbestrijding voorkomen door de Row-Fix of voorkomen virusoverdracht door bladluizen in poot aardappelen door de tussenzaai van haver.

### 4.2 Proefopzet

Dit onderzoeksonderdeel is uitgevoerd op twee locaties:

- Op een perceel matig lichte zavel (13% kleideeltjes) aan de Beverweg te Swifterbant met poot aardappelen.
- Op een perceel lichte klei (40% afslibbaar) aan de Wisentweg te Dronten met B-peen.

Tabel 4.1: Per locatie werden de onderstaande objecten aangelegd

		Poot aardappel	B-peen
<b>Standaard</b>	Als praktijk	A	A
<b>Verlaagd N</b>	41 kg/ha N i.p.v. 81 kg/ha	B	
<b>Woelpoot</b>	Bij ruggen frezen	J	C
<b>Haver</b>	60 kg/ha na ruggen frezen	K	
<b>Wafeltjespatroon</b>	Na ruggen frezen	L	D
<b>Verruwen rug</b>	Voor sluiten gewas	M	B

De verlaagde stikstofgift op object B werd in de proef opgenomen ter vergelijking met andere objecten maar is ter vergelijking met het object K haver ook interessant om in dit onderdeel mee te nemen.

### 4.3 Proef-, perceel- en teeltgegevens

In de bijlagen 4 en 5 zijn de proefschema's opgenomen. In de pootaardappelen waren de objecten een onderdeel van een grotere proef.

Tabel 4.2: Overzicht uitvoering proef-, perceels- en teeltgegevens pootaardappelen

Activiteit	Datum
Poten Spunta (E 35/55) op 14 cm	3-5-22
Ruggen frezen, op object J met woelpoten	4-5-22
Haver zaaien	5-5-22
Wafeltjespatroon aanbrengen op object L	11-6-22
Toepassing Row-Fix op object M	16-6-22
Op object K haver doodspuiten met Focus Plus	22-6-22
Loof doodspuiten	2-8-22
Loof klappen	9-8-22
Oogst	8-9-22

Tabel 4.3: Overzicht uitvoering proef-, perceels- en teeltgegevens B-peen

Activiteit	Datum
Zaaien Nerac 1,8 miljoen zaden/ha	23-5-22
Beregening 20 mm	Voor opkomst
Toepassing Row-Fix op object B	16-6-22
Toepassing woelpoot op object C en D	26-6-22
Wafeltjespatroon aanbrengen op object D	7-7-22
Beregening 15 mm	27-7-22
Oogst	11-10-22
Sorteren	14-10-22

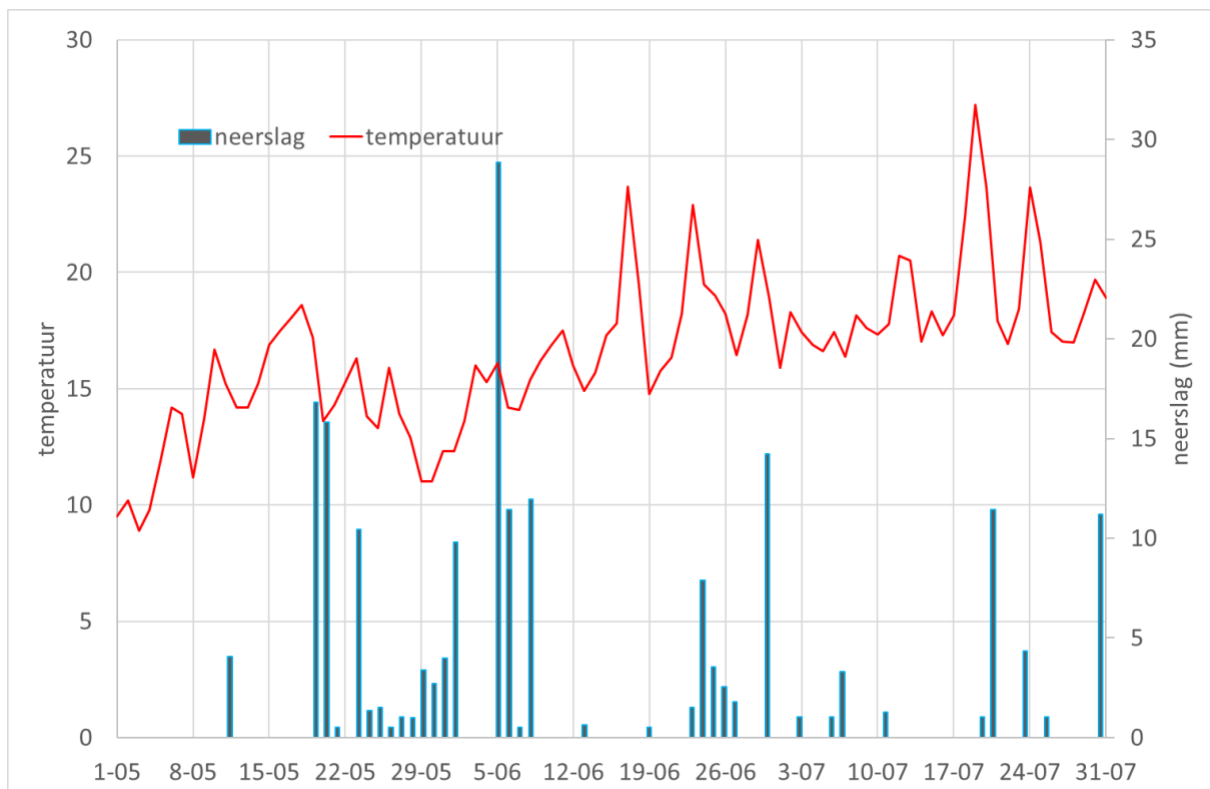
### 4.4 Groeiseizoen

Op 2 mei werd de aardappelproef aangelegd. Vanwege de regen in mei lag er op 23 mei al een korst op de ruggen. De aardappelen begonnen net door te komen.



Foto 4.1: Ontwikkeling poot aardappel op 30-05-22

Op 1 juni stonden de planten goed boven. Verschillen tussen de objecten waren er niet. De temperatuur en neerslag tijdens het groeiseizoen zijn weergegeven in onderstaande grafiek (figuur 4.1).



Figuur 4.1: Verloop gemiddelde dagtemperatuur en neerslag per dag.

## 4.5 Resultaten pootaardappelen

### Gewaswaarnemingen

Begin juli werd nagegaan of het aantal stengels beïnvloed werd door de objectbehandelingen. Dit bleek niet het geval te zijn, zie tabel 4.4.

De visuele gewaswaarnemingen op verschillende tijdstippen (tabel 4.4) vertoonden een duidelijke overeenkomst. Object B met een verlaagde stikstofbemesting en haver (object K) hadden op 6 juli wat minder bloei, een iets lichtere kleur en een lagere grondbedekking dan object A. Ook op 19 juli was de grondbedekking iets lager en op 2 augustus was de kleur van deze objecten iets lichter. Haver scoorde bij alle waarnemingen het laagste.

Tabel 4.4: Beginontwikkeling op 1-6-22 (1 = alle planten komen net boven, 9 = alle planten al goed ontwikkeld), aantal stengels per strekkende meter op 5-7-22, mate van bloei (1 = enkele bloemen, 9 = volle bloei) op 6-7-22, percentage grondbedekking met groen loof op 6-7-22 en 19-7-22 en gewaskleur (9 = donkergroen 1 = geel) op 2-8-22

	Begin - ontw.	Sten -gels	Bloei 6 juli	Kleur 6 juli	Grondb. 6 juli	Grondb. 19 juli	Kleur 2 aug.			
<b>A. Standaard</b>	5,4	20	4,6	de	8,0	c	78 efg	83 ef	7,8	c
<b>B. Standaard laag N</b>	4,9	20	3,5	bcde	6,8	a	58 ab	61 ab	7,0	ab
<b>J. Woelpoot</b>	5,4		4,9	e	7,8	c	89 g	92 g	7,3	ab c
<b>K. Haver</b>	5,0	22	1,8	a	6,8	a	54 a	56 a	7,0	ab
<b>L. Wafelp.</b>	5,8		3,1	abcd	8,0	c	81 fg	90 fg	7,5	bc
<b>M. Row-Fix</b>	6,0		4,0	cde	7,5	bc	65 abcd	78 de	7,5	bc
<b>F-prob</b>	0,15	0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,016	
<b>LSD (<math>\alpha=0,05</math>)</b>	1,2	3	1,6	0,7	11	8	0,5			
<b>VC</b>	16	9	30	7	11	8	5			

### Opbrengst

De resultaten van opbrengst en sortering zijn weergegeven in de tabellen 4.5 t/m 4.7. Omdat de aardappelen op alle objecten wat uit de maat gegroeid zijn, kunnen de objecten het beste vergeleken worden op totale opbrengst.

De totale opbrengst was het laagste bij object K (haver). Het standaardobject met verlaagde stikstofbemesting (object B) had de op een na laagste opbrengst die betrouwbaar lager was dan de opbrengst bij bijna alle objecten met een normale stikstofbemesting.

Bij de standaardobjecten A en B gaf de verlaagde stikstofbemesting een betrouwbaar lagere totale opbrengst.

De sortering was het grofst bij de objecten A (standaard) en J (woelpoot) en het fijnst bij object K (haver).



Tabel 4.5: Opbrengst in ton/ha per sorteringsklasse en voor het totaal.

	<28	28-35	35-45	45-50	50-55	55>	28-55	Uitval	Totaal							
<b>A. Standaard</b>	0,6	1,2	abcd	4,8	a	6,7	a	11,8	25,9	h	24,5	a	0,7	de	51,7	efg
<b>B. Standaard laag N</b>	0,6	1,1	abcd	6,4	cde	9,3	fg	11,9	17,2	bc	28,7	bcde	0,6	bcde	47,2	b
<b>J. Woelpoot</b>	0,6	1,0	ab	5,0	ab	6,7	a	12,1	26,2	h	24,9	a	1,0	e	52,7	fg
<b>K. Haver</b>	0,8	1,4	cde	6,6	e	9,0	defg	11,7	12,1	a	28,8	bcde	0,1	a	41,8	a
<b>L. Wafelp.</b>	0,7	1,4	cde	5,4	abcde	7,3	abc	12,4	26,3	h	26,6	abc	0,3	abc	53,9	g
<b>M. Row-Fix</b>	0,7	1,2	abcd	6,2	bcde	8,9	cdefg	12,1	20,4	cdef	28,4	bcde	0,8	de	50,3	cdef
<b>F-prob.</b>	0,2	0,026	0,01	<0,001	0,5	<0,001	<0,001	0,015	<0,001	0,4	<0,001	0,015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>LSD (<math>\alpha = 0,05</math>)</b>	0,2	0,4	1,2	1,5	1,8	3,6	3,0	0,4	2,8							
<b>VC</b>	18	20	14	13	10	12	8	55	4							

Tabel 4.6: Aantal knollen per m<sup>2</sup> per sorteringsklasse en voor het totaal en groene knollen (niet in totaal).

	<28	28-35	35-45	45-50	50-55	55>	Afwijkend	28-55	Totaal	Groen						
<b>A. Standaard</b>	4,6	4,6	8,2	a	6,9	a	8,9	13,1	f	0,6	bcd	28,5	ab	46,9	0,4	b
<b>B. Standaard laag N</b>	4,7	4,4	10,6	cdef	9,4	ef	8,9	9,0	bc	0,7	bcd	33,3	cdef	47,6	0,4	b
<b>J. Woelpoot</b>	4,6	4,0	8,4	ab	6,8	a	9,0	12,7	f	0,8	cd	28,1	a	46,2	0,5	b
<b>K. Haver</b>	6,2	5,4	11,1	f	9,1	cdef	8,9	6,5	a	0,2	a	34,5	ef	47,4	0,1	a
<b>L. Wafelp.</b>	5,4	5,3	9,2	abcdef	7,4	ab	9,2	13,1	f	0,3	ab	31,1	abcde	49,9	0,1	a
<b>M. Row-Fix</b>	5,8	4,7	10,5	cdef	9,3	def	9,2	10,5	cd	0,6	abcd	33,6	def	50,4	0,3	ab
<b>F-prob.</b>	0,10	0,077	0,029	<0,001	0,4	<0,001	0,018	<0,001	0,062	0,013	<0,001	0,062	0,013	0,062	0,013	0,013
<b>LSD (<math>\alpha = 0,05</math>)</b>	1,3	1,3	2,0	1,6	1,3	1,7	0,3	4,3	4,3	0,2						
<b>VC</b>	17	20	15	14	10	11	45	10	6	61						

Tabel 4.7: Percentage knollen per sorteringsklasse en gemiddelde sorteringsmaat (mm).

	<28	28-35	35-45	45-50	50-55	55>	SORT	
<b>A. Standaard</b>	10	10	18 a	15 a	19	28 h	46,8	f
<b>B. Standaard laag N</b>	10	9	23 cd	20 d	19	19 bcd	45,4	bcd
<b>J. Woelpoot</b>	10	9	18 ab	15 a	20	28 gh	46,9	f
<b>K. Haver</b>	13	11	23 d	19 d	19	14 a	43,6	a
<b>L. Wafelp.</b>	11	10	19 ab	15 a	18	27 gh	46,3	def
<b>M. Row-Fix</b>	11	9	21 abcd	19 bcd	19	21 cdef	45,5	bcd
<b>F-prob.</b>	0,2	0,12	0,012	<0,001	0,9	<0,001	<0,001	<0,001
<b>LSD (<math>\alpha = 0,05</math>)</b>	2	2	3	3	3	4	1	
<b>VC</b>	15	16	11	11	11	13	2	

## 4.6 Discussie en conclusie

### **Verlaagde stikstofgift (object B – verlaagd N)**

Tijdens het groeiseizoen bleef het object wat achter in groei t.o.v. het object met de normale stikstofgift.

De totale opbrengst was 5,5 ton/ha lager dan bij het standaardobject met een normale stikstofbemesting. In de maat 28-55 was de opbrengst hoger doordat de aardappelen minder uit de maat gegroeid waren.

### **Woelpoot (object J)**

Tijdens het groeiseizoen presteerde het object woelpoot gelijkwaardig aan het standaardobject. Ook wat betreft opbrengst en sortering was er geen verschil.

Door de veelal droge omstandigheden is er vermoedelijk geen voordeel geweest van de woelpoot om grote regenhoeveelheden versneld te laten indringen in de bodem.

### **Haver (object K)**

Tijdens het groeiseizoen was te zien dat de haver concurreerde met de aardappelen waardoor de groei van de aardappelen ongeveer overeenkwam met het standaardobject met verlaagde stikstofgift. De totale opbrengst was zelfs lager dan dat object. Het totale knolaantal was wel gelijkwaardig aan het standaardobject met normale stikstofgift. In het onderzoeksproject luisvirusbestrijding werd aan het object haver 30 kg/ha N extra gegeven.

Daarmee kwam dit object op hetzelfde opbrengstniveau als het vergelijkbare object zonder haver.

### **Wafeltjespatroon (object L)**

Tijdens het groeiseizoen presteerde het object wafeltjespatroon gelijkwaardig aan het standaardobject. Ook wat betreft opbrengst en sortering was er geen verschil. Door de veelal droge omstandigheden is er vermoedelijk geen voordeel geweest van het wafeltjespatroon om grote regenhoeveelheden versneld te laten indringen in de bodem. Het patroon bleef wel tot het einde van het groeiseizoen aanwezig.

### **Verruwen ruig (object M)**

Tijdens het groeiseizoen presteerde het object met verruwen ruig gelijkwaardig aan het standaardobject. Ook wat betreft opbrengst en sortering was er geen verschil. Het totale knolaantal leek wel wat hoger dan bij het standaardobject, in de maatsortering 28-55 was het aantal betrouwbaar hoger. Ook was de gemiddelde maatsortering betrouwbaar fijner dan bij het standaardobject. Tijdens toepassing van de behandeling met

de Row-Fix lag er een verdicht laagje op de ruggen wat door de Row-Fix losgemaakt werd. Mogelijk dat dit een voordeel is geweest.

#### 4.7 Resultaten B-peen

##### Gewaswaarnemingen

De eerste maatregel die is uitgevoerd om perceelemissie te beperken is de Row-Fix op 16 juni (foto 4.2). Deze machine van Struik zorgt ervoor dat de grond tussen en aan de zijkant van de ruggen wordt gefreesd en vervolgens wordt aangeaard. Het resultaat is een verruwing van de rug tot aan de rij. De afstelling van deze machine is cruciaal voor een goed resultaat en vergt enige voorbereiding. Het voordeel van deze bewerking is dat ook het onkruid tot aan de rij wordt weggehaald.



Foto 4.2: Links: Ligging grond na toepassing Row-Fix op peenperceel te Dronten. Rechts: Toepassing woelpoot op perceel peen te Dronten

Op 26 juni is de woelpoot gebruikt die de grond tot 11 cm diep heeft losgemaakt tussen de ruggen (foto 4.2). In verhouding tot de Row-Fix is dit een eenvoudigere methode wat betreft afstelling.

Deze woelpoot is ook gebruikt in object D, om de grond lossier te maken voor het aanbrengen van het wafeltjespatroon. Dit patroon is vervolgens handmatig aangebracht op 7 juli.

Gedurende het groeiseizoen werd de gewasstand van de peen diverse keren beoordeeld (zie tabel 4.8). Uit de eerste waarneming op 5 juli (43 dagen na zaai), kan worden gesteld dat de peen homogeen is opgekomen: alle veldjes zijn beoordeeld met een 8. Uit de waarnemingen voor gewasstand kwamen later in het seizoen geen verschillen naar voren. Dit resultaat geeft aan dat de maatregelen om perceelemissie te verminderen dus geen invloed hadden op de gewasstand in deze proef.

### Grondstructuur

Ook is er naar de grondstructuur gekeken aan het eind van het seizoen (begin oktober), daarbij kon het volgende worden gezien:

Object B (Row-Fix): rug meer toegedekt en grover dan onbehandeld object.

Object C (Woelpoot): grover dan het onbehandeld object, gemaakte spleet niet meer zichtbaar.

Object D Wafeltjespatroon: het patroon is niet meer zichtbaar tussen de ruggen, geen verschil met onbehandeld object.

Deze waarnemingen geven aan dat, met name voor objecten met de woelpoot en het wafeltjespatroon, het resultaat van de bewerkingen niet het gehele seizoen te zien is. In dit onderzoek is de afspoeling niet gemeten van de maatregelen. Echter, de verwachting is dat als er geen verschil in grondstructuur met onbehandeld meer kan worden waargenomen in het seizoen, het effect op perceelemissie ook gering is. Hierbij moet gezegd worden dat de afstelling van de machine, het moment van toepassen en de grondsoort een grote rol spelen. Om het optimale moment en de optimale afstelling te bepalen is meer onderzoek nodig.

Tabel 4.8: Gemiddelde gewasstand per object op zeven waarnemings-momenten (9 goed – 1 slecht).

Object	Omschrijving	05	18	27	01	08	23	06	21	03	10
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		07	07	07	08	08	08	09	09	10	10
<b>A</b>	Onbehandeld	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
<b>B</b>	Struik Row-Fix	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
<b>C</b>	Woelpoot	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
<b>D</b>	Wafeltjespatroon	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

### Opbrengst

Na de oogst is de peen gespoeld en is de opbrengst, maatsortering en kwaliteit bepaald. Net als voor de gewasstand zijn er voor de maatsortering geen significante verschillen gevonden (tabel 4.9 en 4.10). Ook voor de tarra

geldt hetzelfde resultaat (tabel 4.11 en 4.12). De meeste tarra werd gevormd door te korte (tot 413 gram per meter voor object met het wafeltjespatroon) en gedraaide of kromme (tot 1014 gram per meter voor object met de Woelpoot) penen. Maar over het geheel gezien was de tarra in de proef beperkt.

Er werden geen aantastingen door pathogenen in het veld en op de peen waargenomen.

Op basis van de resultaten voor gewasstand, maatsortering en tarra kan dus worden gesteld dat geen van de maatregelen om perceelemissie te verminderen een negatief effect heeft gehad op de opbrengst of kwaliteit van de peen.

Tabel 4.9: Gemiddeld aantal penen per meter voor elk object in de klassen: <20 mm, 20-40 mm, >40 mm, en het totaal aantal penen bepaald na de oogst.

Object	Omschrijving	<20 mm	20-40 mm	>40 mm	Totaal
<b>A</b>	Onbehandeld	6,7	52,9	1,3	91,0
<b>B</b>	Struik Row-Fix	5,9	54,6	1,1	89,4
<b>C</b>	Woelpoot	5,7	54,7	1,0	90,8
<b>D</b>	Wafeltjespatroon	6,1	51,5	1,8	89,1
<b>F-prob.</b>		0,8	0,5	0,6	0,9
<b>LSD</b>		2,5	5,3	1,2	6,4
<b>VC</b>		44	11	105	8

Tabel 4.10: Gemiddeld gewicht in gram per meter voor elk object in de klassen: <20 mm, 20-40 mm, >40 mm, en het gemiddeld totaal gewicht bepaald na de oogst.

Object	Omschrijving	<20 mm	20-40 mm	>40 mm	Totaal
<b>A</b>	Onbehandeld	312	5808	309	8281
<b>B</b>	Struik Row-Fix	271	5849	238	8158
<b>C</b>	Woelpoot	258	5727	235	7979
<b>D</b>	Wafeltjespatroon	319	5569	445	7945
<b>F-prob.</b>		0,7	0,7	0,4	0,4
<b>LSD</b>		129	545	293	444
<b>VC</b>		49	10	105	6

Tabel 4.11: Gemiddeld aantal penen per meter voor elk object in de klassen: te kort, gedraaid en krom, insnoering, vertakt, groeischeur, overige tarra en overig rot bepaald na de oogst.

Object	Omschrijving	Te kort	Gedraaid+krom	Insnoering	Vertakt	Groeischeur	Overige tarra	Overig rot
<b>A</b>	Onbehandeld	15,6	10,7	0,9	2,0	0,6	0,1	0,1
<b>B</b>	Struik Row-Fix	12,7	11,1	1,3	2,3	0,5	0,0	0,0
<b>C</b>	Woelpoot	14,3	11,1	1,5	2,1	0,3	0,0	0,0
<b>D</b>	Wafeltjespatroon	16,7	9,7	1,3	1,7	0,3	0,0	0,0
<b>F-prob.</b>		0,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,4	0,4
<b>LSD</b>		3,8	3,3	1,1	1,3	0,6	0,2	0,1
<b>VC</b>		28	35	97	69	143	633	633

Tabel 4.12: Gemiddeld gewicht in gram per meter voor elk object in de klassen: te kort, gedraaid en krom, insnoering, vertakt, groeischeur, overige tarra en overig rot bepaald na de oogst.

Object	Omschrijving	Te kort	Gedraaid+krom	Insnoering	Vertakt	Groeischeur	Overige tarra	Overig rot
<b>A</b>	Onbehandeld	365	914	103	209	247	6	5
<b>B</b>	Struik Row-Fix	312	975	151	266	95	0	0
<b>C</b>	Woelpoot	346	1014	136	206	46	0	0
<b>D</b>	Wafeltjespatroon	413	893	88	160	58	0	0
<b>F-prob.</b>		0,2	0,8	0,7	0,6	0,2	0,4	0,4
<b>LSD</b>		93	271	124	158	219	9	7
<b>VC</b>		29	31	114	82	215	633	633

## 4.8 Discussie en conclusie

In deze proef zijn er geen verschillen gevonden in gewasstand, opbrengst en kwaliteit tussen de objecten. Dit resultaat geeft dus aan dat geen van de maatregelen om perceelemissie te reduceren, een negatief effect heeft gehad op de peen teelt in deze proef. De over het algemeen droge groeiomstandigheden kunnen hierbij een belangrijke rol spelen.

Aan het einde van het groeiseizoen waren er nog verschillen te zien in grondstructuur. Bij de Row-Fix was de rug meer toegedekt en lag de grond grover dan bij onbehandeld. Ook bij de woelpoot lag de grond nog grover dan bij onbehandeld maar de gemaakte spleet was niet meer zichtbaar. Het wafeltjespatroon was aan het einde van het groeiseizoen niet meer zichtbaar. De verwachting is dat als er geen verschil in grondstructuur ten opzichte van onbehandeld meer kan worden waargenomen in het seizoen, het effect op perceelemissie ook gering is. Hierbij moet gezegd worden dat de afstelling van de machine, het moment van toepassen en de grondsoort waarschijnlijk een grote rol spelen. Om het optimale moment van toepassing en de optimale afstelling te bepalen is meer onderzoek nodig.





## 5. DYNAMIEK VAN AFSPOELING IN BEELD

**In dit hoofdstuk is de relevantie, proefopzet, monitoring, resultaten en discussie en conclusies van onderzoeksonderdeel twee toegelicht. Er wordt antwoord gegeven op de vraag: “Wat zijn factoren die de concentraties van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen in oppervlakkig afspoelend water beïnvloeden?”**

### 5.1 Achtergrondinformatie en relevantie

Uit de afspoelingsproef in 2021 bleek dat het afspoelende water na elke meting gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten bevatte. De concentraties per afstromingsevent verschilden sterk. Waardoor de vracht (concentratie x aantal liters) die in de sloot terecht kwam ook verschilde. Soms was het verschil in concentratie duidelijk te relateren aan een bespuiting, soms niet.

Ook is nog onbekend of er verschil zit in de GBM- en nutriëntenconcentraties in het water dat eerst afstroomt ten opzichte van de volgende liters. En bij hoeveel liter afspoeling verschil in concentraties zichtbaar worden.

Deze informatie helpt o.a. bij de dimensionering van maatregelen. Sommige maatregelen hebben bijvoorbeeld enkel invloed op de eerste liters water die afspoelen. Door de dynamiek van afspoeling in beeld te brengen hopen we informatie te krijgen of bijvoorbeeld het afvangen van de *first flush* voldoende is, of niet.

### 5.2 Proefopzet

Dit onderzoeksonderdeel is op dezelfde locaties uitgevoerd als onderzoeksonderdeel 1. Op een aardappelperceel op zware zavel in Swifterbant en een peenperceel op lichte zavel in Espel (zie paragraaf 3.2).

Om aan de dynamiek van afspoeling te meten is alleen gemeten aan de afspoeling afkomstig vanaf de vier ruggen brede, controle stroken. Zoals eerder benoemd, is op deze stroken de gangbare landbouwpraktijk uitgevoerd van bewerkingen, bemestingen en bespuitingen.

### 5.3 Monitoring

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de gegevens over waterkwaliteit en bodemvocht zijn verzameld.

#### Waterkwaliteit

Om aan de waterkwaliteit van het oppervlakkige afspoelende water te kunnen meten, is gebruik gemaakt van de proefopstelling aangelegd voor proefonderdeel 1 (beschreven in paragraaf 3.3). Deze opstelling is vervolgens uitgebreid; er is een goot onder één kant van de debietmeter gemonteerd (foto 5.1).



Foto 5.1: Een deel van het afspoelende water wordt opgevangen in een drietal flessen.

Aan de onderkant van deze goot zijn vervolgens drie flessen van 1,3 L vastgemaakt. Elke fles bevatte een balletje dat kon drijven; dit balletje kon de fles dus afsluiten zodra deze vol water zat, hierdoor werd verdere vermenging

met later afspoelend water voorkomen<sup>14</sup>. Door de goot gedeeltelijk onder de afvoerstream van de debietmeter te plaatsen (het bakje van de debietmeter bevat elke keer 0,5L water als het geleegd wordt) konden we van elke 25L afspoelend water een mengmonster nemen. Aangezien er drie flessen aan de goot gemonteerd waren, kon dit tot driemaal toe. Een mengmonster van 1,3L van de eerste 25 liter water die van het perceel afspoelde, van de 25<sup>e</sup> tot 50<sup>e</sup> liter water die afspoelde, en een mengmonster van de 50<sup>e</sup> tot 75<sup>e</sup> liter water. Vervolgens is elk monster geanalyseerd op de concentratie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Deze analyse is uitgevoerd door Groen Agro Control (Screening GC-MSMS + LC-MSMS<sup>15</sup>). Na de eerste metingen is gekeken of er verschil in concentratie was. Dat bleek inderdaad zo te zijn. De opstelling is daarom gedurende de proef hetzelfde gebleven.

### **Bodemvochtgehalte**

Om een relatie te kunnen leggen tussen de hoeveelheid en intensiteit van een regenbui, het bodemvochtgehalte en de hoeveelheid afspoelend water zijn er in iedere controle strook (6 in totaal) bodemvochtsensoren in de ruggen geplaatst.

### **Spuit- en bemestingsregistratie**

Van beide proefpercelen zijn de spuit- en bemestingsregistratie opgevraagd. Op die manier hebben we onderzocht of er een link is tussen het spuit- en bemestingsregime en de concentraties in het afspoelende water.

### **Waterkwantiteit**

Om de relatie tussen afspoeling en de intensiteit en grootte van een bui te kunnen onderzoeken is er gebruik gemaakt van een elektronische regenmeter van Sencrop. Deze regenmeter mat de hoeveelheid regen met een resolutie van 0,254 mm en een nauwkeurigheid van  $\pm 4\%$  en sloeg deze gegevens in een online dashboard op.

Ook is er gebruik gemaakt van de gegevens verzameld in proefonderdeel 1; de hoeveelheid afspoelend water. Hiermee kan worden gekeken naar de relatie tussen het type bui, de mate van afspoeling en de concentratie van nutriënten en GBM die hierin zitten.

---

<sup>14</sup> Om tot de juiste opzet te komen zijn er verschillende flessen en balletjes getest. Afhankelijk van de inhoud, stevigheid en de grootte van de flesopening is uiteindelijk een Coca colafles van 1,3L geselecteerd. Het drijvend vermogen en de grootte van het balletje hebben uiteindelijk bepaald welk balletje geschikt was voor onze methode.

<sup>15</sup> Analyselijst water GC-MSMS + LC-MSMS: <https://agrocontrol.nl/wp-content/uploads/2022/09/Water-analyselijst-versie-5-NL.pdf>

## 5.4 Resultaten

### Waterkwantiteit

Om een goed beeld te krijgen van de dynamiek van afspoeling presenteren we hieronder voor beide locaties een tabel (5.1 en 5.2) met alle buien tijdens het teeltseizoen, met de neerslaghoeveelheid, de intensiteit (mm/kwartier), de gemiddelde afspoeling per proefveld en het percentage van de neerslag dat afgespoeld is. Vervolgens zoomen we verder in op een bui en een berekening om de dynamiek beter in beeld te krijgen.

Tabel 5.1: Alle gemeten buien op locatie Espel (lichte zavel) met start en eindtijd, de totale hoeveelheid neerslag, de maximale intensiteit, de gemiddelde afspoeling (gemiddelde van 6 proefvelden) en het gemiddelde percentage afgespoelde water ten opzichte van de neerslag op een proefveld.

Bui Espel	Start	Einde	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)	Gemiddelde afspoeling (l)*	gemiddeld % afgespoeld*
Berekening Espel 1	15-07-22 22:00	16-07-22 8:45	16,0	8,4	76,5	1,1%
Eerste regenval	21-07-22 1:45	21-07-22 19:15	38,4	9,9	746,5	4,3%
Tweede regenval	31-07-22 10:15	31-07-22 18:00	9,1	2,0	0,0	0,0%
Berekening Espel 2	9-08-22 22:15	10-08-22 0:45	10,9	3,1	43,0	0,9%
Derde regenval	17-08-22 7:00	17-08-22 19:30	15,5	2,8	9,5	0,1%
Berekening Espel 3	25-08-22 20:45	26-08-22 14:45	23,1	5,6	374,5	3,6%
Vierde regenval	8-09-22 5:00	8-09-22 23:00	19,6	3,6	44,0	0,5%
Vijfde regenval	15-09-22 8:45	16-09-22 8:00	7,1	1,0	0,5	0,0%
Zesde regenval	18-09-22 8:45	18-09-22 20:45	15,7	2,5	113,0	1,6%
Zevende regenval	30-09-22 23:45	1-10-22 19:15	14,2	1,0	70,0	1,1%
Achtste regenval	13-10-22 3:30	14-10-22 17:30	12,9	1,3	9,0	0,2%
Negende regenval	20-10-22 13:30	20-10-22 18:30	5,0	1,0	13,0	0,6%
Tiende regenval	23-10-22 22:00	24-10-22 1:15	4,1	3,2	3,5	0,2%
Elfde regenval	6-11-22 15:00	6-11-22 23:00	6,3	0,5	29,0	1,0%

\* Neerslag op- en afspoeling van een proefveld van 3 \* 150 meter.

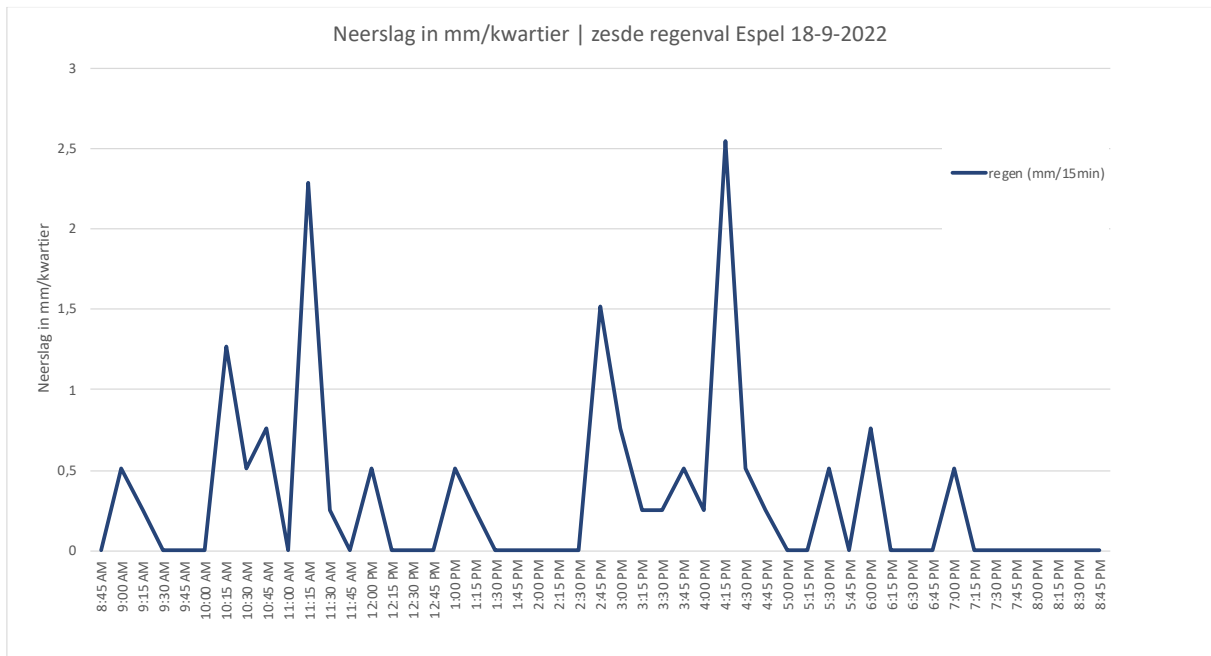
Tabel 5.2: Alle gemeten buien op locatie Swifterbant (zware zavel) met start en eindtijd, de totale hoeveelheid neerslag, de maximale intensiteit, de gemiddelde afspoeling (gemiddelde van 6 proefvelden) en het gemiddelde percentage afgespoelde water ten opzichte van de neerslag op een proefveld.

Bui Swifterbant	Start	Einde	Totaal (mm)	Max (mm/15min.)	Gemiddelde afspoeling (l)*	gemiddeld % afgespoeld*
Tweede regenval	31-07-22 9:45	31-07-22 18:30	10,2	1,3	0,5	0,0%
Derde regenval	17-08-22 4:30	17-08-22 18:00	23,1	3,8	1,0	0,0%
Vierde regenval	6-09-22 23:45	7-09-22 5:15	10,2	1,8	0,0	0,0%
Vijfde regenval	8-09-22 4:45	8-09-22 11:30	20,6	3,8	1,0	0,0%
Zesde regenval	15-09-22 20:00	16-09-22 12:15	14,0	3,1	4,0	0,1%
Zevende regenval	16-09-22 18:45	17-09-22 1:00	13,0	2,5	1,0	0,0%
Achtste regenval	18-09-22 8:00	18-09-22 20:45	21,6	5,3	4,0	0,0%
Negende regenval	24-09-22 5:45	24-09-22 9:45	7,9	3,3	0,0	0,0%

\* Neerslag op- en afspoeling van een proefperceel van 3 \* 140 meter.

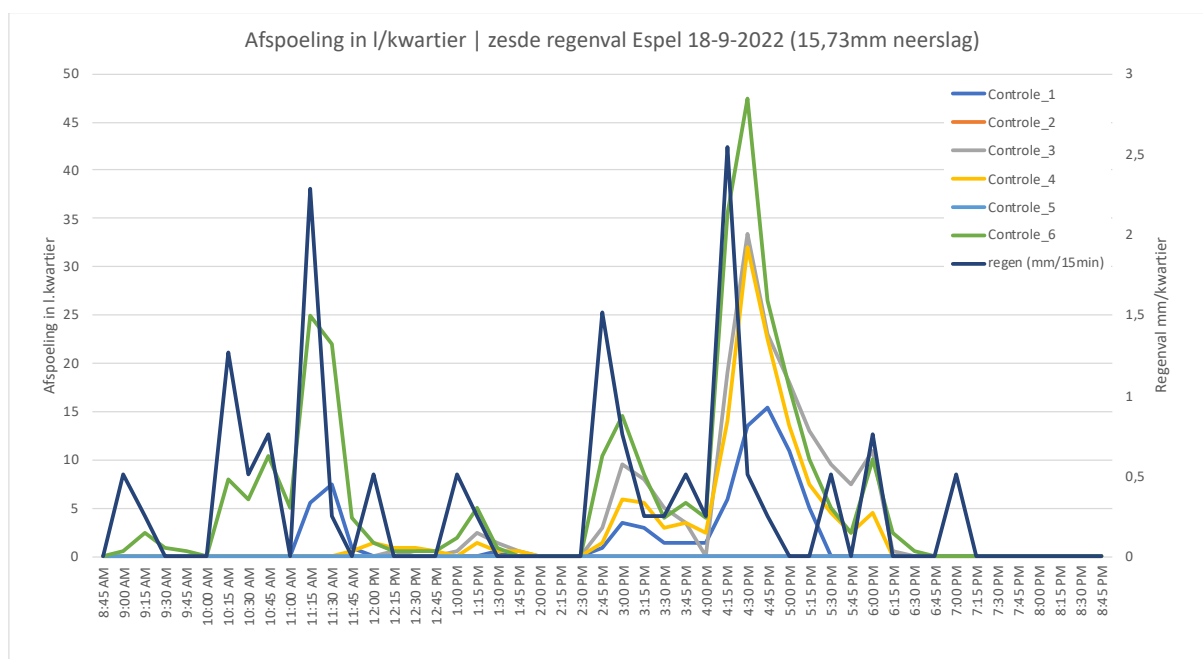
Zoals te zien in tabel 5.2 is de hoeveelheid afspoeling in Swifterbant zeer gering (gemiddeld niet meer dan 4 liter). Deze hoeveelheid was te klein om waterkwaliteitsmonsters te kunnen nemen. De waterkwaliteit is daarom alleen gemeten op locatie Espel.

Zoals verwacht correspondeert de hoeveelheid neerslag in grote lijnen met de hoeveelheid afspoeling. Wanneer de afspoeling groter of kleiner is dan verwacht op basis van de neerslaghoeveelheid kan dat in veel gevallen verklaard worden door de intensiteit (het aantal millimeters per 15 minuten). Zo is in tabel 5.1 (Let op: locatie Espel) bijvoorbeeld te zien dat de gemiddelde hoeveelheid afspoeling bij de zevende regenval aanzienlijk lager is dan bij de zesde regenval, terwijl de hoeveelheid neerslag slechts 1,5 mm lager ligt. Waarschijnlijk speelt de intensiteit hierbij een rol. Bij de zevende regenval is die slechts 1 mm per kwartier terwijl bij de zesde regenval binnen een kwartier 2,5 millimeter viel. Om een duidelijker beeld te krijgen van de relatie tussen neerslag en afspoeling zoomen we hieronder verder in op enkele buien. We zoomen in op de zesde regenval en berekening 3 in Espel. Hieruit komen de verschillen tussen kortdurende hevige neerslag en een regendag met diverse pieken duidelijk naar voren.



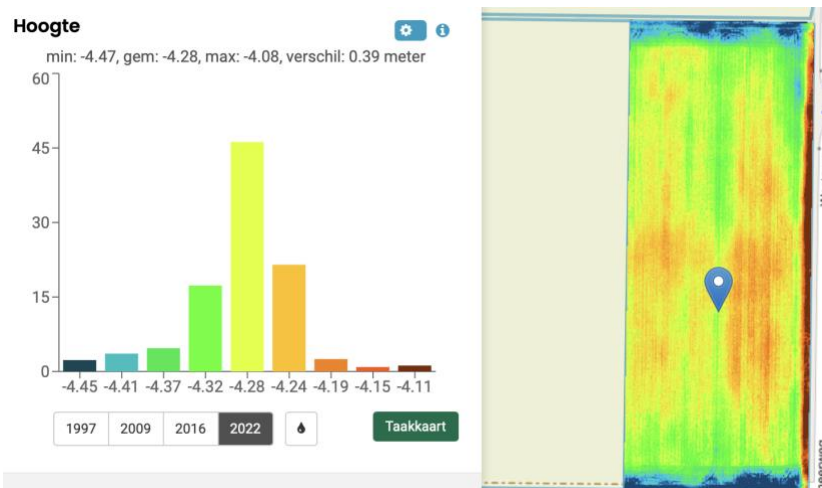
Figuur 5.1: De neerslag op een regendag met enkele flinke pieken in neerslag

De regenval op 18 september 2022 (figuur 5.1) bestaat uit perioden van lichte regenval met enkele pieken waar de intensiteit hoger is. Op twee momenten is de intensiteit hoger dan 2 mm/kwartier. De regenval heeft zo'n 9,5 uur aangehouden en in totaal is 15,73 mm neerslag gevallen.

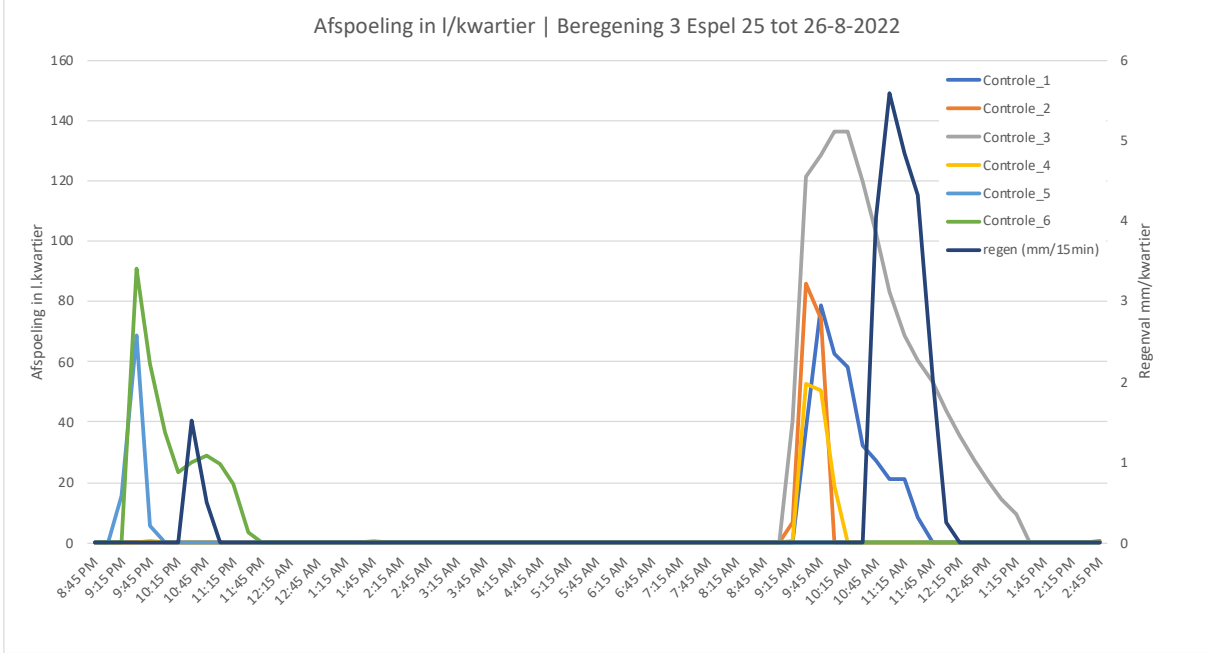


Figuur 5.2: Dezelfde bui als in figuur 5.1, maar nu aangevuld met de afspoeling van de 6 controle veldjes.

In figuur 5.2 is dezelfde regenval weergegeven (donkerblauwe lijn), maar nu is ook de afspoeling van zes proefvelden weergegeven. Te zien is dat bij de eerste piek van meer dan 2 mm/kwartier neerslag er twee proefvelden afspoeling laten zien (controle 6 en controle 1). Bij de neerslag rond 3:00 pm zien we bij vier proefvelden afspoeling van 3 – 15 liter/kwartier. Om 4:15 pm is de neerslagintensiteit het hoogste met 2,5 mm/kwartier. De piek in afspoeling volgt 15 – 30 minuten later, waarbij bij de helft van de velden meer dan 30 l/kwartier afspoelt. Opvallend is dat op proefvelden controle 2 en controle 5 geen afspoeling heeft plaatsgevonden. Dit is waarschijnlijk het gevolg van variatie in het perceel. In figuur 5.3 is te zien dat het perceel op de plaats van de pin vlakker ligt dan de rest van het perceel. Dit deel correspondeert ongeveer met het vijfde proefveld (zowel bij de controle als bij de twee maatregelen). Op de positie van controleveld 2 (links van de pin) is het verschil minder duidelijk; maar ook kleinere variaties die op de hoogtekaart nauwelijks zichtbaar zijn kunnen bij relatief kleine afspoeling al het verschil maken tussen wel en geen afspoeling. Bij een grote watergift zoals bij de hieronder beschreven derde beregening trad wel bij alle proefvelden afspoeling op.



Figuur 5.3: De hoogtekaart uit 2022 van het peenperceel in Espel (bron: boerenbunder.nl).



Figuur 5.4: De beregende hoeveelheid en afspoeling bij berekening op 25 en 26 augustus. De berekening vond plaats in twee banen (te zien in de twee pieken). De weerpaal stond 100 meter het perceel in vanaf het pad en de sloot.

Bij berekening (figuur 5.4) is een ander patroon zichtbaar dan bij een bui. We zoomen hier in op berekening 3, omdat bij eerdere berekening nog niet alle zes debietmeters geïnstalleerd waren. Daarnaast is bij deze berekening relatief veel afspoeling gemeten ten opzichte van berekening 1 en 2. Er is zo'n 12 mm berekend. De weerpaal heeft een hoger aantal millimeters geregistreerd (23,11 mm). De berekening vond plaats in twee tracks (eerst de oostelijke kant van het perceel, vervolgens de westelijke kant), wat terug te zien is in de twee pieken in neerslag (donkerblauwe lijn). Door deze overlap

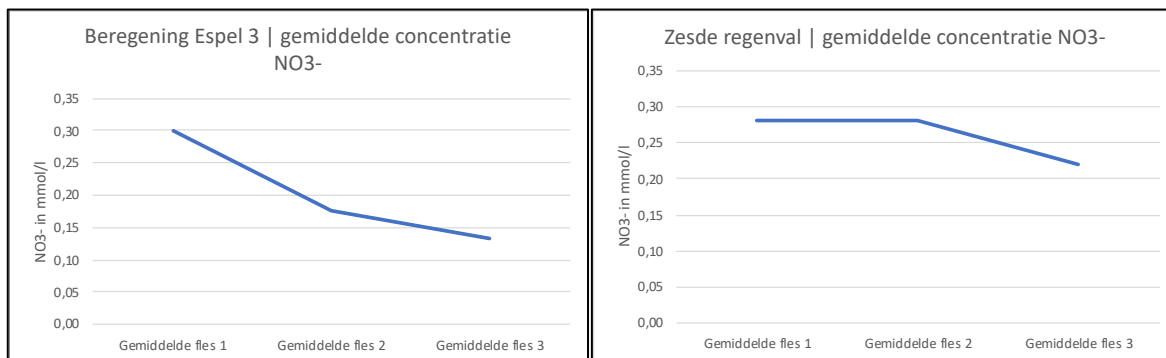
heeft de regenmeter iets meer neerslag geregistreerd. Daarnaast is het door bijvoorbeeld verwaaiing mogelijk dat op bepaalde plekken op het perceel iets meer water terechtgekomen. De weerpaal stond bij de eerste track bijna buiten het bereik van het regenkanon. De twee proefvelden die het meest aan de oostkant liggen lieten tijdens de eerste track afspoeling tussen de  $\pm 70$  tot 90 liter/kwartier zien. De piek bij de tweede track (rond 11 uur op 26 augustus) laat een vergelijkbare afspoeling zien bij de overige veldjes, maar met een grotere spreiding ( $\pm 50$  tot maximaal  $\pm 135$  l/kwartier). De spreiding kan het gevolg zijn van variatie in het perceel, maar bij berekening kunnen ook verwaaiing en een eventuele overlap zorgen voor meer of minder neerslag op een proefveld.

De neerslag valt in de grafiek later dan de afspoeling. De verklaring is dat de weerpaal 100 meter het perceel in staat (vanaf het rijpad), terwijl het kanon vooraan begint en de afspoeling dan meteen optreedt. Opvallend is dat bij twee van de vier proefvelden (controle 2 en 4) in de tweede track er geen afspoeling meer is wanneer het kanon 100 meter het perceel in is. In dit geval was de 100 meter dus voldoende om het water te laten infiltreren. Bij controle 3 ging de afspoeling nog door terwijl het kanon al meer dan 100 meter het perceel in stond. Mogelijk speelt de ligging van het proefveld ten opzichte van het kanon mee. Door verwaaiing of variatie die hoort bij het beregeningskanon is mogelijk op dat proefveld meer water gekomen. Bij berekening speelt ook mee dat de grond waarover het afspoelende water stroomt in dit geval al nat was en daardoor mogelijk een hoger infiltrerend vermogen had.

### **Waterkwaliteit**

Berekening drie en de zesde regenval, die in de voorgaande paragraaf beschreven zijn, zijn ook de buien waarbij de meeste monsters van waterkwaliteit zijn genomen. Bij andere buien waren er onvoldoende complete meetreeksen omdat niet bij alle proefvelden voldoende afspoeling plaatsvond. Alle meetgegevens zijn opgenomen in bijlage 1. De verschillen in karakter (een korte piek of een regendag) lijken ook een verklaring te geven voor de verschillen m.b.t. waterkwaliteit. Hieronder bespreken we achtereenvolgens het effect op nitraat, de som van gewasbeschermingsmiddelen en een stof afzonderlijk.

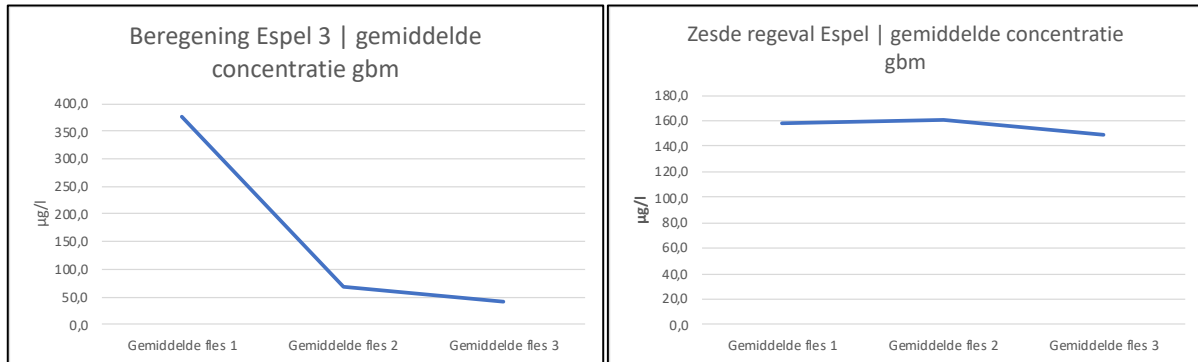




Figuur 5.5: De gemiddelde concentratie nitraat in het monster uit de eerste fles (mengmonster uit de eerste 25 liter water, de tweede fles (mengmonster uit de 25<sup>e</sup> – 50<sup>e</sup> liter) en de derde fles (mengmonster uit de 50<sup>e</sup> – 75<sup>e</sup> liter).

Zoals te zien in figuur 5.5 neemt bij beregening 3 de gemiddelde concentratie nitraat af naarmate er meer water is afgespoeld. Uit de statistische analyse blijkt er een betrouwbaar verschil te zijn tussen fles één en de andere twee flessen. De afgenomen concentratie kan dus worden toegeschreven aan het feit dat bij fles twee en drie er al meer water was afgespoeld en het idee dat met het eerste water de grootste concentratie nitraat meespoelt. Dat is in lijn met het idee van een *'first flush'*: waarbij het eerste water wat afspoelt meer middelen en nutriënten bevat dan water dat daarna afspoelt. Bij de zesde regenval is het beeld anders: de gemiddelde concentratie blijft eerst vrijwel gelijk om daarna alsnog te dalen. De daling verschilt echter sterk per herhaling en is daarom niet betrouwbaar als effect van de toegenomen afspoeling.

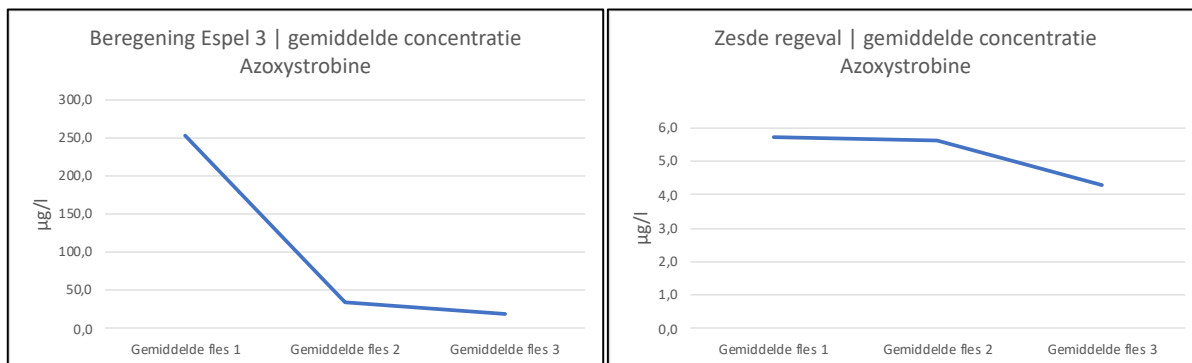
Bij beregening was er dus sprake van een *first flush* die een relatief hoge concentratie nutriënten en bestrijdingsmiddelen bevat. Bij beregening is er sprake van een grotere hoeveelheid water op droge grond in korte tijd. Bij een regendag met vochtige grond en meerdere kleine pieken qua neerslag is het effect niet vastgesteld.



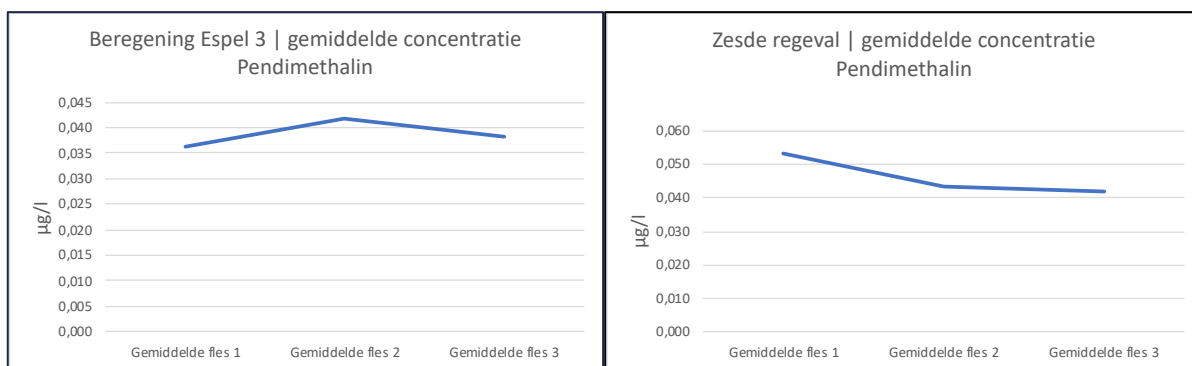
Figuur 5.6: De gemiddelde somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen in het mengmonster van de eerste 25 liter water, de 25<sup>e</sup> – 50<sup>e</sup> liter en de 50<sup>e</sup> – 75<sup>e</sup> liter (corresponderend met de flessen). Let op het verschil in onderverdeling van de Y-as.

Zoals te zien in figuur 5.6 neemt bij berekening 3 de gemiddelde somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen af naarmate er meer water is afgespoeld. Uit de statistische analyse blijkt er een betrouwbaar verschil te zijn tussen fles één en de andere twee flessen. Het eerst afgespoelde water had de hoogste concentratie gewasbeschermingsmiddelen. De concentratie laat zich dus verklaren door de hoeveelheid water die is afgespoeld. Bij de zesde regeval is ook hier het beeld anders: de gemiddelde concentratie is in de eerste en tweede fles vrijwel gelijk maar is licht gedaald in de derde fles. Het lijkt dus dat de concentratie licht afneemt naarmate er meer water is afgespoeld, maar de daling verschilt sterk per herhaling en is daarom niet significant.

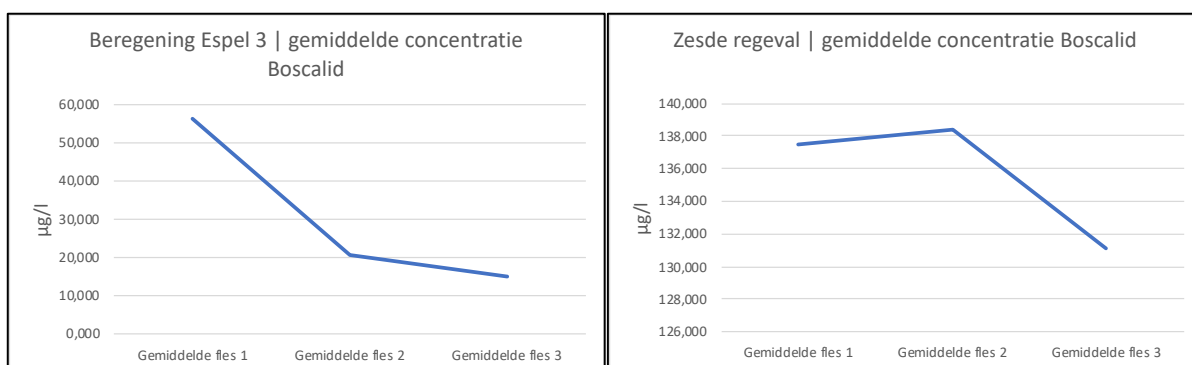
Verder valt op dat de eerste fles bij berekening 3 een somconcentratie heeft die aanzienlijk hoger is dan de concentraties bij de zesde regeval, maar dat de concentraties in fles twee en drie flink lager zijn dan bij de zesde regeval. Mogelijk heeft dit te maken met de aanwezigheid en afspoelingsgevoeligheid van de aanwezige stoffen. Hieronder en in de volgende paragraaf gaan we daar verder op in.



Figuur 5.7: De gemiddelde concentratie azoxystrobine in het monster van de eerste 25 liter water, de 25<sup>e</sup> – 50<sup>e</sup> liter en de 50<sup>e</sup> – 75<sup>e</sup> liter (corresponderend met de flessen). Let op het verschil in onderverdeling van de Y-as



Figuur 5.8: De gemiddelde concentratie pendimethalin in het monster van de eerste 25 liter water, de 25<sup>e</sup> – 50<sup>e</sup> liter en de 50<sup>e</sup> – 75<sup>e</sup> liter (corresponderend met de flessen). Let op het verschil in onderverdeling van de Y-as.



Figuur 5.9: De gemiddelde concentratie boscalid in het monster van de eerste 25 liter water, de 25<sup>e</sup> – 50<sup>e</sup> liter en de 50<sup>e</sup> – 75<sup>e</sup> liter (corresponderend met de flessen). Let op het verschil in onderverdeling van de Y-as.

Werkzame stoffen van gewasbeschermingsmiddelen kunnen andere eigenschappen hebben waar het gaat om binding aan bodemdeeltjes en organische stof en wateroplosbaarheid. Daarom hebben we naast de somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen alle stoffen die zijn toegepast

en aangetroffen (zie tabel 5.3 in paragraaf Effect toepassingstijdstip) afzonderlijk geanalyseerd. Het gaat om azoxystrobine, pendimethalin, clomazone, pyraclostrobin, boscalid en difenoconazool. Drie daarvan zijn hierboven afgebeeld (figuur 5.7, 5.8 en 5.9). De meetgegevens van alle zes stoffen zijn opgenomen in bijlage 1.

Figuur 5.7 (azoxystrobine) laat een vergelijkbaar beeld zien met de somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen. Ook hier is het effect bij beregening 3 significant en is er geen betrouwbaar verschil bij de zesde regenval. Wat opvalt is dat azoxystrobine bij beregening 3 het overgrote deel van de somconcentratie blijkt te zijn (bij fles 1 ruim 2/3<sup>e</sup> deel). Bij de zesde regenval is dat slechts zo'n 4%. Het toepassingsmoment lijkt daarvoor bepalend (zie het onderdeel 'Effect toepassingstijdstip' hieronder).

Pendimethalin (figuur 5.8) is ongeveer drie maanden voor beregening 3 toegepast. De gemeten concentraties zijn dan ook aanzienlijk lager dan bij azoxystrobine. Bij beregening 3 is de gemiddelde concentratie het hoogst in fles 2. Bij de zesde regenval daalt de concentratie ligt van fles 1 tot 3. In beide gevallen zijn er echter geen significante verschillen tussen de flessen. Van pendimethalin is bekend dat de stof sterk bindt aan de bodem en slecht oplost in water. Afspoeling treedt daarom waarschijnlijk op in de vorm van mee-spoelende bodemdeeltjes in plaats van oplossen in water. Mogelijk verklaart dat het afwijkende patroon.

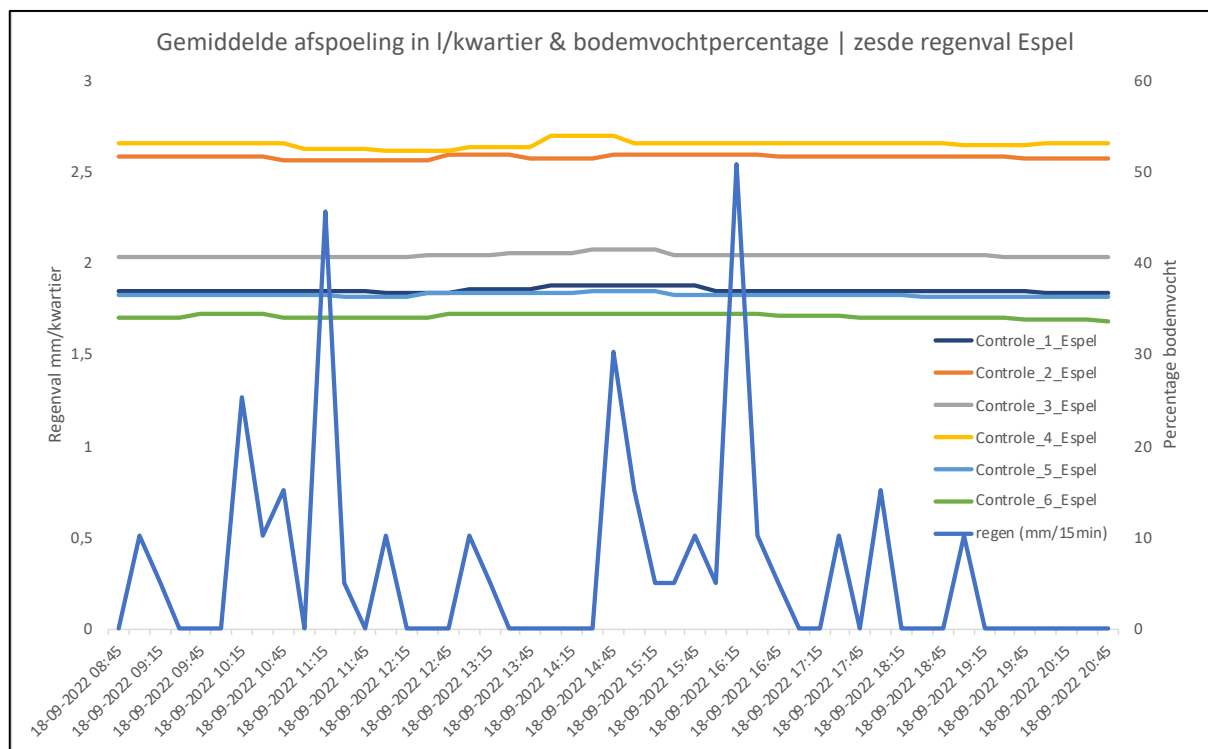
Boscalid (figuur 5.9) laat een vergelijkbaar beeld zien met de somconcentratie en azoxystrobine. Bij de zesde regenval daalt de concentratie wat sterker in de derde fles dan bij de voorgenoemde. Het effect is bij de zesde regenval niet significant, maar wel bij beregening 3. Fles 3 heeft een significant lagere concentratie dan fles 1.

Ook bij difenoconazool heeft bij beregening 3 fles 3 een significant lagere concentratie dan fles 1. Bij clomazone en pyraclostrobin zijn geen significante verschillen aangetroffen.

### **Bodemvochtgehalte**

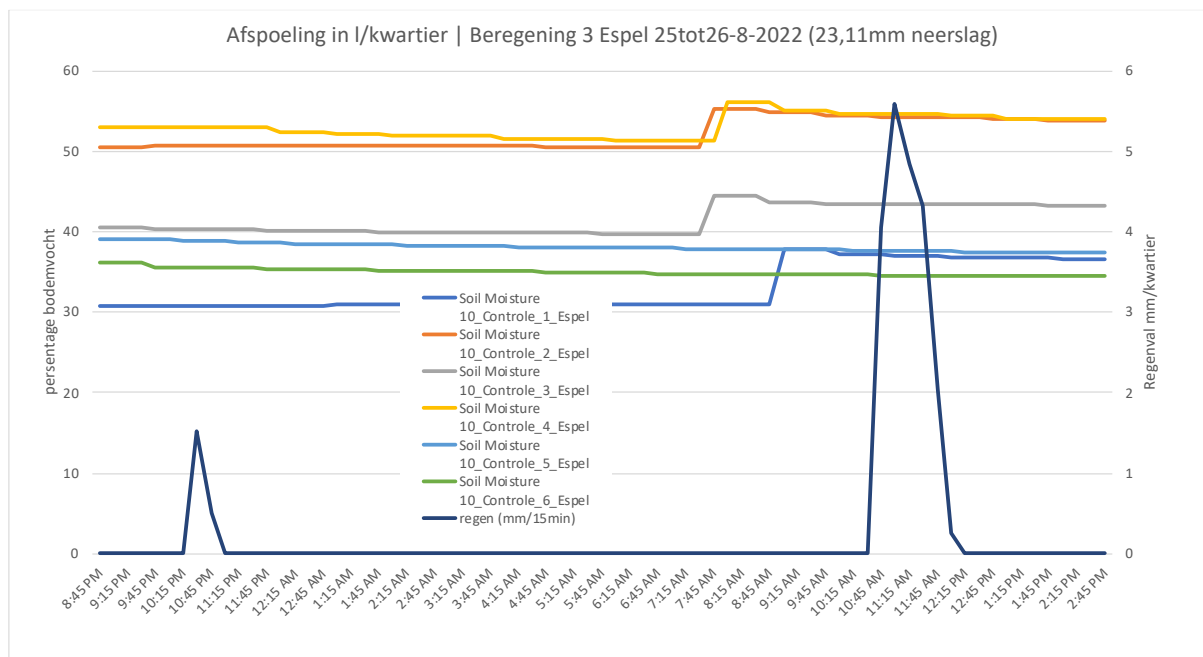
Bij het bodemvochtpercentage kunnen de exacte percentages vergeleken worden tussen proefvelden of kan worden gekeken naar de trend. Uit ervaring met bodemvochtpercentagemetingen in de proeven van 2022 en in andere projecten blijkt dat de exacte percentages moeilijk betrouwbaar te meten zijn, waarschijnlijk omdat de lokale bodemstructuur grote invloed heeft op het vochtpercentage. Metingen binnen 10 cm<sup>2</sup> kunnen meer dan 10% van elkaar

verschillen, door verschillen in de structuur. Vast opgestelde bodemvochtmeters laten echter wel goed de veranderingen in bodemvochtpercentage zien. Hieronder bespreken we drie buien en kijken we naar de verandering in bodemvochtpercentage. Wanneer het percentage toeneemt is dat een indicatie dat water infiltreert in plaats van afspoelt. De bodemvochtmeters zijn in de rug geplaatst (midden bovenop) en meten op 10 centimeter diepte. Veranderingen in het bodemvochtpercentage zijn dus veroorzaakt door water wat infiltreert in de rug of door capillaire opstijging.



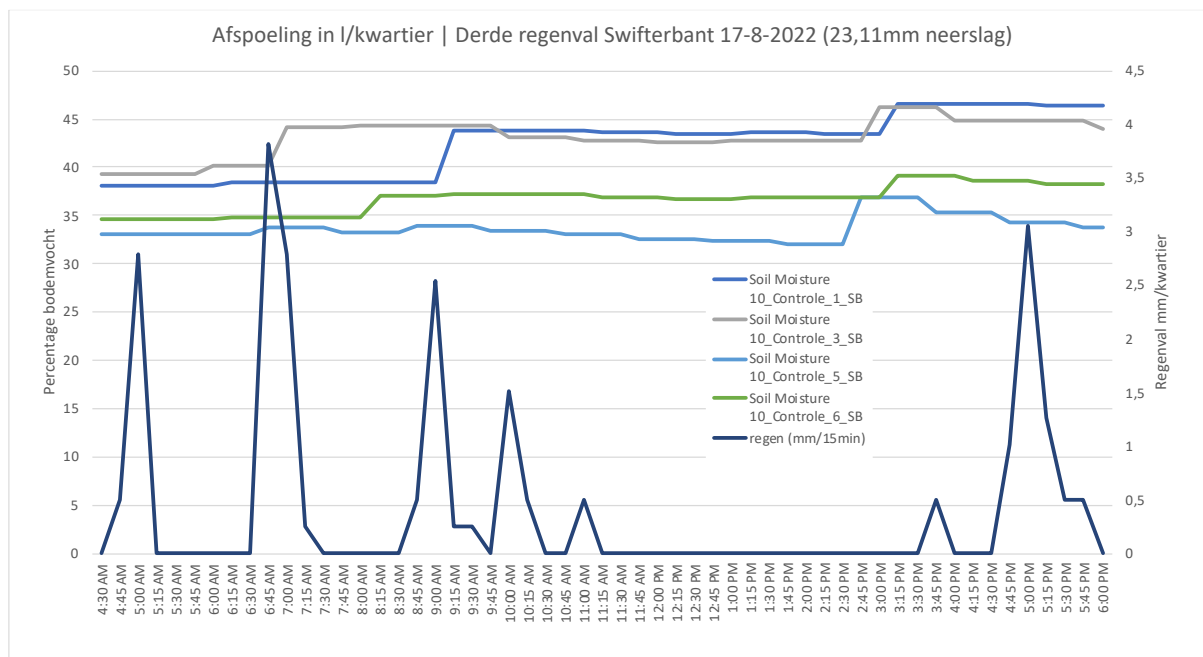
Figuur 5.10: Het bodemvochtpercentage van zes proefvelden vergeleken met de neerslag van de zesde regenval in Espel.

Bij de zesde regenval in Espel (figuur 5.10) is te zien dat het percentage bodemvocht in de rug nauwelijks reageert op de regenval. Na de flinke piek rond 16:30 uur blijven de lijnen van het percentage bodemvocht vrijwel vlak. Mogelijk is er wel water geïnfiltreerd tussen de ruggen.



Figuur 5.11: Het bodemvochtpercentage van zes proefvelden vergeleken met de neerslag van beregning 3 in Espel.

Bij beregning 3 in Espel (figuur 5.11) te zien dat vier van de zes proefvelden duidelijk stijgen in percentage bodemvocht vanaf 7 uur 's ochtends. Zoals eerder aangegeven vielen controle 5 en 6 bij de beregning onder een andere track die op de avond van 25 augustus al water kreeg. Het vochtpercentage veranderd daarom niet bij controle 6 en 7. De piek in neerslag is later geregistreerd dan 7 uur 's ochtends (het moment van de verandering in bodemvochtpercentage) omdat de weerpaal 100 meter het veld in staat. Bij een korte piek in neerslag is er dus een duidelijke stijging te zien, die bij de zesde regenval niet zichtbaar was. Mogelijk speelt hierbij de stand van het gewas mee, bij de zesde regenval (18 september) stond er meer gewas dan bij de derde beregning (23 augustus). Ook zou het kunnen dat de grote hoeveelheid water bij beregning beter door het gewas dringt dan bij wat lichtere regenval.



Figuur 5.12: Het bodemvochtpercentage van zes proefvelden vergeleken met de neerslag van de derde regenval in Swifterbant.

De derde regenval in Swifterbant (figuur 5.12) betrof een regendag met een aantal stevige buien. De intensiteit is bij de pieken hoger dan bij de zesde regenval in Espel. Ook is de grondsoort in Swifterbant (zware zavel) anders dan in Espel (lichte zavel), evenals het gewas (aardappel versus peen). Mogelijk zijn dit verklaringen voor de duidelijke verandering in bodemvochtpercentage die in deze figuur zichtbaar zijn. De veranderingen lopen niet gelijk met de pieken in neerslag. De vertraging van het reageren van het bodemvochtpercentage op de buien kan waarschijnlijk worden verklaard door een tweetal factoren:

- Door eventuele scheuren in de grond wordt veel van de eerste regenval meteen gebufferd.
- Daarnaast heeft zijwaartse bevochtiging en capillaire opstijging van onderaf tot in de rug tijd nodig.

Ook in Swifterbant stonden de vochtmeters op de rug.

### Effect toepassingstijdstip

Met de spuit- en bemestingsregistratie van het proefperceel in Espel kunnen we onderzoeken of de concentraties gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten in het afspoelende water afhankelijk zijn van het toepassingstijdstip of van andere factoren (bijvoorbeeld type bui).

Tabel 5.3: Het spuitschema van de toegepaste gewasbeschermingsmiddelen op locatie Espel. Rechts staan de gemiddelde concentraties in de watermonsters van het afgespoelde water op vijf tijdstippen, waarbij met een kleurschaal de hoogste waarde het donkerst is gekleurd.

Stof	Datum	Product	Dosering middel (l/ha)	Aangetroffen	Gemiddelde concentratie (µg/l)				
					Berekening 2 9-aug.	Berekening 3 25-aug.	Vierde regenval 8-sep.	Zesde regenval 18-sep.	Elfde regenval 6-nov.
<b>Herbiciden</b>									
glyfosaat	30-05-2022	Glyphogan Allround	2,5	niet getest					
clomazone	02-06-2022	Centium 360 CS	0,25	ja	0,15	0,10	0,07	0,05	0,02
pendimethalin	02-06-2022	Stomp 400 SC	2	ja	0,04	0,04	0,02	0,05	0,02
clethodim	02-07-2022	Balistik	2	nee					
<b>Fungiciden</b>									
pyraclostrobin	28-07-2022	Signum	0,75						
	14-09-2022	Signum	0,75	ja	1,85	0,94	0,30	8,82	0,12
boscalid	28-07-2022	Signum							
	14-09-2022	Signum		ja	21,96	30,74	9,52	135,67	1,82
azoxystrobin	12-08-2022	Amistar Top	1						
	27-08-2022	Amistar Top	1	ja	0,09	101,75	52,27	5,20	0,39
difenoconazole	12-08-2022	Amistar Top							
	27-08-2022	Amistar Top		ja		26,75	18,15	1,24	0,38
	11-10-2022	Score 250 EC	0,5						
kalium waterstofcarbonaat	27-08-2022	Kumar	2	niet getest					

In tabel 5.3 is te zien dat alle herbiciden rond de maand juni zijn toegepast. De eerste monsternamen vond ruim een maand later plaats. Clethodim is in geen van de metingen aangetroffen. Clomazone en pendimethalin zijn wel aangetroffen. Bij clomazone is de concentratie bij elke volgende meting lager. Bij pendimethalin is het patroon grilliger. Mogelijk ligt een verschil in stoffeigenschappen (afbraaksnelheid, wateroplosbaarheid) daaraan ten grondslag. Van pendimethalin is bekend dat de stof sterk bindt aan de bodem en slecht oplost in water<sup>16</sup>. Afspoeling treedt daarom waarschijnlijk op in de vorm van mee-spoelende bodemdeeltjes in plaats van oplossen in water. Mogelijk verklaart dat het afwijkende patroon. Er zijn op dit perceel geen insecticiden toegepast.

De fungiciden zijn later in het seizoen toegepast. Alle toegepaste stoffen zijn ook aangetroffen in het afspoelingswater, uitgezonderd kalium waterstofcarbonaat wat niet gemeten is. Deze stof is toegelaten als laag-risico stof en is de werkzame stof van het biologische fungicide Kumar. Bij de vier aangetroffen fungiciden is telkens het moment van toepassing duidelijk terug te zien in de gemiddelde concentratie. Pyraclostrobin is in juli toegepast en laat een afnemende concentratie zien tot de nieuwe toepassing halverwege september. De regenval vier dagen na de toepassing zorgt voor een relatief hoge concentratie. Ook boscalid is na toepassing in september in een flink hogere concentratie gemeten bij de zesde regenval ten opzichte van eerdere metingen. Opvallend is dat de concentratie boscalid bij de zesde

<sup>16</sup> Zie de Pesticides Properties DataBase (PPDB) van de universiteit van Hertfordshire: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/511.htm>



regenval zo'n 15 keer hoger is dan de concentratie pyraclostrobin, terwijl beide werkzame stoffen onderdeel zijn van het middel Signum. Het gehalte boscalid in Signum is slechts vier keer groter dan dat van pyraclostrobin (0,267 versus 0,067). Beide stoffen lossen slecht op in water, maar boscalid iets beter dan pyraclostrobin. De laatste bindt ook iets beter aan de bodem en is minder persistent. Boscalid is erg persistent<sup>17</sup>. Mogelijk verklaren deze stoffeigenschappen de grotere hoeveelheid afspoeling van boscalid en het langer na toepassing aanwezig zijn in afspoelingswater dan pyraclostrobin. Azoxystrobine en difenoconazool waren bij de eerste meting nog niet toegepast. Toch is een lage concentratie azoxystrobine gevonden. 13 dagen na de toepassing van beide fungiciden is de concentratie in het afspoelingswater hoog ten opzichte van de eerste meting. De volgende meting vond plaats op 8 september, 12 dagen na de tweede toepassing van beide fungiciden. In dit geval waren de concentraties iets lager. Mogelijk was de interceptie door het gewas inmiddels beter of is bij de regenbui meer van het middel geïnfiltreerd dan bij de berekening.

Tabel 5.4: Het bemestingsschema van de toegepaste meststoffen op locatie Espel, met rechts het percentage stikstof-totaal en het percentage nitraat in de meststof.

Meststof	Datum	Hoeveelheid	N-tot %	nitraat %
Hu-man 15	06-07-2022	1 l/ha	0	0
Top Trace Borium	06-07-2022	1 l/ha	0	0
Top Trace Magnesiumnitraat	06-07-2022	1 l/ha	7	7
NK 16+30	14-07-2022	100 kg/ha	16	8
Nutramon (KAS 27%+4%MgO)	14-07-2022	150 kg/ha	27	13,5
EPSO Microtop	28-07-2022	5 kg/ha	0	0
Kalkammonsalpeter (KAS 27%)	03-08-2022	180 kg/ha	27	13,5
VitaloSol Gold	12-08-2022	1 l/ha	0	0
VitaloSol Gold	27-08-2022	1 l/ha	0	0
VitaloSol Gold	14-09-2022	1 l/ha	0	0
VitaloSol Gold	11-10-2022	1 l/ha	0	0

In tabel 5.4 is weergegeven welke meststoffen zijn toegepast op het proefperceel. De meeste zijn bladmeststoffen, alleen NK16+30, Nutramon en Kalkammonsalpeter zijn in korrelvorm toegepast. Tevens is het percentage stikstof-totaal en het percentage nitraat weergegeven. Alle toepassingen vonden plaats voor de eerste monsternamen. In tabel 5.5 hieronder zijn de gemiddelde concentraties van nitraat en fosfaat-totaal weergegeven op alle meetmomenten. Over het algemeen is een afnemende concentratie nitraat zichtbaar. Fosfaat-totaal was op alle meetmomenten onder de detectielimiet.

<sup>17</sup> Zie de Pesticides Properties DataBase (PPDB) van de universiteit van Hertfordshire: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/86.htm> en <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/564.htm>

Tabel 5.5: De gemiddelde concentratie nitraat en fosfaat in de afspoelingsmonsters op vijf tijdstippen

stof	Gemiddelde concentratie (mmol/l)				
	Berekening 2 9-aug.	Berekening 3 25-aug.	Vierde regenval 8-sep.	Zesde regenval 18-sep.	Elfde regenval 6-nov.
NO <sub>3</sub> -	1,06	0,22	0,22	0,26	0,10
P <sub>tot</sub>	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

In het KIWK-onderzoek 'Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout?' zijn twee pilotgebieden gemonitord en gemodelleerd op nutriënten. Eén van de pilotgebieden was de Vuursteentocht in Oostelijk Flevoland. Uit dit onderzoek blijkt dat nitraat vooral in de sloot komt door ondiep grondwater wat door de drains en rechtstreeks in de sloot terecht komt. Bij oppervlakkige afspoeling verwachten de onderzoekers weinig nitraat in het water, omdat er te weinig bodempassage is om nitraat op te nemen<sup>18</sup>.

### Concentratie in afspoelend water versus de kwaliteitsnorm

Om beter te begrijpen wat de gemeten concentraties betekenen in het milieu berekenen we in deze paragraaf theoretische concentratie nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen die door de afspoeling in de sloot komen. Deze vergelijken we met de norm. Daarnaast berekenen we het percentage van de toegepaste hoeveelheid stof wat in de sloot terecht komt via afspoeling. Dit cijfer geeft zicht op de omvang van de emissieroute afspoeling op dit perceel. In tabel 5.6 hieronder is de concentratie van nitraat en van een gewasbeschermingsmiddel omgerekend naar een theoretische concentratie in de sloot. Deze concentratie is vergeleken met de norm. Daarnaast is berekend hoeveel procent van de oorspronkelijk toegepaste hoeveelheid bij de betreffende bui naar het oppervlaktewater is afgespoeld.

<sup>18</sup> Peter Schipper (WUR), Piet Groenendijk (WUR), Luuk van Gerven (Waterschap Aa en Maas), Arnaut van Loon (KWR Water Research), Saskia Lukács (RIVM), Joachim Rozemeijer (Deltares), MONITORING EN MODELLERING IN TWEE PILOTGEBIEDEN VOOR GEBIEDSGERICHTE AANPAK Onderdeel KIWK-project Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout?, KIWK 2022-22

Tabel 5.6: Theoretische concentratie in de sloot vergeleken met de norm en het theoretisch percentage afgespoeld van de toegepaste hoeveelheid. De rood gemarkeerde concentraties zijn groter dan de norm.

Berekening 3 Espel											
stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**		norm		toegepast ***		% afgespoeld
Nitraat NO3-	0,18	mmol/l	155,74	gram	4,04	mg/l	50	mg/l	92,40	kg	0,17%
Azoxystrobine	34,34	µg/l	492,87	mg	12,80	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)	350,00	gram	0,14%
Pendimethalin	0,04	µg/l	0,60	mg	0,02	µg/l	0,02	µg/l (MAC-MKN)	1400,00	gram	0,00%
Clomazone	0,11	µg/l	1,60	mg	0,04	µg/l	0,56	µg/l (MTR)	157,50	gram	0,00%
Pyraclostrobin	0,75	µg/l	10,77	mg	0,28	µg/l	0,02	µg/l (MTR)	87,94	gram	0,01%
Boscalid	20,86	µg/l	299,40	mg	7,78	µg/l	0,55	µg/l (MTR)	350,44	gram	0,09%
Difenoconazool	10,14	µg/l	145,54	mg	3,78	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)	218,75	gram	0,07%

\* gemiddelde concentratie van fles 2

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

\*\*\* nitraat of werkzame stof op de helft van het perceel

De norm voor nitraat in het oppervlaktewater is 50 mg/l. De vracht is berekend met de gemiddelde afspoeling bij de betreffende bui (zie paragraaf waterkwantiteit), waarbij de afspoeling van een proefveld (3 meter breed) is omgerekend naar de volledige perceelsbreedte (115 meter).

Te zien is dat bij berekening 3 de afspoeling theoretisch een concentratie nitraat van 4,04 mg/l in de sloot veroorzaakt. Deze concentratie ligt ruim onder de norm. Een kleine 0,2 % van alle voor deze teelt toegepaste hoeveelheid nitraat is met deze berekening naar de sloot gespoeld.

Ook de afspoeling van pyraclostrobin leidt bij beide afspoeling gebeurtenissen tot een normoverschrijding (theoretisch), evenals boscalid. Het percentage emissie van de toegepaste hoeveelheid is in een aantal gevallen rond de 0,1%. Belangrijk daarbij is dat het gaat om de totale in de teelt toegepaste hoeveelheid voor de betreffende afspoeling. Emissie via deze route kan dus vaker voorkomen in het teeltseizoen.

De theoretische concentratie azoxystrobine in de sloot veroorzaakt door deze bui overschrijdt wel de maximaal aanvaardbare concentratie norm (MAC). Overigens is in deze berekening geen rekening gehouden met verversing in de sloot. Verversing kan zorgen voor verdunning van de concentratie, maar het is ook mogelijk dat het aangevoerde water al pesticiden bevat. 0,14% van de toegepaste hoeveelheid azoxystrobine is bij deze bui afgespoeld. Het gaat om één toepassing van Amistar Top (1l/ha).

Tabel 5.7: Theoretische concentratie in de sloot vergeleken met de norm en het theoretisch percentage afgespoeld van de toegepaste hoeveelheid.

Zesde regenval Espel											
stof	gemiddelde concentratie monster*		vracht		theoretische concentratie in sloot**		norm		toegepast ***		% afgespoeld
Nitraat NO <sub>3</sub> -	0,28	mmol/l	46,97	gram	1,65	mg/l	50	mg/l	92,40	kg	0,05%
Azoxystrobine	5,60	µg/l	24,24	mg	0,85	µg/l	4,1	µg/l (MAC-MKN)	700,00	gram	0,00%
Pendimethalin	0,04	µg/l	0,19	mg	0,01	µg/l	0,02	µg/l (MAC-MKN)	1400,00	gram	0,00%
Clomazone	0,05	µg/l	0,21	mg	0,01	µg/l	0,56	µg/l (MTR)	157,50	gram	0,00%
Pyraclostrobin	9,73	µg/l	42,09	mg	1,48	µg/l	0,02	µg/l (MTR)	175,88	gram	0,02%
Boscalid	138,45	µg/l	599,28	mg	21,04	µg/l	0,55	µg/l (MTR)	700,88	gram	0,09%
Difenoconazool	1,21	µg/l	5,25	mg	0,18	µg/l	7,8	µg/l (MAC-MKN)	437,50	gram	0,00%

\* gemiddelde concentratie van fles 2

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

\*\*\* nitraat of werkzame stof op de helft van het perceel

Bij de zesde regenval blijft zowel de concentratie nitraat als de concentratie azoxystrobine beneden de norm (tabel 5.7). Bij de zesde regenval is 1,6% van de op de helft van het perceel gevallen neerslag afgespoeld (zie paragraaf waterkwantiteit), dat is ruim de helft lager dan bij berekening 3 (3,6%). Omdat het perceel bol ligt stroomt naar beide zeiden van het perceel ongeveer de helft van het water. Ook is de tijd tussen toepassing en de zesde regenval (18 september) groter dan bij de derde regenval (26 augustus). Wel is Amistar Top een tweede keer toegepast in de tussenliggende periode. De totaal in de teelt toegepaste hoeveelheid is daarom 700 gram.

## 5.5 Discussie en conclusies

### 5.5.1 Discussie

#### Grote verschillen in hoeveelheid afspoelend water per proefstrook

Opvallend was dat er grote verschillen zaten in de hoeveelheid water die afspoelde per strook. Hoogstwaarschijnlijk is dit te verklaren door de hoogteverschillen binnen het perceel. Dit verschil in afspoeling heeft ervoor gezorgd dat we minder monsters hebben kunnen verzamelen dan verwacht; de verwachting was dat we na elke bui waarbij 75 liter afspoelde, van alle zes de controle stroken een reeks van drie flessen konden laten analyseren. Dit is nooit voorgekomen.

#### Plaatsing bodemvochtsensoren

Om ervoor te zorgen dat de ondernemer geen last ondervond van de proef, zijn de bodemvochtsensoren in de rug geplaatst. Door de plaatsing in de rug kunnen we geen conclusies trekken over de hoeveelheid vocht in de bodem tussen de ruggen. In een eventueel vervolgonderzoek moet ook tussen de ruggen gemeten worden.

## Oppervlakkige afspoeling geen belangrijke emissieroute voor nitraat

De in ons onderzoek gemeten concentraties nitraat zijn relatief laag. Uit onderzoek in de Vuursteentocht (Schipper et al, 2022) blijkt dat ondiep grondwater dat via drains en uitspoeling in de kavelsloot terecht komt een belangrijke emissieroute van nitraat is.

### 5.5.2 Conclusies

- De hoeveelheid neerslag correspondeert in grote lijnen met de hoeveelheid afspoeling. Wanneer de afspoeling groter of kleiner is dan verwacht op basis van de neerslaghoeveelheid kan dat in veel gevallen verklaard worden door de intensiteit van de bui (het aantal millimeters per 15 minuten).
- Als er afspoeling plaats vindt op lichte zavel, dan gebeurt dat snel na de start van de bui of beregening (binnen een half uur).
- Het verschil in afspoeling op lichte zavel en zware zavel is groot. Bij een bui van 23,1 mm spoelde er van ons proefperceel (3\*150 meter) op lichte zavel 375 liter water af. Op zware zavel (proefperceel 3\*140m) was dat bij een bui van 23,1 mm nog geen liter. Gemiddeld spoelde er op lichte zavel 0 - 4,3% van de regenbui of beregening af, op zware zavel was dat 0 – 0,1%<sup>19</sup>.
- Daarnaast is er verschil in afspoeling binnen een perceel. Op lichte zavel kon dat verschil tussen de controle-objecten oplopen tot bijna 400 liter. Op zware zavel was het verschil tussen controle-objecten veel lager; maximaal 10 liter.
- De concentraties meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen in het afspoelende water worden met name beïnvloed door het moment van toepassen van deze stoffen.
- Bij beregening hebben we een *first flush* vastgesteld. Zowel voor nitraat als voor de somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen bevatte het afspoelende water na de eerste 25 liter afspoeling significant lagere concentraties. Bij een regendag (meerdere kleinere buien verspreid over de dag) zagen we geen verschil. Bij de beregening die wij analyseerden nam de concentratie nitraat na 25 liter afspoeling ruim 30% af en de concentratie gewasbeschermingsmiddelen zelfs ruim 80%.

---

<sup>19</sup>De lichte zavel in (een deel van) de Noordoostpolder heeft een hoog gehalte silt. Hierdoor is de infiltratiecapaciteit van de bodem beperkt, wat op deze gronden zorgt voor meer afspoeling. De resultaten van dit onderzoek zijn daardoor niet rechtstreeks te vertalen naar andere lichte zavelgronden.

- De concentratie nitraat die afspoelde was laag. De concentraties gewasbeschermingsmiddelen die afspoelden kunnen in sommige gevallen leiden tot een normoverschrijding in de kavelsloot.
- Het bodemvochtpercentage in de rug lijkt alleen toe te nemen tijdens beregeningen op lichte zavel en tijdens stevige buien op zware zavel. Als er minder water valt, is er geen effect te zien.



## 6. HET EFFECT VAN EEN INFILTRATIEGREPPEL

**In dit hoofdstuk is de relevantie, proefopzet, monitoring, resultaten, discussie en conclusie van onderzoeksonderdeel 3 toegelicht. Er wordt antwoord gegeven op de vraag: “Wat is het effect van een infiltratiegreppel op oppervlakkige afspoeling?”**

### 6.1 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 het proefplotje werd opgevangen en infiltreerde geheel in de greppel.

In Espel 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 de geponste afvoergreppel (gevuld met compost) leek in Espel de hoeveelheid afspoelend water te verminderen.

Voor de praktijk werkt een sleuf alleen als deze niet in de weg ligt en waterafvoer bij grotere buien mogelijk blijft. Hierdoor kwamen we op het idee om de bestaande afvoergreppel dieper te maken (60 cm) en deze deels te vullen met bomenzand<sup>20</sup>. 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.

---

<sup>20</sup> Zand met een organisch stofgehalte van 3,5 - 5% en een lutumgehalte van 1 - 3%

Om het effect van deze maatregel op praktijkschaal in beeld te brengen, is het belangrijk deze op een breder deel van het perceel uit te voeren. En daarbij een standaard afvoergreppel te vergelijken met een infiltratiegreppel.

Met de uitkomsten van dit deel van het onderzoek onderzoeken we of en in welke mate een infiltratiegreppel de afspoeling naar de sloot vermindert. En of alleen deze maatregel voldoende is om het afspoelende water op te vangen, of dat ook maatregelen op het perceel nodig zijn.

## 6.2 Proefopzet

Deze proef is aangelegd op een aardappelperceel op lichte zavel in Creil en op een peenperceel op zware zavel in Swifterbant. Door een miscommunicatie is de proef in Swifterbant anders aangelegd dan die in Creil. Vandaar dat deze proefopzetten hieronder apart beschreven worden.

### **Swifterbant: het effect van een verdiepte lege infiltratiegreppel en een verdiepte en met bomenzand gevulde infiltratiegreppel**

In Swifterbant is het effect op oppervlakkige afspoeling van een verdiepte infiltratiegreppel (leeg) en een verdiepte en met bomenzand gevulde infiltratiegreppel in een peenperceel onderzocht. De lengte van het proefperceel was 150 meter en de proef is op een breedte van 30 meter aangelegd. Over de breedte van 30 meter is de afspoeling vergeleken met 2 verschillende infiltratiegreppels. Op elke greppel kon water afspoelen vanaf een oppervlak van 2.250 m<sup>2</sup>.

Half juli is op dit perceel een infiltratiegreppel getrokken met de sleuvenfrees (foto 6.1) waarbij voor de helft van de greppel (15 meter) er bomenzand in terug is geplaatst. Op beide delen is vervolgens een afvoerbuï ingegraven waaraan een debietmeter is gehangen in het talud van het kanaal wat achter het perceel loopt. Dus, anders als bij de andere locaties is er op deze locatie niet gekozen om ook nog een ondiepe greppel erop aan te brengen.

De infiltratiegreppel is op de kopse kant van het perceel gemaakt en de afvoerbuïzen zijn verhoogd t.o.v. de sleufbodem ingegraven. De sleufdiepte ten opzichte van het maaiveld was circa 50-60 cm, de breedte is 10 cm. Vanwege de droogte viel het aanleggen daarvan niet helemaal mee. De tractor met sleuvenfrees had het lastig met aanleggen. Sommige delen zijn dubbel gefreesd om de infiltratiegreppel voldoende diepte te geven.





Foto 6.1: Aanleg van de infiltratiesleuf in Swifterbant. Op de helft van het perceel is de infiltratiegreppel leeg gebleven, op de andere helft van het perceel is de infiltratiegreppel gevuld met bomenzand.

### **Creil; Het effect van een verdiepte en met bomenzand gevulde greppel**

In Creil is het effect op oppervlakkige afspoeling van een verdiepte en met bomenzand gevulde infiltratiegreppel in een aardappelperceel onderzocht (foto 6.2). Deze afspoeling is vergeleken met de oppervlakkige afspoeling vanaf een perceel waar enkel een standaard afvoergreppel lag.

Het perceel waarop deze maatregel is getest was  $\pm 102$  meter breed en 150 m lang. Aan de kopse kant van dit perceel lag (haaks op de ruggen) een afvoergreppel. Deze greppel is voor de helft (dus ongeveer 51 m lengte) verdiept met een sleuvenfrees, voor de andere helft van het perceel lag dus enkel de afvoergreppel (conform de praktijk, 15 cm diep). Op elke greppel kon het water van een oppervlak van  $7.650\text{m}^2$  afwateren (150 x 51m). De verschillende greppels zijn van elkaar gescheiden door middel van een dijke van grond.

De sleuvenfrees had een sleuf gemaakt van 35 cm diep (ten opzichte van de onderkant van de greppel, dus  $\pm 60$  cm ten opzichte van het maaiveld) en 10 cm breed. De bewerking moest 5 keer herhaald worden om de sleuf de gewenste breedte te laten krijgen. De sleuf is vervolgens handmatig gevuld met bomenzand. Vanaf het laagste punt in beide percelen is een buis onder het pad door getrokken naar de sloot, daaraan zijn twee debietmeters geïnstalleerd.



Foto 6.2: Aanleg van de infiltratiegreppel in Espel. Eerst werd de aanwezig afvoergreppel verdiept m.b.v. een sleuvenfrees (links), de sleuf werd gevuld met bomenzand (midden) en werd vervolgens weer in V-vorm afgewerkt (rechts).

### 6.3 Monitoring

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

#### **Waterkwantiteit**

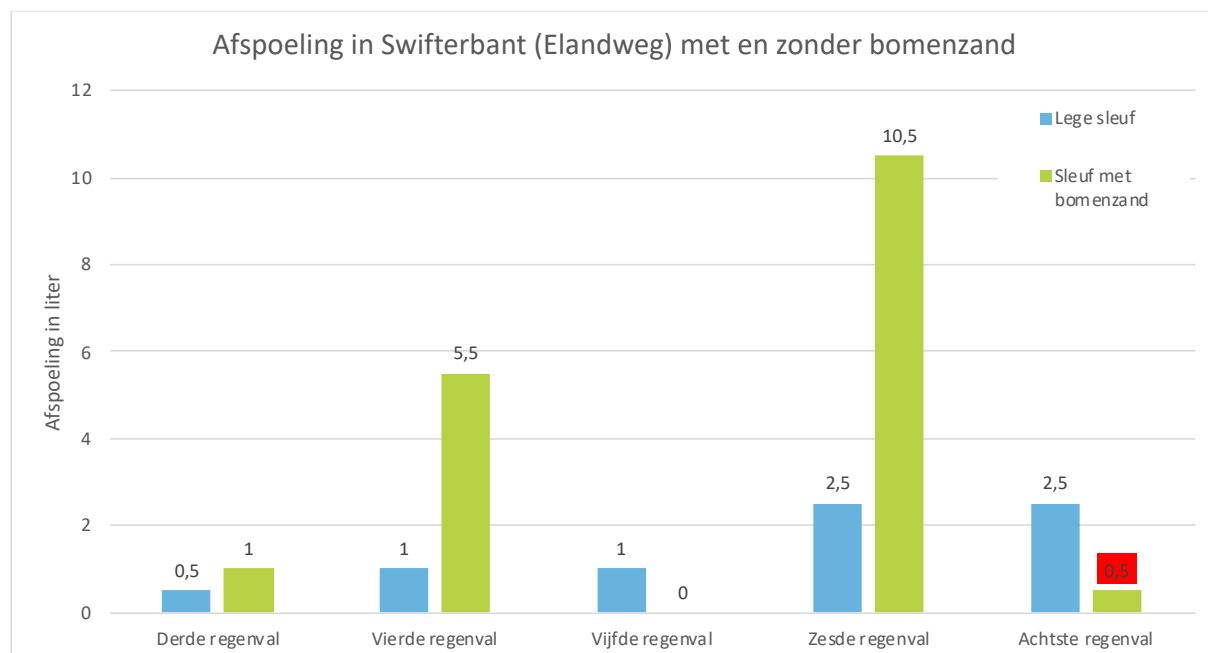
Zoals in paragraaf 5.2 beschreven is, wordt op twee plekken de oppervlakkige afspoeling gemeten. De afgespoelde waterkwantiteit is met behulp van debietmeters (gekoppeld aan dataloggers) geregistreerd, zie voor een uitgebreide uitleg van deze methode paragraaf 3.3. Gedurende het seizoen werd de werking van de debietmeters en dataloggers regelmatig gecontroleerd.

#### **Praktijkervaring**

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

## 6.4 Resultaten

Hieronder bespreken we aan de hand van twee figuren de resultaten van de toepassing van infiltratiegreppels op praktijkschaal.



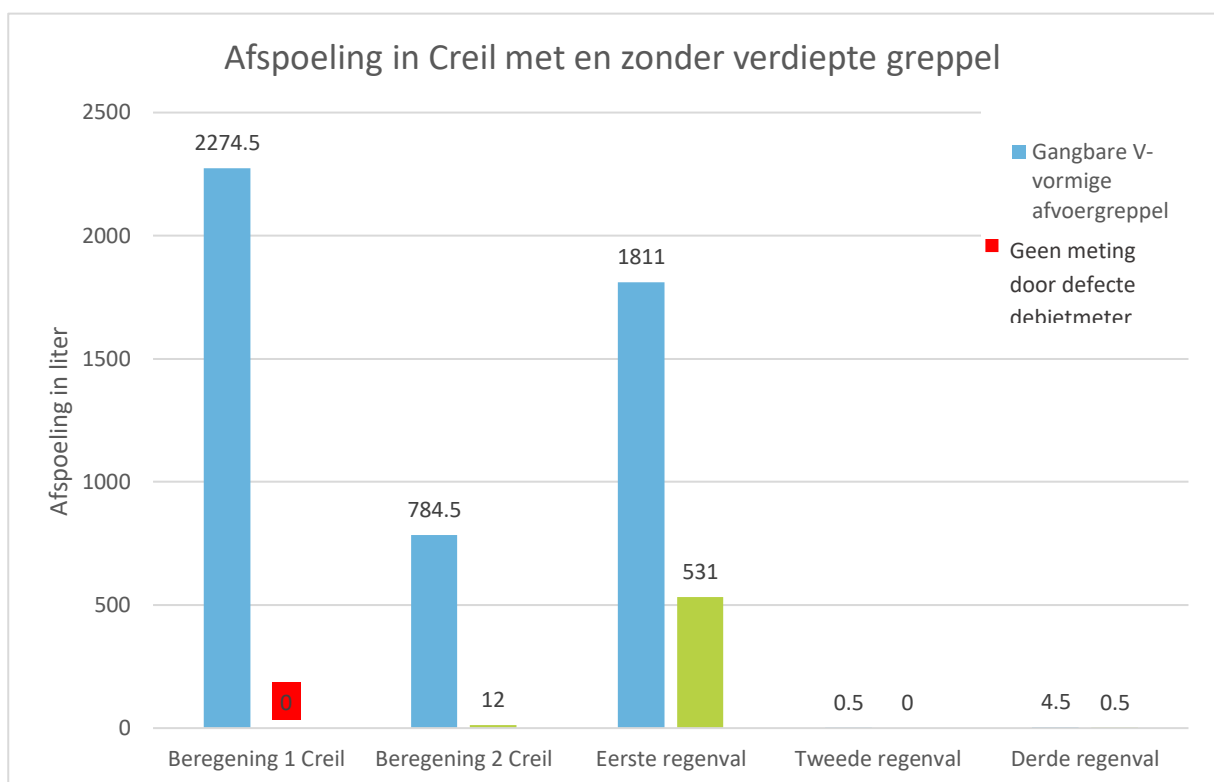
Figuur 6.1: De geregistreeerde afspoeling vanaf de helft van het perceel met een sleuf opstelling zonder vulling en een variant waarbij de sleuf met bomenzand is gevuld. Bij de achtste regenval was de rood gemarkeerde debietmeter defect.

In Swifterbant is een open sleuf-in-greppel opstelling op de helft van het perceel vergeleken met een sleuf-in-greppel opstelling waarbij de sleuf is gevuld met bomenzand. Op deze locatie is ten hoogste 10,5 liter afgespoeld (figuur 6.1). In drie van de vier gevallen spoelde er bij de open sleuf minder water af. In een geval (vijfde regenval) spoelde er juist meer af. Bij de achtste regenval was de debietmeter bij de sleuf met bomenzand beschadigd door een maaibalk.

De open sleuf blijkt op dit perceel een effectieve methode te zijn geweest om afspoeling te beperken. Op zware zavel blijft een lege sleuf intact en vangt een deel van het afspoelende water op, dat vervolgens infiltreert in de sleuf. De vulling is op deze grond niet nodig en zorgt er juist voor dat er minder afspoelend water in de greppel kan infiltreren. De hoeveelheid afspoeling is op dit perceel in vergelijking met het andere proefperceel op lichte zavel laag.

In de praktijk bleek de infiltratiesleuf voor sommige machines onhandig te zijn bij het in- en uitrijden van het perceel. Dit geldt niet voor machines met grotere wielen zoals tractor en spuitmachine, maar vooral voor de ziekzoekkar.

De ondernemer moest steeds planken over de greppel leggen om met de ziekzoekkar in het perceel te komen. In dit gebied worden gebruikelijk geen greppels aangelegd. In gebieden waar dat wel gebruikelijk is, wordt de greppel dichtgeschoven voordat rooiwerkzaamheden aanvangen. Daarnaast vinden sommige telers het risicovol om grond van elders op het perceel te brengen, i.v.m. het mogelijk overbrengen van bodemziektes en verontreiniging. Zeker bij de teelt van pootaardappelen kan de potentiële schade erg groot zijn. Bomenzand wordt geleverd met een RAG- en een BSB-certificaat. Of dit de zorgen volledig wegneemt is niet duidelijk. Een andere optie is om gecertificeerde compost te gebruiken om een sleuf te vullen.



Figuur 6.2: De geregistreerde afspoeling vanaf de helft van het perceel met een sleuf-in-greppel opstelling met bomenzandvulling vergeleken met een standaard afvoergreppel. Let op: bij berekening 1 was de debietmeter bij 'Met sleuf en bomenzand' defect.

In Creil (lichte zavel) is een sleuf-in-greppel opstelling met bomenzand in de sleuf vergeleken met een standaard afvoergreppel. Op de grondsoort in dit gebied blijft een open sleuf niet in stand. Bij de eerste berekening was de debietmeter bij de sleuf met bomenzand defect. Bij de vier geslaagde metingen heeft de sleuf met bomenzand in alle gevallen afspoeling voorkomen (figuur 6.2). Bij berekening twee bleek de opstelling bijna voldoende om het afspoelende water op te vangen en te infiltreren.

Bij de eerste regenval is zo'n zeventig procent minder water afgespoeld. Verder valt op dat de hoeveelheden afspoeling op dit perceel aanzienlijk groter zijn dan in Swifterbant. Waar in Swifterbant maximaal zo'n tien liter afspoelde is hier twee keer zo'n 2.000 liter water afgespoeld. Het oppervlak waarvan het water kon afspoelen was in Creil wel 3,4x zo groot (7.650m<sup>2</sup> t.o.v. 2.250m<sup>2</sup> in Swifterbant), maar dan nog is de hoeveelheid afspoeling op lichte zavel in Flevoland veel groter dan op zware zavel.

In de praktijk bleek de greppel-in-sleuf opstelling geen obstakel te vormen in de teelt. Wel is de aanleg arbeidsintensief en valt de arbeid in een toch al drukke tijd. Hierbij gaat het met name om het vullen van de sleuf met bomenzand. 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.

## 6.5 Discussie en conclusie

### 6.5.1 Discussie

Tijdens het slootkantbeheer zijn één debietmeter en één sensor geraakt door een maaibak, deze apparatuur is hierdoor beschadigd. De werking van de debietmeter bleek niet beïnvloed te zijn hierdoor, de sensor wel, deze moest worden vervangen. Hierdoor hebben we een kort meetmoment gemist.

Door de infiltratiegreppel op een andere manier te dimensioneren, kan er wellicht nog meer water infiltreren. Dit kan bijvoorbeeld door de uitgang van de greppel iets hoger te leggen. Hierdoor blijft er meer water in de greppel staan en kan infiltreren. Terwijl afvoer van water geborgd blijft.

### 6.5.2 Conclusie

- Op zware zavel spoelt minder water af dan op lichte zavel. Op zware zavel is vanaf de helft van het proefperceel maximaal 10,5 liter afgespoeld. Op lichte zavel was dat 2.274,5 liter. Het oppervlak waarvan water afspoelde was op lichte zavel 3,4 x zo groot. In verhouding is vanaf lichte zavel ruim 60x zoveel water afgespoeld dan vanaf zware zavel.
- Bij het ontwerp van de greppel moet rekening worden gehouden met de grondsoort. Op zware zavel blijft in Flevoland een verdiepte, lege greppel in stand. Op lichte zavel blijft in Flevoland een verdiepte, lege greppel niet in stand.

- Infiltratiegreppels verminderen de hoeveelheid water die afspoelt. Op zware zavel zorgde de lege, verdiepte infiltratiegreppel voor 50 tot 82% minder afspoeling dan een verdiepte met bomenzand gevulde greppel. Op lichte zavel zorgde de verdiepte met bomenzand gevulde greppel voor 71 tot 98% minder afspoeling dan de standaard afvoergreppel.
- Bij sommige regenbuizen werd het afspoelende water volledig opgevangen door de infiltratiegreppel, bij andere buien was er nog sprake van afspoeling naar de sloot. Het blijft daarom van belang om daarnaast maatregelen te nemen om water vast te houden op het perceel.



## 7. VERLOOP VAN HET ONDERZOEK

**Dit hoofdstuk beschrijft zaken die we tijdens het onderzoek in de praktijk tegenkwamen en hoe we hiermee om zijn gegaan. Zaken die aan bod komen zijn; de neerslaghoeveelheid gedurende het groeiseizoen, de voor- en nadelen van meten aan afspoeling na een beregening, de invloed van de grondslag op oppervlakkige afspoeling en hoe dit onze proef heeft beïnvloed, figuurlijke kinken in de kabels met betrekking tot de meetapparatuur, en de invloed van de proefopzet op de resultaten.**

### **Neerslaghoeveelheden**

Vanaf de plaatsing van de meetapparatuur (eind juli) is het de eerste maanden vrij droog geweest. We hebben maar 2 buien geregistreerd in juli en augustus. Dit betekent dat er in die periode ook weinig is gemeten aan afspoeling. Vanaf september waren er meer buien. Door gebruik te maken van apparatuur die continu meet, hebben we elke mogelijke afspoeling geregistreerd. Dit vergroot de betrouwbaarheid van dit onderzoek en de mogelijkheid om statistisch te kunnen onderbouwen welke maatregelen een effect hebben op oppervlakkige afspoeling.

### **Beregenen**

De beperkte neerslag in de maanden juni, juli en augustus zorgde er ook voor dat de ondernemer in Espel (op lichte zavel) het gewas moest beregenen met behulp van een haspel. Hierdoor hebben we drie extra meetmomenten kunnen toevoegen aan onze dataset.

Het nadeel van meten aan afspoeling na een beregening is dat het water veelal niet gelijk verdeeld wordt over het perceel. Dit heeft verschillende redenen:

- Vaak wordt een deel van het perceel dubbel beregend; de haspel wordt op meerdere locaties in het veld geplaatst om alle grond te kunnen bevochtigen, hierdoor worden stukken die meer centraal in het veld liggen vaak twee keer beregend.
- Er valt meer water dichtbij de haspel neer dan aan het einde van zijn bereik.

- De windsnelheid en windrichting zijn van invloed op de verdeling van het water; als het hard waait, vindt er verstuiving plaats.

### **Heterogeniteit**

De hoeveelheid afspoeling vanaf percelen met lichte versus zware zavel verschilt flink. Hierdoor hebben we veel meer gegevens kunnen verzamelen over de effectiviteit van de maatregelen (“inzet woeltand” en “aanbrengen reliëf”) die waren aangelegd op het peenperceel op lichte zavel. Ook hebben we beter zicht gekregen op de dynamiek van afspoeling vanaf het perceel op de lichte zavel versus het perceel op de zware zavel. De afspoeling vanaf het perceel op zware zavel was te gering om het onderzoeksonderdeel ‘dynamiek van afspoeling’ uit te voeren. Alleen de eerste monsterfles werd deels gevuld, waardoor een vergelijking met de andere flessen niet mogelijk was.

Naast heterogeniteit door het verschil in grondsoort, zagen we ook heterogeniteit binnen de percelen. Binnen de zes herhalingen van één maatregel was soms een groot verschil te zien. Bij sommige herhalingen spoelde niets af, bij andere herhalingen was wel sprake van afspoeling. Dit zagen we op beide percelen, zowel op zware als op lichte zavel. Door deze heterogeniteit zijn -in dit onderzoek- verschillen tussen maatregelen pas significant verschillend bij meer dan 40 liter afspoeling per object. Als er minder water afspoelt lijken verschillen binnen het perceel meer invloed te hebben dan de aangelegde maatregelen. We verwachten dat met name hoogteverschillen binnen een perceel een rol spelen.

### **Meetapparatuur in ontwikkeling**

In het begin van de proef kwamen we erachter dat de lange draden die vanaf de debietmeter naar de sensoren liepen storingen veroorzaakten. De draden zijn ingekort om dit probleem op te lossen.

Tijdens de praktijkproef ontdekten we dat de sensoren, gekoppeld aan de debietmeters, af en toe afwijkende waarden doorgaven; heel grote of juist kleine waarden. Door intensief contact te hebben met het bedrijf dat deze sensoren ontwikkelt, konden de meeste problemen snel worden verholpen.

Sommige van deze onverwachte hoge waarden bleken soms juist wel te kloppen. In Espel was er bijvoorbeeld een keer een dijkje tussen de behandelingen doorgebroken. Hierdoor liep het afgespoelde water vanaf twee verschillende behandelingen door één buis. Hier werden dus veel hogere afspoelingswaarden geregistreerd dan we verwacht hadden. Dit kon snel worden opgelost door het dijkje tussen de twee behandelingen weer te verstevigen.



Debietmeters zijn zeer geschikt om aan afspoeling te meten. Ze kunnen meerdere uren onder water staan zonder dat er storingen of beschadigingen optreden. Dit is erg handig, aangezien deze meetapparatuur in de slootkant staat en het waterpeil van de sloot in korte tijd kan veranderen (met name als deze wordt gebruikt voor beregening).

Ondanks dat deze debietmeters uren onder water hebben gestaan, werd er geen schade of storing waargenomen.

### **Proefopzet beïnvloedt afspoeling iets**

Op de proefpercelen waar onderzoeksonderdeel 1 en 2 lagen werd er aan afspoeling gemeten per strook van drie meter. De afstand die afspoelend water moet afleggen door de afvoergreppel is daardoor veel korter dan in de praktijk (waar dit in de hele afvoergreppel kan gebeuren). Hierdoor heeft het water minder tijd om te infiltreren, ook zullen er minder deeltjes (waaraan potentieel gewasbeschermingsmiddelen zijn gebonden) bezinken in de kortere greppel. Dit maakt voor de vergelijking van maatregelen niet uit omdat bij elke herhaling de greppel 3 meter breed is. Het kan wel zo zijn dat de afspoeling van een geheel perceel daardoor iets minder is dan uit onze proeven naar voren kwam.



## 8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

**In de hoofdstukken hiervoor hebben we per onderzoeksonderdeel conclusies en discussie beschreven. Hieronder zijn de conclusies -voor het totaaloverzicht- nogmaals herhaald en aangevuld met aanbevelingen.**

### 8.1 Conclusies

#### Algemeen

- De hoeveelheid neerslag correspondeert in grote lijnen met de hoeveelheid afspoeling. Wanneer de afspoeling groter of kleiner is dan verwacht op basis van de neerslaghoeveelheid kan dat in veel gevallen verklaard worden door de intensiteit van de bui (het aantal millimeters per 15 minuten).
- Als er afspoeling plaats vindt op lichte zavel, dan gebeurt dat snel na de start van de bui of beregening (binnen een half uur).
- Het verschil in afspoeling op lichte zavel en zware zavel in Flevoland is groot. Bij een bui van 23,1 mm spoelde er van ons proefperceel (3\*150 meter) op lichte zavel 375 liter water af. Op zware zavel (proefperceel 3\*140m) was dat bij een bui van 23,1 mm nog geen liter. Gemiddeld spoelde er op lichte zavel 0 - 4,3% van de regenbui of beregening af, op zware zavel was dat 0 – 0,1%.
- Daarnaast is er verschil in afspoeling binnen een perceel. Op lichte zavel kon dat verschil tussen de controle-objecten oplopen tot bijna 400 liter. Op zware zavel was het verschil tussen controle-objecten veel lager; maximaal 10 liter.

#### Maatregelen om afspoeling te verminderen

- Op zware zavel (Swifterbant) is geen statistisch verschil aangetoond van de 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.
- Het aanbrengen van reliëf voorafgegaan door de woelpoot zorgde bij regenbuien waarbij meer dan 40 liter per object afspoelde (buien van resp. 19,6, 15,7 en 14,2 mm) voor significant minder afspoeling op lichte

zavel (Espel). Gemiddeld spoelde er 75% minder water af bij de objecten met reliëf in vergelijking met de controle-objecten. Het reliëf is in de praktijk goed aan te brengen, het blijft in stand en ondernemers ondervinden er geen hinder van. Voor toepassing op grote schaal is een mechanisatieslag nodig.

- Bij inzet van alleen de woelpoot 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 slomp op dit proefperceel. Het effect van de woelpoot op dit type grond is in belangrijke mate afhankelijk van een actief bodemleven.
- Bij buien waarbij minder dan 40 liter water per object afspoelde (buien van resp. 4,1, 6,3, 15,5, 7,1, 12,9 en 5,0 mm) was geen significant effect van maatregelen te zien op zowel lichte als zware zavel. Dit komt waarschijnlijk doordat de variatie binnen het perceel (o.a. hoogteligging, slechtere plekken, enz.) bij minder afspoeling meer verschil maakt dan de maatregelen.
- Beregening heeft alleen plaatsgevonden op het proefperceel op lichte zavel (Espel). Bij de 2 beregeningen is geen statistisch verschil van de maatregelen waargenomen. Dit komt waarschijnlijk omdat de grote hoeveelheid water in korte tijd de maatregelen 'overspoelt'. Het lijkt er daarom op dat bij extreme neerslag de effectiviteit van de maatregel afneemt.
- De maatregelen woeltand, wafeltjespatroon en verruiging van de rug hadden geen effect op de gewasstand, opbrengst en kwaliteit van het aardappelgewas. De haver tussenzaai concurreerde om stikstof met het aardappelgewas, waardoor de totale aardappelopbrengst bij deze maatregel lager was. Met een extra stikstofgift van 30kg N/ha kan dit voorkomen worden.
- De maatregelen woeltand, wafeltjespatroon en verruiging van de rug hadden geen effect op de gewasstand, opbrengst en kwaliteit van het aardappel- en peengewas. De haver tussenzaai concurreerde om stikstof met het aardappelgewas, waardoor de totale aardappelopbrengst bij deze maatregel lager was. Met een extra stikstofgift van 30kg N/ha kan dit voorkomen worden.
- Bij het ontwerp van de greppel moet rekening worden gehouden met de grondsoort. Op zware zavel in Flevoland blijft een verdiepte, lege greppel in stand. Op lichte zavel in Flevoland blijft een verdiepte, lege greppel niet in stand.
- Infiltratiegreppels verminderen de hoeveelheid water die afspoelt. Op zware zavel zorgde de lege, verdiepte infiltratiegreppel voor 50 tot 82% minder afspoeling dan een verdiepte met bomenzand gevulde greppel.

Op lichte zavel zorgde de verdiepte met bomenzand gevulde greppel voor 71 tot 98% minder afspoeling dan 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. Het blijft daarom van belang om daarnaast maatregelen te nemen om water vast te houden op het perceel.

### **First flush**

- De concentraties meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen in het afspoelende water worden met name beïnvloed door het moment van toepassen van deze stoffen.
- Bij berekening hebben we een first flush vastgesteld. Zowel voor nitraat als voor de somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen bevatte het afspoelende water na de eerste 25 liter afspoeling significant lagere concentraties. Bij een regendag (meerdere kleinere buien verspreid over de dag) zagen we geen verschil. Bij de berekening die wij analyseerden nam de concentratie nitraat na 25 liter afspoeling ruim 30% af en de concentratie gewasbeschermingsmiddelen zelfs ruim 80%.
- De concentratie nitraat die afspoelde was laag. De concentraties gewasbeschermingsmiddelen die afspoelden kunnen in sommige gevallen leiden tot een normoverschrijding in de kavelsloot.
- Het bodemvochtpercentage in de rug lijkt alleen toe te nemen tijdens beregeningen op lichte zavel en tijdens stevige buien op zware zavel. Als er minder water valt, is er geen effect te zien.

## **8.2 Aanbevelingen**

- Een significant verschil tussen maatregelen bleek in dit onderzoek alleen aantoonbaar als er meer dan 40 liter per object afspoelt (buien van resp. 19,6, 15,7 en 14,2 mm). Bij lagere hoeveelheden afspoeling is het verschil binnen het perceel waarschijnlijk hoger dan het verschil tussen maatregelen. Op zware zavel treedt -bij normale buien- te weinig afspoeling op om verschil tussen maatregelen aan te tonen. Daarom bevelen we aan om in 2023 het onderdeel 'Proeven op praktijkschaal voor statistische onderbouwing' alleen op lichte zavel uit te voeren.
- Het feit dat er op zware zavel nauwelijks afspoeling is gemeten is een belangrijk gegeven. We bevelen daarom aan in 2023 nogmaals op zware zavel te meten. Niet om maatregelen in 6-voud met elkaar te vergelijken, maar op het niveau van het hele perceel. Waarbij op de helft

van het perceel via een afvoergreppel afspoeling wordt gemeten en op de helft van het perceel een maatregel wordt aangelegd. Op die manier kunnen we onderzoeken of op deze grondsoort de afspoeling beperkt is en welke maatregelen afspoeling tot een minimum reduceren. Ook als een perceel vlak of iets bol ligt.

- Met dit onderzoek hebben we de *first flush* in beeld gebracht. Deze is echter alleen gemeten in de controle-objecten. We weten dat specifieke maatregelen op het perceel zorgen voor minder afspoeling. Wat nog niet bekend is, is de concentratie gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten in het eerste water dat wel afspoelt. De concentratie kan lager zijn omdat gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten langer de tijd krijgen om te infiltreren en binden aan bodemdeeltjes. De concentratie kan ook hoger zijn omdat gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten langer de tijd krijgen om in het water op te lossen. We bevelen aan om in 2023 ook bij perceelsmaatregelen te meten aan concentraties stoffen in dit water. En ook daar te onderzoeken of er sprake is van een *first flush*.
- De inrichting van een infiltratiegreppel kan effect hebben op de hoeveelheid water die in deze greppel kan worden opgevangen. Een verhoogde afvoerpijp kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat water langer in de infiltratiegreppel blijft staan, zodat er meer water kan infiltreren. We bevelen aan om in 2023 verschillende typen infiltratiegreppels te onderzoeken. Door ook de concentraties gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten te onderzoeken, kan daarnaast bepaald worden of de vulling (compost, bomenzand of anders) zuiverend vermogen heeft.
- In 2021 en 2022 hebben we afspoeling gemeten op percelen met een ruggenteelt, zoals peen en aardappel. De afspoeling kan in andere gewassen verschillend zijn. Enerzijds door een andere teeltwijze (volvelds of op bedden), anderzijds door het middelen- en nutriëntengebruik in dat gewas. We bevelen aan om in 2023 ook te meten in andere gewassen, bijvoorbeeld in ui of tulpen. In eerste instantie op een laagdrempelige manier, waarbij alleen de afspoeling wordt gemeten. Of de afspoeling van de helft van het perceel wordt vergeleken met een maatregel op de andere helft van het perceel.
- Het effect van maatregelen in een perceel kan invloed hebben op de gewasgroei. Dit is afhankelijk van de wijze van aanleg en de weersomstandigheden. In droge jaren zal de reactie anders zijn dan in natte jaren. Het open leggen van de rug d.m.v. de Row-Fix zal in een droog jaar drogere grond geven in de rug wat nadelig kan zijn. Ook een woelpoot kan in een droog jaar wellicht ongunstig zijn. De inzaai van haver geeft concurrentie om nutriënten, met name stikstof. Het is nog niet duidelijk met hoeveel extra bemesting dit gecompenseerd moet

worden. In droge jaren zal er ook concurrentie om water plaatsvinden wat dan nadelig kan zijn voor het gewas. Het is dus nodig om effecten op het gewas van diverse maatregelen nogmaals te onderzoeken.

- Door dit onderzoek hebben we inzicht in de afspoeling van ruggenteelten op zware en lichte zavel 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.

## 9. KENNISDELING



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

### **Nieuwsberichten**

Medio juni hebben Delphy en CLM een nieuwsbericht op hun websites opgenomen over de start van het project. Dit bericht is geplaatst door o.a. [H2O](#) en door [AgriHolland](#).

In december 2022 is een nieuwsbericht geplaatst op de website van het [Actieplan Bodem en Water Flevoland](#).

### **Kennisdeling tijdens poot aardappeldag en peendag**

Op de Poot aardappeldag (30 juni 2022) zijn de resultaten van 2021 en de proefopzet van 2022 toegelicht. O.a. [Akkerwijzer](#) heeft hierover een artikel geschreven.

Ook op de Peendag (5 oktober 2022) is de proef toegelicht.

[Vollegrondsgroente.net](#) plaatste naar aanleiding daarvan een artikel, net als [v/d GROND](#). Op beide dagen was de pers ruimschoots aanwezig en kwamen ongeveer 100 bezoekers.

### **Workshop Kennisdag Bodem en Water Flevoland**

Op 6 februari 2023 vond de Kennisdag Bodem en Water Flevoland plaats. Meer dan 200 Flevolandse boeren en professionals bezochten deze dag. Tijdens een van de workshop rondes hebben we de resultaten van het afspoelingsonderzoek in 2021 en 2022 toegelicht. Journalist Jorg Tönjes schreef er een artikel over in [Akkerwijzer](#). De workshop was, met zo'n 25 deelnemers, goed bezocht.

### **Presentatie tijdens nutriëntenbijeenkomst waterschap Zuiderzeeland**

Op 20 maart 2023 hebben we het onderzoek gepresenteerd tijdens de nutriëntenbijeenkomst georganiseerd door waterschap Zuiderzeeland. De avond was bedoeld voor bodem- en bemestingsadviseurs in Flevoland.

### **Akkerbouwers denken mee over proef en resultaten**

De opzet en resultaten van de proef zijn twee keer besproken met een kernteam. Een team waarin o.a. provincie, waterschap en akkerbouwers vertegenwoordigd zijn. Ook de programmamanager van het ABW sloot aan, alsmede Antea en RTLG (onderdeel van het ministerie van LNV). De eerste bijeenkomst van deze groep was in oktober 2022, toen de proefopzet en de eerste resultaten in het veld zijn toegelicht (foto 9.1). In februari 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.



Foto 9.1: uitleg over de in de proef aangelegde maatregelen tijdens een van de kernteambijeenkomsten.

### **Informereren van andere provincies, waterschappen, CropLifeNL en ministeries**

Op 16 maart 2023 hebben we de resultaten van de proef gepresenteerd aan medewerkers van de provincies Flevoland en Drenthe, de waterschappen Zuiderzeeland, Hunze en Aa's, Noorderzijlvest, Fryslân, Aa en Maas en Brabantse Delta, CropLifeNL en de ministeries van I&W en LNV. Doel van deze



bijeenkomst was om partijen te informeren over de proef en de mogelijkheden te verkennen de proef uit te voeren in andere gewassen en op andere grondsoorten.

### **Presentatie resultaten aan BASF**

Op 16 mei hebben we de resultaten gepresenteerd aan 15 medewerkers van BASF uit Denemarken, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Hongarije en Italië. De groep bestond uit water/bodem experts van BASF die verantwoordelijk zijn voor product stewardship in de Europese landen en daarnaast ook wetenschappers vanuit het hoofdkantoor die ondersteuning aan de landen bieden en zelf ook onderzoek doen.

Zij komen 2x/jaar bijeen om de actualiteiten van gewasbeschermingsmiddelen en waterkwaliteit te bespreken. Deze keer was er een bezoek aan Nederland gepland om kennis te nemen van een aantal projecten en daarvan te leren.

### **Artikel in Boerderij**

In juni 2023 is een artikel verschenen in vakblad Boerderij en in Food & Agribusiness met daarin de belangrijkste resultaten en conclusies van het onderzoek. Daarnaast heeft de journalist een van de akkerbouwers waar de proef was aangelegd geïnterviewd.

<https://www.boerderij.nl/perceelsafspoeling-regenwater-niet-overal-hetzelfde>

### **Factsheets en eindrapportage**

Alle resultaten van de proef zijn samengevat in deze eindrapportage. We verspreiden de rapportage breed binnen ons netwerk en zorgen voor plaatsing ervan op GroenKennisnet, CRKLS, Toolbox Water en andere relevante websites.

Van maatregelen die aantoonbaar werken maken we praktische factsheets. Deze factsheets worden breed verspreid.



## 10. REFERENTIES

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

B. Dupuis, J. Cadbya, G. Goya, M. Tallanta, J. Derrona, R. Schwaerzela and T. Steinger (2017). Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. *Plant Pathology* (2017) 66

Peter Schipper (WUR), Piet Groenendijk (WUR), Luuk van Gerven (Waterschap Aa en Maas), Arnaut van Loon (KWR Water Research), Saskia Lukács (RIVM) en Joachim Rozemeijer (Deltares) (2022). MONITORING EN MODELLERING IN TWEE PILOTGEBIEDEN VOOR GEBIEDSGERICHTE AANPAK Onderdeel KIWK-project Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout?. KIWK rapport 2022-22



# BIJLAGEN

# Bijlage 1: Analyse script en resultaten van de analyse

## Praktijkproeven

```
#-----CLM Project 22037 Afspoelingsproeven Flevoland -----#
#Gebaseerd op het script geschreven door Bo Stout (CLM), bstout@clm.nl voor project 21047 praktijkproef NOP
#Bewerkt door Richard Folkersma (CLM), rfolkersma@clm.nl
#Aangemaakt op 10-01-2023
#Laaste wijziging op 30-01-2023

#Standard presets to clear the workspace
rm(list=ls())
graphics.off()
gc(FALSE)
cat("\014")
Sys.setenv(LANG="en")

##Install required packages
#install.packages("car")
#install.packages("ggpubr")
#install.packages("tidyverse")
#install.packages("rstatix")

#Load packages
library(car)
library(ggpubr)
library(tidyverse)
library(rstatix)

#Set data directory
setwd("/Users/richardfolkersma/CLM Sync/CLM Projecten 2022/22037 Vervolg afspoelingsproeven
Flevoland/Inhoud/Rapportage/Gegevens/Data analyse")
#setwd() hier eigen padroute invullen
#-----
#-----Vracht_Som bestanden-----#
#Bestand inlezen, de regel hieronder geeft soms onverklaarbaar een error
#DataNOP <- read.csv("vracht_som.csv", sep=";", header=TRUE)
#Gebruik dus dit: File --> Import dataset--> From text (readr) en dan importeren met semicolon separators
#Omzetten bestandsnaam
#DataNOP <- vracht_som
#onderstaande werkt hier wel
DataNOP <- read.csv("230125_Praktijkproeven_volume.csv", sep=";", header=TRUE)

#Kommas veranderen in punten en variabelen tot factor maken
DataNOP$Volume <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$Volume, fixed=TRUE), fixed=TRUE))
DataNOP$Maatregel <- as.factor(DataNOP$Maatregel)
DataNOP$Bui <- as.factor(DataNOP$Bui)
DataNOP$Locatie <- as.factor(DataNOP$Locatie)
DataNOP$Herhaling <- as.factor(DataNOP$Herhaling)

#Bestand splitten op locatie, mits dit nodig is
DataEspel <- DataNOP[DataNOP$Locatie == 'Espel',]
DataSB <- DataNOP[DataNOP$Locatie == 'Swifterbant',]

#Afgekeurde waarden verwijderen
DataEspel <- DataEspel[DataEspel$Afgekeurd == '0',]
DataSB <- DataSB[DataSB$Afgekeurd == '0',]

#Zonodig een kolom met getransformeerde data toevoegen (per locatie!)
for (row in 1:nrow(DataEspel))
```

```

{
if (isTRUE(DataEspel[row,6] == 0.0)) (DataEspel[row,6] <- 0.25)
}

DataEspel$logVolume=log10(DataEspel$Volume)

for (row in 1:nrow(DataSB))
{
if (isTRUE(DataSB[row,6] == 0.0)) (DataSB[row,6] <- 0.25)
}

DataSB$logVolume=log10(DataSB$Volume)

#-----
#maken van boxplots
#Debiet Espel
boxplot(Volume ~ Maatregel * Bui, data = DataEspel, center = mean, las=2,
drop=TRUE, xlab="", ylab="Volume (l)", main="Volume per maatregel | Locatie: Espel")
#Debiet Swifterbant
boxplot(Volume ~ Maatregel * Bui, data = DataSB, center = mean, las=2,
drop=TRUE, xlab="", ylab="Volume (l)", main="Volume per maatregel | Locatie: Swifterbant")

# Testprocedure meerdere buien samen

# Espel groeperen buien
# Regen met veel afspoeling (>40L)
DataEspelR4R6R7 <- DataEspel[DataEspel$Bui %in% c('R4','R6','R7'), ]
# Regen met minder afspoeling (<40L)
DataEspelR3R5R8R9R10R11 <- DataEspel[DataEspel$Bui %in% c('R3','R5','R8','R9','R10','R11'), ]
# Berekening
DataEspelB <- DataEspel[DataEspel$Bui %in% c('B2','B3'), ]

# Buien Swifterbant
# Buien met afspoeling R3, R5, R6, R8
DataSB_R3R5R6R8 <- DataSB[DataSB$Bui %in% c('R3','R5','R6','R8'), ]

# two-way ANOVA met Herhaling als block

AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel * Bui, data = DataEspelB)
summary(AOV)

AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel + Bui, data = DataSB_R3R5R6R8)
summary(AOV)

#LET OP: als er geen interactie is tussen maatregel en bui mag * worden vervangen door +

#assumption of equal variance
boxplot(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataEspelB, center = mean, las=2, drop=TRUE, xlab="", ylab="Debiet (l)",
main="Debiet per maatregel | Locatie: Espel")
leveneTest(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataEspelB, center = mean)

boxplot(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataSB_R3R5R6R8, center = mean, las=2, drop=TRUE, xlab="", ylab="Debiet
(l)", main="Debiet per maatregel | Locatie: Swifterbant")
leveneTest(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataSB_R3R5R6R8, center = mean)

#assumption of normality of residuals overall and per group

```

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

```
ggqqplot(DataEspelB, "Volume", facet.by = "Maatregel")
```

```
ggqqplot(DataSB_R3R5R6R8, "logVolume", facet.by = "Maatregel")
```

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

```
df <- DataSB_R3R5R6R8
pairwise.t.test(df$logVolume, df$Maatregel, p.adj='none')
```

#Wanneer niet aan de voorwaarden voldaan wordt is er geen Kruskal Wallis test beschikbaar bij twee factoren. De data moet in plaats daarvan getransformeerd worden.

## Uitkomsten praktijkproeven

Swifterbant:

Interactie maatregel:bui:           nee

Levine's test:                       significant (stop)

```
> AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel * Bui, data = DataSB_R3R5R6R8)
> summary(AOV)
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Herhaling   5  1.494  0.2987  1.704  0.142
Maatregel   4 10.224  2.5561 14.579 3.08e-09 ***
Bui         3  6.089  2.0295 11.576 1.70e-06 ***
Maatregel:Bui 12  1.388  0.1156  0.660  0.785
Residuals  91 15.955  0.1753
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> leveneTest(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataSB_R3R5R6R8, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
          Df F value    Pr(>F)
group 19  4.3981 5.947e-07 ***
      96
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> shapiro.test(AOV$residuals)
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: AOV$residuals
W = 0.98052, p-value = 0.08999
```

```
> AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel + Bui, data = DataSB_R3R5R6R8)
> summary(AOV)
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Herhaling   5  1.494  0.2987  1.774  0.125
Maatregel   4 10.224  2.5561 15.181 8.66e-10 ***
Bui         3  6.089  2.0295 12.054 7.94e-07 ***
Residuals 103 17.342  0.1684
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Espel buien met >40 liter afspoeling (gemiddelde van de controle):

Interactie maatregel:bui:       nee  
Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               niet significant  
ANOVA effect maatregel       significant  
Pairwise T-test:               significant voor controle:reliëf

```
> # two-way ANOVA met Herhaling als block
>
> AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel * Bui, data = DataEspelR4R6R7)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 10.81  2.163  2.673 0.0355 *
Maatregel  2  6.96  3.482  4.304 0.0203 *
Bui        2  0.85  0.424  0.524 0.5960
Maatregel:Bui 4  0.78  0.194  0.240 0.9140
Residuals 40 32.36  0.809
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataEspelR4R6R7, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group 8  1.854 0.09168 .
      45
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #LET OP: als er geen interactie is tussen maatregel en bui mag * worden vervangen door +
> # two-way ANOVA met Herhaling als block
>
> AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel + Bui, data = DataEspelR4R6R7)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 10.81  2.163  2.872 0.025 *
Maatregel  2  6.96  3.482  4.623 0.015 *
Bui        2  0.85  0.424  0.563 0.573
Residuals 44 33.14  0.753
---
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 = 0.97662, p-value = 0.3695

> #if you want to do pairwise comparisons after a succesful and significant ANOVA
> df <- DataEspelR4R6R7
> pairwise.t.test(df$logVolume, df$Maatregel, p.adj='none')

      Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data:  df$logVolume and df$Maatregel
```

controle relief  
relief 0.0073 -  
woelen 0.0954 0.2786

P value adjustment method: none

Espel buien met <40 liter afspoeling (gemiddelde van de controle):

Interactie maatregel:bui:       nee  
Levine's test:                   significant (stop)

```
> AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel * Bui, data = DataEspelR3R5R8R9R10R11)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5  9.138  1.8276  5.899 0.000101 ***
Maatregel  2  2.965  1.4823  4.785 0.010768 *
Bui        5 12.206  2.4412  7.880 4.01e-06 ***
Maatregel:Bui 10  2.383  0.2383  0.769 0.657609
Residuals  84 26.023  0.3098
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> leveneTest(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataEspelR3R5R8R9R10R11, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group 17  5.1827 1.031e-07 ***
      89
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Espel berekening:

Interactie maatregel:bui:       nee  
Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               niet significant  
ANOVA effect maatregel       niet significant (stop)

```
> # two-way ANOVA met Herhaling als block
>
> AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel * Bui, data = DataEspelB)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Herhaling  5 10.48  2.10  2.464  0.0602 .
Maatregel  2  0.74  0.37  0.433  0.6536
Bui        1 38.65 38.65 45.444 4.59e-07 ***
Maatregel:Bui 2  1.00  0.50  0.587  0.5637
Residuals  25 21.26  0.85
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(logVolume ~ Maatregel * Bui, data = DataEspelB, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group  5  0.7012 0.6268
      30
> #LET OP: als er geen interactie is tussen maatregel en bui mag * worden vervangen door +
> # two-way ANOVA met Herhaling als block
>
> AOV <- aov(logVolume ~ Herhaling + Maatregel + Bui, data = DataEspelB)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```



```
Herhaling 5 10.48 2.10 2.542 0.0521.  
Maatregel 2 0.74 0.37 0.446 0.6447  
Bui 1 38.65 38.65 46.880 2.35e-07 ***  
Residuals 27 22.26 0.82  
---
```

```
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 = 0.97449, p-value = 0.56
```

## Dynamiek van afspoeling analyse script

```
#-----CLM Project 22037 Afspoelingsproeven Flevoland -----#  
#Gebaseerd op het script geschreven door Bo Stout (CLM), bstout@clm.nl voor project 21047 praktijkproef NOP  
#Bewerkt door Richard Folkersma (CLM), rfolkersma@clm.nl  
#Aangemaakt op 27-01-2023  
#Script voor dynamiek van afspoeling: First Flush  
  
#Standard presets to clear the workspace  
rm(list=ls())  
graphics.off()  
gc(FALSE)  
cat("\014")  
Sys.setenv(LANG="en")  
  
##Install required packages  
#install.packages("car")  
#install.packages("ggpubr")  
#install.packages("tidyverse")  
#install.packages("rstatix")  
  
#Load packages  
library(car)  
library(ggpubr)  
library(tidyverse)  
library(rstatix)  
  
#Set data directory  
setwd("/Users/Rfolkersma/CLM Sync/CLM Projecten 2022/22037 Vervolg afspoelingsproeven  
Flevoland/Inhoud/Rapportage/Gegevens/Data analyse")  
#setwd() hier eigen padroute invullen  
#-----#  
#-----Vracht_Som bestanden-----#  
#Bestand inlezen, de regel hieronder geeft soms onverklaarbaar een error  
#DataNOP <- read.csv("vracht_som.csv", sep=";", header=TRUE)  
#Gebruik dus dit: File --> Import dataset--> From text (readr) en dan importeren met semicolon separators  
#Omzetten bestandsnaam  
#DataNOP <- vracht_som  
#onderstaande werkt hier wel  
DataNOP <- read.csv("230127_Dynamiek.csv", sep=";", header=TRUE)  
  
#Kommas veranderen in punten en variabelen tot factor maken  
DataNOP$somconcentratie <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$somconcentratie, fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$hoogste <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$hoogste, fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$aantal_stoffen <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$aantal_stoffen, fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$aantal_stoffen_0.5 <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$aantal_stoffen_0.5, fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$concentratie_Azoxystrobine <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$concentratie_Azoxystrobine,  
fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$NH4 <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$NH4, fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$NO3 <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$NO3, fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$NH4.NO3 <- as.numeric(sub(",", ".", sub(".", "", DataNOP$NH4.NO3, fixed=TRUE), fixed=TRUE))  
DataNOP$files <- as.factor(DataNOP$files)  
DataNOP$bui_code <- as.factor(DataNOP$bui_code)  
DataNOP$bui_naam <- as.factor(DataNOP$bui_naam)  
DataNOP$locatie <- as.factor(DataNOP$locatie)
```

```

DataNOP$herhaling <- as.factor(DataNOP$herhaling)

#Sloot monsters verwijderen
DataNOP <- DataNOP[DataNOP$fles %in% c('1','2','3'),]

#Analyse concentratie per bui
#splitsen op tijdstip
DataEspelA <- DataNOP[DataNOP$bui_code == 'A',]
DataEspelB <- DataNOP[DataNOP$bui_code == 'B',]
DataEspelC <- DataNOP[DataNOP$bui_code == 'C',]
DataEspelD <- DataNOP[DataNOP$bui_code == 'D',]
DataEspelE <- DataNOP[DataNOP$bui_code == 'E',]

#Desgewenst data bekijken in boxplot (data = ... aanpassen)
boxplot(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelB, center = mean, las=2,
        drop=TRUE, xlab="", ylab="somconcentratie", main="Zesde regenval somconcentratie in microgram/l")

#Basis procedure
DataEspelB <- DataEspelB[DataEspelB$fles %in% c('1','2','3'),]
DataEspelD <- DataEspelD[DataEspelD$fles %in% c('1','2','3'),]
#One way ANOVA
AOV <- aov(NO3 ~ fles, data = DataEspelD)
summary(AOV)
AOV <- aov(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelD)
summary(AOV)
AOV <- aov(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, data = DataEspelD)
summary(AOV)

#assumption of equal variance
boxplot(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelD, center = mean, drop=TRUE, xlab="", ylab="somconcentratie",
        main="Zesde regenval somconcentratie in microgram/l")
leveneTest(NO3 ~ fles, data = DataEspelD, center = mean)
leveneTest(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelD, center = mean)
leveneTest(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, data = DataEspelD, center = mean)

#assumption of normality of residuals overall and per group
ggqqplot(AOV$residuals)
shapiro.test(AOV$residuals)
ggqqplot(DataEspelD, "NO3", facet.by = "fles")

#if you want to do pairwise comparisons after a succesful and significant ANOVA
df <- DataEspelD
pairwise.t.test(df$NO3, df$fles, p.adj='none')

#Kruskal Wallis
#summary statistics & visualisation
DataEspelB %>%
  group_by(fles) %>%
  get_summary_stats(somconcentratie, type = "common")
ggboxplot(DataEspelB, x = "fles", y = "somconcentratie")

#K-W procedure
res.kruskal <- DataEspelD %>% kruskal_test(somconcentratie ~ fles)
res.kruskal
#magnitude of effect
DataEspelB %>% kruskal_effsize(somconcentratie ~ fles)

#pairwise comparisons using Dunn's test
pwc <- DataEspelB %>%
  dunn_test(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, p.adjust.method = "none")
pwc

```

## Dynamiek van afspoeling uitkomsten

Tabel B1: De gemeten waarden voor gewasbeschermingsmiddelen per bui.

Som concentratie	0-25l						25-50l						50-75l					
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3
Beregening Espel 2					48,8	26,2					31,4	23,8					20,9	
Beregening Espel 3	552,0	210,3	887,9	65,6	168,3		105,9	61,4	69,9	69,2	36,5		22,7	47,9	45,2	55,2	41,0	
Vierde regenval	99,6			80,1			100,9			77,5			81,7			56,9		
Zesde regenval	129,5	112,7	346,3			46,5	135,7	141,5	306,5			57,9	127,5	123,7	325,2			19,6
Elfde regenval			5,5			3,3			6,1			2,4						3,3

Tabel B2: De gemeten waarden voor azoxystrobin per bui.

Azoxystrobin	0-25l						25-50l						50-75l					
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3
Beregening Espel 2					0,1	0,1					0,1	0,1						0,1
Beregening Espel 3	360,2	146,8	628,0	36,1	93,6		57,3	29,0	34,4	34,5	16,5		9,3	16,9	19,7	26,1	17,9	
Vierde regenval	60,2			49,4			64,2			49,5			56,0			34,3		
Zesde regenval	5,7	6,2	9,2			1,7	6,5	5,9	8,2			1,8	5,0	4,7	5,8			1,7
Elfde regenval			0,6			0,2			0,7			0,2						0,2

Tabel B3: De gemeten waarden voor nitraat per bui.

NO3- Nitraat	0-25l						25-50l						50-75l					
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3
Beregening Espel 2					1,1	1,4					1,0	1,1						0,7
Beregening Espel 3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2		0,3	0,1		0,1	0,2		0,2	0,1			0,1	
Vierde regenval	0,1			0,3			0,2			0,3			0,2					
Zesde regenval	0,3	0,5	0,2	0,2		0,2	0,3	0,6	0,2	0,1		0,2	0,3	0,3	0,2	0,1		0,2
Elfde regenval									0,1									

Tabel B4: De gemeten waarden voor pendimethalin per bui.

<b>Pendimethalin</b>	0-25l						25-50l						50-75l					
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3
Beregening Espel 2					0,04	0,03						0,04	0,04					
Beregening Espel 3	0,04	0,02	0,06	0,04	0,02		0,04	0,05	0,05	0,04	0,03		0,02	0,06	0,04	0,04	0,03	
Vierde regeval	0,03			0,03			0,03			0,02			0,02			0,01		
Zesde regeval	0,09	0,06	0,03			0,03	0,05	0,05	0,03			0,04	0,06	0,06	0,03			0,03
Elfde regeval			0,03			0,02			0,03			0,01						0,02

Tabel B5: De gemeten waarden voor clomazone per bui.

<b>Clomazone</b>	0-25l						25-50l						50-75l						
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3	
Beregening Espel 2					0,15	0,15						0,17	0,15						0,12
Beregening Espel 3	0,16	0,15	0,17	0,14	0,05		0,14	0,11	0,14	0,12	0,05		0,03	0,07	0,06	0,08	0,07		
Vierde regeval	0,11			0,05			0,07			0,07			0,05			0,06			
Zesde regeval	0,05	0,05	0,08			0,05	0,04	0,04	0,07			0,04	0,04	0,03	0,04			0,06	
Elfde regeval			0,02			0,02			0,02									0,01	

Tabel B6: De gemeten waarden voor pyraclostrobin per bui.

<b>Pyraclostrobin</b>	0-25l						25-50l						50-75l						
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3	
Beregening Espel 2					2,2	2,1						3,3	1,0						0,7
Beregening Espel 3	2,8	0,9	2,2	0,5	1,0		1,1	0,7	1,0	0,7	0,3		0,4	1,0	0,6	0,7	0,4		
Vierde regeval	0,4			0,2			0,4			0,3			0,3			0,2			
Zesde regeval	5,7	5,1	22,0			1,8	6,2	6,6	23,6			2,5	4,0	5,0	22,8			0,5	
Elfde regeval			0,2			0,0			0,2									0,0	

Tabel B7: De gemeten waarden voor boscalid per bui.

Boscalid	0-25l						25-50l						50-75l					
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3
Berekening Espel 2					40,5	17,8					22,2	15,4						13,9
Berekening Espel 3	95,4	30,2	94,4	17,7	43,0		28,6	21,6	20,8	22,2	11,1		8,3	21,2	14,4	17,5	14,7	
Vierde regenval	12,8			9,2			10,8			8,4			7,9			8,0		
Zesde regenval	114,0	97,4	303,0			35,4	119,0	125,0	265,0			44,8	115,0	111,0	288,0			10,4
Elfde regenval			2,9			1,0			3,3			0,7						1,2

Tabel B8: De gemeten waarden voor difenoconazool per bui.

Difenoconazool	0-25l						25-50l						50-75l					
fles:	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
herhaling:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bui	herhaling 1 fles 1	herhaling 2 fles 1	herhaling 3 fles 1	herhaling 4 fles 1	herhaling 5 fles 1	herhaling 6 fles 1	herhaling 1 fles 2	herhaling 2 fles 2	herhaling 3 fles 2	herhaling 4 fles 2	herhaling 5 fles 2	herhaling 6 fles 2	herhaling 1 fles 3	herhaling 2 fles 3	herhaling 3 fles 3	herhaling 4 fles 3	herhaling 5 fles 3	herhaling 6 fles 3
Berekening Espel 2																		
Berekening Espel 3	90,2	30,0	159,0	8,5	28,5		16,8	8,0	11,0	8,8	6,1		3,8	7,0	9,2	8,8	5,5	
Vierde regenval	24,0			16,8			23,9			17,1			15,8			11,3		
Zesde regenval	0,6	0,5	1,7			1,6	0,6	0,4	1,3			2,5	0,3	0,1	1,8			3,4
Elfde regenval			0,3			0,5			0,3			0,5						0,4

### Dynamiek Nitraat Berekening 3:

Levine's test: niet significant  
 Shapiro-Wilk test: niet significant  
 ANOVA effect fles: significant  
 T-test: fles 1 verschilt significant van 2 en 3

```
> #One way ANOVA
> AOV <- aov(NO3 ~ fles, data = DataEspelB)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fles    2  0.1293  0.06467   6.467 0.0124 *
Residuals 12  0.1200  0.01000
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(NO3 ~ fles, data = DataEspelB, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group 2  0.3111 0.7384
      12
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: AOV\$residuals  
 W = 0.95074, p-value = 0.5362

```
> #if you want to do pairwise comparisons after a succesful and significant ANOVA
> df <- DataEspelB
> pairwise.t.test(df$NO3, df$fles, p.adj='none')
```

Pairwise comparisons using t tests with pooled SD

data: df\$NO3 and df\$fles

```
 1  2
2 0.0264 -
3 0.0046 0.3615
```

P value adjustment method: none

### Dynamiek somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen Berekening 3:

Levine's test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
 Shapiro-Wilk test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
 Kruskal Wallis effect fles: significant, effect size: large  
 Dunn's test: fles 1 verschilt significant van 3

```
> #One way ANOVA
> AOV <- aov(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelB)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fles   2 345790 172895  4.481 0.0352 *
Residuals 12 463006 38584
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelB, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value  Pr(>F)
group 2 16.274 0.000382 ***
      12
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> shapiro.test(AOV$residuals)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: AOV\$residuals  
 W = 0.81428, p-value = 0.005639

```
> #K-W procedure
> res.kruskal <- DataEspelB %>% kruskal_test(somconcentratie ~ fles)
> res.kruskal
# A tibble: 1 × 6
  .y.      n statistic  df  p method
* <chr>   <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>
1 somconcentratie 15  9.26  2 0.00975 Kruskal-Wallis
> #magnitude of effect
> DataEspelB %>% kruskal_effsize(somconcentratie ~ fles)
# A tibble: 1 × 5
  .y.      n effsize method magnitude
* <chr>   <int>  <dbl> <chr>  <ord>
1 somconcentratie 15  0.605 eta2[H] large
> #pairwise comparisons using Dunn's test
> pwc <- DataEspelB %>%
+   dunn_test(somconcentratie ~ fles, p.adjust.method = "none")
> pwc
# A tibble: 3 × 9
  .y.      group1 group2  n1  n2 statistic  p  p.adj p.adj.signif
* <chr>   <chr> <chr> <int> <int>  <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
1 somconcentratie 1  2    5  5 -1.63 0.104 0.104 ns
2 somconcentratie 1  3    5  5 -3.04 0.00236 0.00236 **
3 somconcentratie 2  3    5  5 -1.41 0.157 0.157 ns
```

### Dynamiek somconcentratie Azoxystrobine Berekening 3:

Levine's test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Shapiro-Wilk test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Kruskal Wallis effect fles: significant, effect size: large  
Dunn's test: fles 1 verschilt significant van 3

```
> AOV <- aov(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, data = DataEspelB)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fles    2 172096  86048  4.359 0.0378 *
Residuals 12 236868  19739
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> #assumption of equal variance
> leveneTest(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, data = DataEspelB, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value  Pr(>F)
group  2 13.825 0.0007685 ***
      12
---
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 = 0.78785, p-value = 0.002578

> #K-W procedure
> res.kruskal <- DataEspelB %>% kruskal_test(concentratie_Azoxystrobine ~ fles)
> res.kruskal
# A tibble: 1 × 6
  .y.      n statistic  df    p method
* <chr>  <int>  <dbl> <int> <dbl> <chr>
1 concentratie_Azoxystrobine 15  10.3  2 0.00592 Kruskal-Wallis
> #magnitude of effect
> DataEspelB %>% kruskal_effsize(concentratie_Azoxystrobine ~ fles)
# A tibble: 1 × 5
  .y.      n effsize method magnitude
* <chr>  <int>  <dbl> <chr>  <ord>
1 concentratie_Azoxystrobine 15  0.688 eta2[H] large
>
> #pairwise comparisons using Dunn's test
> pwc <- DataEspelB %>%
+   dunn_test(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, p.adjust.method = "none")
> pwc
# A tibble: 3 × 9
  .y.      group1 group2  n1  n2 statistic  p  p.adj p.adj.signif
* <chr>  <chr> <chr> <int> <int>  <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
1 concentratie_Azoxystrobine 1  2    5  5  -1.91 0.0562 0.0562 ns
2 concentratie_Azoxystrobine 1  3    5  5  -3.18 0.00146 0.00146 **
3 concentratie_Azoxystrobine 2  3    5  5  -1.27 0.203  0.203 ns
```

### Dynamiek nitraat Zesde regenval:

Levine's test: niet significant  
Shapiro-Wilk test: niet significant  
ANOVA effect fles: niet significant (stop)

```
> AOV <- aov(NO3 ~ fles, data = DataEspelD)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fles    2  0.012 0.00600  0.295  0.75
```

```

Residuals 12 0.244 0.02033
> #assumption of equal variance
> leveneTest(NO3 ~ fles, data = DataEspelD, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
  Df F value Pr(>F)
group 2 0.919 0.4252
      12
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data: AOV$residuals
W = 0.88565, p-value = 0.05766

```

Dynamiek somconcentratie gewasbeschermingsmiddelen Zesde regenval:

Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Kruskal Wallis effect fles:       niet significant (stop)

```

> AOV <- aov(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelD)
> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fles    2   303    151  0.01 0.99
Residuals 9 132451 14717
3 observations deleted due to missingness
> #assumption of equal variance
> leveneTest(somconcentratie ~ fles, data = DataEspelD, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
  Df F value Pr(>F)
group 2 0.0922 0.9128
      9
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data: AOV$residuals
W = 0.83616, p-value = 0.02488

```

```

> #K-W procedure
> res.kruskal <- DataEspelD %>% kruskal_test(somconcentratie ~ fles)
> res.kruskal
# A tibble: 1 × 6
  .y.      n statistic df p method
* <chr>   <int>   <dbl> <int> <dbl> <chr>
1 somconcentratie 15 0.5 2 0.779 Kruskal-Wallis
> #magnitude of effect
> DataEspelB %>% kruskal_effsize(somconcentratie ~ fles)
# A tibble: 1 × 5
  .y.      n effsize method magnitude
* <chr>   <int>   <dbl> <chr>   <ord>
1 somconcentratie 15 0.605 eta2[H] large

```

Dynamiek somconcentratie Azoxystrobine Zesde regenval:

Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               niet significant  
ANOVA effect fles:               niet significant (stop)

```

> #One way ANOVA
> AOV <- aov(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, data = DataEspelD)

```



```

> summary(AOV)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
fles   2  4.88   2.440   0.364 0.704
Residuals  9 60.26   6.696
3 observations deleted due to missingness
> #assumption of equal variance
> leveneTest(concentratie_Azoxystrobine ~ fles, data = DataEspelD, center = mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.2238 0.8038
      9
> #assumption of normality of residuals overall and per group
> shapiro.test(AOV$residuals)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  AOV$residuals
W = 0.90354, p-value = 0.1762

```

### Dynamiek somconcentratie Pendimethalin Berekening 3:

Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               niet significant  
ANOVA effect fles:               niet significant (stop)

### Dynamiek somconcentratie Pendimethalin Zesde regenval:

Levine's test:                   significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Shapiro-Wilk test:               niet significant  
Kruskal Wallis effect fles:       niet significant (stop)

### Dynamiek somconcentratie Clomazone Berekening 3:

Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Kruskal Wallis effect fles:       niet significant, effect size: large

### Dynamiek somconcentratie Clomazone Zesde regenval:

Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Kruskal Wallis effect fles:       niet significant (stop)

### Dynamiek somconcentratie Pyraclostrobin Berekening 3:

Levine's test:                   significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Shapiro-Wilk test:               niet significant  
Kruskal Wallis effect fles:       niet significant, effect size: large

### Dynamiek somconcentratie Pyraclostrobin Zesde regenval:

Levine's test:                   niet significant  
Shapiro-Wilk test:               significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Kruskal Wallis effect fles:       niet significant, effect size: moderate

### Dynamiek somconcentratie Boscalid Berekening 3:

Levine's test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Shapiro-Wilk test: niet significant  
Kruskal Wallis effect fles: significant, effect size: large  
Dunn's test: fles 1 verschilt significant van 3

Dynamiek somconcentratie Boscalid Zesde regenval:

Levine's test: niet significant  
Shapiro-Wilk test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Kruskal Wallis effect fles: niet significant, effect size: moderate

Dynamiek somconcentratie Difenonazool Berekening 3:

Levine's test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Shapiro-Wilk test: significant (Kruskal Wallis procedure nodig)  
Kruskal Wallis effect fles: significant, effect size: large  
Dunn's test: fles 1 verschilt significant van 3

Dynamiek somconcentratie Difenonazool Zesde regenval:

Levine's test: niet significant  
Shapiro-Wilk test: niet significant  
ANOVA effect fles: niet significant (stop)

## Bijlage 2: bodembeoordeling Swifterbant

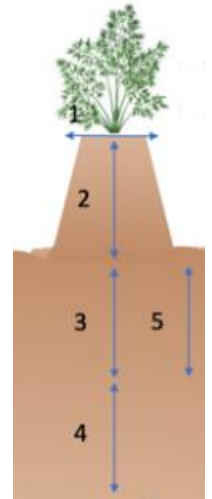
### Afspoelingsproef Swifterbant

#### Toelichting beoordelingsmethode:

Op 13 september is de bodem van het proefveld in Swifterbant visueel beoordeeld volgens de Bodemconditiescore Flevoland<sup>21</sup> op de volgende parameters: Structuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit. 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 vijf beoordelingen zijn per proefveld uitgevoerd:

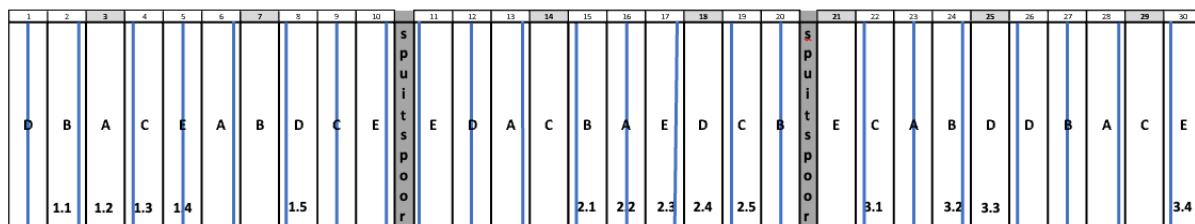
1. De **buitenkant van de rug** is beoordeeld op poriën, breuken en zichtbare sporen van afspoeling op de rug.
2. De **rug** is beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.
3. De **kluit onder de rug** is beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.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



In dit document worden per maatregel de resultaten van de bodembeoordeling weergegeven. De proefvelden zijn in duplo beoordeeld. De bodemconditie tussen de ruggen is in triplo beoordeeld, omdat dit resultaat het meest relevant is voor de verschillende toepassingen die er zijn gebruikt per proefveld. De profielkuilen zijn 10 meter vanaf de kopakker gegraven, in het midden van de behandelde strook. Momenteel worden er aardappels geteeld op dit perceel.

---

<sup>21</sup> Opvraagbaar bij BoerenNatuur Flevoland (<https://flevolandsagrarischcollectief.nl/>)



Figuur B1: Schematische weergave van het proefveld te Swifterbant. De nummering geeft de behandeling aan: A: Onbehandeld, B: Haver tussenzaai, C: Woeltand, D: Wafelpatroon, E: Row-fix. De cijfers geven aan in welke stroken de bodembeoordelingen hebben plaatsgevonden.

## Eerste proefveld

### Haver

Tabel B9: bodembeoordeling haver Swifterbant

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	9	8	8	7,5
3. Kluit onder de rug	7	8	8	
4. Ondergrond	4,5	5	5	5,5
5. Tussen de ruggen	4	4	4	4
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) – 3) Roest en blauw vorming (10%) 4) Beworteling houdt op, zanderig en erg verdicht 5) –			



Foto's B1: Haver tussen de rug (a), kluit in de rug (b), kluit aan de onderkant van de rug (c).

## Onbehandeld

Tabel B10: bodembeoordeling onbehandeld Swifterbant

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	9,5	8,5	9	6
3. Kluit onder de rug	4	4	4	
4. Ondergrond	7	6	6	6
5. Tussen de ruggen	7	8	8	7,5
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) - 3) Roest en blauw vorming (90%) 4) - 5) Verslemping minimaal zichtbaar			



Foto's B2: Blauwe vlekken omringd door roest, gevonden onder de rug (a), kluit onder de rug, (b), kenmerken van verslemping tussen de rug waar te nemen (c).

## Woeltand

Tabel B11: bodembeoordeling woeltand Swifterbant

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	9	9	9,5	8
3. Kluit onder de rug	7	7	7	
4. Ondergrond	7	6	6	6,5
5. Tussen de ruggen	5	5	5	5
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) Grauwe worm zichtbaar (bodemverbeteraar) 3) Roest en blauw vorming (5%) 4) Deel verdicht 5) –			



Foto's B3: kluit tussen de rug (a), bodemvormende grauwe wormen zichtbaar in de rug (b), dichte kluiten ook tussen de rug (c).

## Row-Fix

Tabel B12: bodembeoordeling row-fix Swifterbant

1. Buitenkant rug	7			
	Bodemstructuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratiecapaciteit
2. In de rug	9,5	9	9,5	8
3. Kluit onder de rug	7	7	7	
4. Ondergrond	7	6	6	6,5
5. Tussen de ruggen	8	6	6,5	7
Toelichting	1) Rug met reliëf, waardoor het water minder snel afstroomt 2) – 3) – 4) – 5) Door de vorm van de rug is de bodem tussen de ruggen ook zeer mooi (geen verdichting) ➔ Over het algemeen een zeer mooie rug			



Foto's B4: Heel veel bodemleven in de rug (a), de buitenkant rug heeft een bobelige structuur (b & c).

## Wafelpatroon

Tabel B13: bodembeoordeling wafelpatroon Swifterbant

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	8	8	8	7
3. Kluit onder de rug	6	6	6	
4. Ondergrond	6,5	6	6	6
5. Tussen de ruggen	7	6	7	7
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) – 3) – 4) Roest en blauw vorming (30%) 5) Donker qua kleur (humus) en vochtig			



Foto's B5: Kluit in de rug (a), kluit uit de ondergrond (b).



## Tweede proefveld

### Haver

Tabel B14: bodembeoordeling haver Swifterbant.

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	8,5	8,5	7	7
3. Kluit onder de rug	4,5	5	5	
4. Ondergrond	6,5	6,5	6,5	6,5
5. Tussen de ruggen	7,5	7,5	8	8
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) – 3) Verdichte stukken 4) Roest en blauw vorming (70%). Komt in deze laag waarschijnlijk door te diep ploegen. 5) –			



Foto's B6: Dikke, harde kluit onder de rug (a), tussen de rug een goed doorwortelde kluit (b).

## Onbehandeld

Tabel B15: bodembeoordeling onbehandeld Swifterbant.

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	9,5	8,5	9	8
3. Kluit onder de rug	7	6,5	7	
4. Ondergrond	8,5	6	6	7
5. Tussen de ruggen	7,5	6,5	6	6
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) – 3) Zand verspoeling 4) – 5) –			



Foto's B7: Kluit onder de rug (a), kluit tussen de rug (b).

## Row-fix

Tabel B16: bodembeoordeling row-fix Swifterbant.

1. Buitenkant rug	6,5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	9	9	9	8
3. Kluit onder de rug	7	7	6,5	
4. Ondergrond	8,5	7,5	8	8
5. Tussen de ruggen	8,5	7,5	8	8
Toelichting	1) Rug met reliëf, waardoor het water minder snel afstroomt (minder reliëf dan de eerste proefveld en groene aardappels te zien) 2) – 3) Organisch materiaal en zand 4) – 5) –			



Foto's B8: Buitenkant rug iets ruwer (a), kluit uit de ondergrond (b).

## Wafelpatroon

Tabel B17: bodembeoordeling wafelpatroon Swifterbant.

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	9,5	9	9	8,5
3. Kluit onder de rug	7,5	7,5	7,5	
4. Ondergrond	8	7	7	7,5
5. Tussen de ruggen	7,5	6	6	7
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) – 3) Roest en blauw vorming (5%) 4) – 5) –			



Foto's B9: Kluit in de rug (a), kluit uit de ondergrond (b), wafelpatroon nog goed zichtbaar (c).

## Woeltand

Tabel B18: bodembeoordeling woeltand Swifterbant.

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
2. In de rug	9	9	9	7
3. Kluit onder de rug	5,5	6,5	5,5	
4. Ondergrond	6	5	5	5
5. Tussen de ruggen	8	8	8	8
Toelichting	1) Dichte en gladde rug waardoor het water meteen afspoelt 2) – 3) Roest en blauw vorming (50%) 4) Silt en verslagen veel (vormt een ondoordringbare laag) 5) –			



Foto's B10: Vrijwel ondoordringbare kluiten silt met verslagen veen (a), kluit tussen de rug (b).

## Derde proefveld (alleen tussen de ruggen)

### Woeltand

Tabel B19: bodembeoordeling woeltand Swifterbant, alleen tussen de ruggen.

	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
<i>Tussen de ruggen</i>	4,5	5	4,5	5
<i>Toelichting</i>	Blauw (50%)			



Foto B11: Woelen tussen de rug.

### Haver

Tabel B20: bodembeoordeling haver Swifterbant, alleen tussen de ruggen.

	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
<i>Tussen de ruggen</i>	7	7	6,5	7
<i>Toelichting</i>	Blauw (20%)			

### Wafel

Tabel B21: bodembeoordeling wafel Swifterbant, alleen tussen de ruggen.

	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
<i>Tussen de ruggen</i>	7	7	7	7
<i>Toelichting</i>	Bodemleven en vegetatie te zien, maar ook grote klonten waar geen leven zichtbaar is.			



Foto B12: Kluit tussen de rug.

## Row-fix

Tabel B22: bodembeoordeling row-fix Swifterbant, alleen tussen de ruggen.

	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
<i>Tussen de ruggen</i>	7,5	7	7,5	8
<i>Toelichting</i>	Er ligt losse grond boven op de bodem (5-6 cm), wat positief is voor het bodemleven. De losse grond kan van de ruggen zijn gevallen door grondbewerking.			



Foto B13: Losse grond bovenin profiel – tussen de rug (a).

## Conclusie

- Mechanische bewerkingen (ploegen) en de voorvrucht zullen invloed hebben op de variatie in de resultaten van de bodemanalyse. De variatie is veelal niet toe te wijzen aan de behandeling.
- Over het algemeen scoorde de ruggen hoog op bodemstructuur, beworteling en bodemleven (wat gunstig is voor de infiltratiecapaciteit). Dit kwam hoogstwaarschijnlijk doordat de grond recentelijk bewerkt was om ruggen te kunnen maken.
- Het viel op dat haver tussezaai (beoordeling infiltratiecapaciteit: 4, 8, 7) en de behandeling van de rug met de row-fix (beoordeling infiltratiecapaciteit: 8, 8, 7) de infiltratiecapaciteit tussen de ruggen leek te verbeteren - pleksgewijs wel uitzonderingen i.v.m. "slechtere delen" binnen het perceel. Bij haver tussezaai kan dit worden toegeschreven aan de beworteling van de haver die de structuur en het bodemleven positief leek te beïnvloeden. Bij de behandeling met row-fix leek dit te komen door het laagje met losse grond boven in het profiel tussen de ruggen, een bijeffect van de behandeling van de ruggen.
- De infiltratiecapaciteit tussen de rug bij de behandeling met de wafelrol was ruim voldoende (beoordeling 7, 7, 7). De bobbelige structuur veroorzaakt door de rol was nog duidelijk te zien ondanks dat deze er al enkele maanden geleden in was gerold.
- In tegenstelling tot de bevindingen van vorig jaar had de woeltand weinig effect op de infiltratiecapaciteit (beoordeling: 5, 8, 5). Dit zou verklaart kunnen worden door het type woeltand dat is gebruikt in deze proef (zie foto's 4a en b).

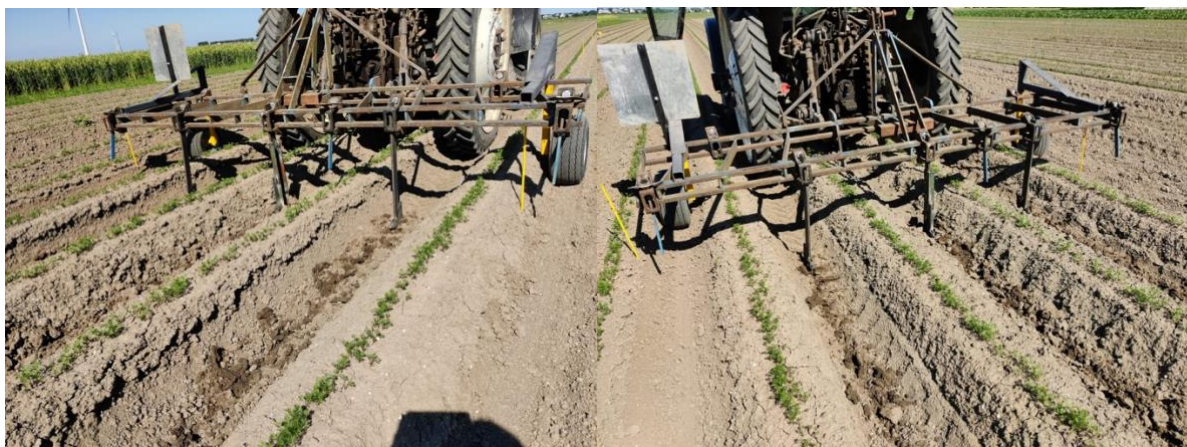


Foto B14: De woeltand die gebruikt is voor de proef in Swifterbant



## Bijlage 3: Bodembeoordeling Espel

### Afspoelingsproef Espel

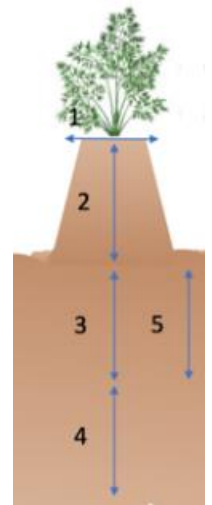
Datum: 12-10-2022

#### Toelichting beoordelingsmethode:

Op 12 oktober is de bodem van het proefveld visueel beoordeeld op structuur, bodemleven en daarmee poriën, beworteling en infiltratiecapaciteit door bodemexpert Coen ter Berg. De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter van 0 – 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** beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.
5. **Tussen de rug** beoordeeld op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.



In dit document wordt per perceel de resultaten van de bodembeoordeling weergegeven inclusief een aantal foto's. De proefvelden zijn in duplo beoordeeld. Tussen de ruggen is in triplo beoordeeld, omdat dit resultaat meest relevant is voor de verschillende toepassingen die zijn gebruikt per proefveld. De ruggen tegenover de afvoerbuï zijn beoordeeld met een locatie van 15 meter het veld in. Er wordt peen op dit perceel verbouwd, deze worden volgende maand geoogst.

Locaties van profielkuilen in het veld:

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

3.1 = Controle 6

3.2 = Reliëf 6

3.3 = Woelen 6

## Eerste beoordeling

### Controle

Tabel B23: Bodembeoordeling controle Espel

1. Buitenkant rug	8			
	<b>Bodem-structuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratie-capaciteit</b>
2. In de rug	8,5	8	7,5	7
3. Kluit onder de rug	5	6	6	
4. Ondergrond	4	5	4	4
5. Tussen de ruggen	6	7	8	2
Toelichting	6) De zijkant van de rug is poreus, hierdoor kan water geleidelijk afstromen 7) - 8) Bezakking; Fijn zand bezakt van nature na een bewerking. Hierdoor wordt de bodem zuurstofarm en ontstaan er blauwe plekken. Dit neem je waar in de bodem als grote, horizontaal georiënteerde aggregaten) 9) Ontwatering is matig-slecht door aanwezigheid van laag met zeer fijn zand (te zien aan roestvlekken), hierdoor goede water toevoer van onderaf (capillaire werking). 10) Verspoelingslaag zichtbaar in de bovenste 5 cm (ontstaan door erosie tijdens (be)regen(ing) dit seizoen), daaronder veel poriën te zien.			



Foto's B15: Linksboven; Aanwezigheid van fijne zandlaag op 43 cm diepte. & Rechtsboven; Bezakking in de kluit onder de rug. & Onder; 5 cm diepte, horizontale laag waar te nemen.

## Reliëf

Tabel B24: Bodembeoordeling reliëf Espel.

1. Buitenkant rug	8			
	<b>Bodem-structuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratie-capaciteit</b>
2. In de rug	7	8	7	7
3. Kluit onder de rug	6,5	7	6,5	
4. Ondergrond	7	6,5	7	7
5. Tussen de ruggen	8	6	8,5	8,5
Toelichting	6) Actieve wortelgroei zichtbaar aan de buitenkant van de rug 7) Witte schimmel rondom wortels (wortelluis). Geen ringen aanwezig op de peen, dat duidt op ongestoorde groei. 8) – 9) – 10) Amper gelaagdheid aanwezig. Grond is poreus; water kan er meteen in opgenomen worden.			



Foto's B16: Links; Wortels hebben ongestoord kunnen groeien, ringvorming afwezig. Rechts; Tussen de ruggen ligt een mooie, poreuze bodem.

## Woelen

Tabel B25: Bodembeoordeling woelen Espel.

1. Buitenkant rug	8			
	<b>Bodem-structuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratie-capaciteit</b>
2. In de rug	8,5	8,5	8,5	8
3. Kluit onder de rug	8,5	8,5	8,5	
4. Ondergrond	3	3	3	2
5. Tussen de ruggen	7	6	7	8
Toelichting	6) – 7) – 8) – 9) Grondbewerking duidelijk zichtbaar op 40 cm diepte; plaatvorming & horizontale wortelgroei. Advies om dieper te bewerken. 10) Effect van de woeltand nog te zien. Afwezigheid van slemp.			



Foto's B17: Links; Plaatvorming en horizontale wortelgroei op 40 cm diepte. Recht; Effect van woeltand nog terug te zien.

## Tweede beoordeling

### Controle

Tabel B26: Bodembeoordeling controle Espel.

1. Buitenkant rug	8			
	<b>Bodem-structuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratie-capaciteit</b>
2. In de rug	7	7,5	6,5	6,5
3. Kluit onder de rug	6	6	6	
4. Ondergrond	5	6	5	5
5. Tussen de ruggen	6,5	6	8	4
Toelichting	6) De ruggen waren iets steiler, maar wel poreus 7) – 8) Witte schimmel (wortelluis) 9) Minder goede bodemstructuur doordat er minder bodemleven aanwezig is, een negatieve spiraal die zichzelf versterkt. 10) 5 cm verdichting, door silt. Losse grond op verdichte laag, waar wel veel poriën in te zien waren. Ook onder de verdichte laag weer bodemactiviteit te zien.			



Foto's B18: Links; Matige aanwezigheid van bodemleven in combinatie met een matige bodemstructuur in de ondergrond. Rechts; Horizontale gelaagdheid tussen de ruggen, wel actief bodemleven aanwezig.

## Reliëf

Tabel B27: Bodembeoordeling reliëf Espel.

1. Buitenkant rug	5			
	<b>Bodem-structuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratie-capaciteit</b>
2. In de rug	8,5	8,5	6	8
3. Kluit onder de rug	8	8	8	
4. Ondergrond	5	6,5	3	5
5. Tussen de ruggen	8,5	7,5	9	7,5
Toelichting	<p>6) Rug was erg vlak en geen reliëf te zien, waardoor het water snel afstroomt</p> <p>7) –</p> <p>8) –</p> <p>9) Roest vorming (10%). Stukken dichte grond met weinig bodemactiviteit, maar de wortels groeien er wel nog doorheen</p> <p>10) Enige verspoeling van zand te zien, maar een goede bodemstructuur en tekenen van een actief bodemleven (poriën) te zien.</p>			





Foto's B19: Linksboven; Vlakke rug waardoor water amper infiltreert. Rechtsboven; grote aggregaten in ondergrond. Onder; Enige inspoeling van zand te zien, maar ook een goede structuur en veel poriën waar te nemen.

## Woelen

Tabel B28: Bodembeoordeling woelenEspel.

1. Buitenkant rug	7			
	Bodem-structuur	Beworteling	Bodemleven	Infiltratie-capaciteit
2. In de rug	8	8	8	7
3. Kluit onder de rug	6,5	7	6	
4. Ondergrond	3	3	3	2
5. Tussen de ruggen	7	6	7,5	8
Toelichting	6) – 7) Heel poreus in de rug. 8) Minder bodemleven en matige structuur. Witte schimmel (wortelluis) aanwezig. 9) Roestvorming (15%). Duidelijke grens tussen bewerkte grond en niet bewerkte grond. 10) Klein beetje verspoeling te zien, maar bodemleven pakt dit helemaal op; opent bodem door het maken van poriën. Nestje van de wortelluis.			





Foto's B20: Linksboven; Poreuze grond in de rug. Rechtsboven; In de ondergrond was er een duidelijk verschil te zien tussen de bewerkte en onbewerkte grond. Onder; Enige slomp te zien, maar ook actief bodemleven.

### Derde beoordeling (alleen tussen de ruggen)

#### Controle

Tabel B29: Bodembeoordeling controle Espel, alleen tussen de ruggen.

	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
<i>Tussen de ruggen</i>	5	5	5	2
<i>Toelichting</i>	Verdichting van 5 cm. Boven de verdichting losse grond die van de rug is gevallen, waardoor dat deel wel luchtig is, maar daaronder komt geen water door de verdichte laag.			



Foto B21: Op 5 cm diepte inspoeling te zien waardoor zo'n 2 cm dikke laag echt verdicht is geraakt.

## Reliëf

Tabel B30: Bodembeoordeling reliëf Espel, alleen tussen de ruggen.

	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
<i>Tussen de ruggen</i>	6,5	7	7	7,5
<i>Toelichting</i>	Geen belemmeringen, veel poriën.			



Foto B22: Veel poriën te zien wat duidt op een actief bodemleven. Geen belemmeringen waar te nemen die de waterhuishouding kunnen verstoren.

## Woelen

Tabel B31: Bodembeoordeling woelen Espel, alleen tussen de ruggen.

	<b>Bodemstructuur</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Bodemleven</b>	<b>Infiltratiecapaciteit</b>
<i>Tussen de ruggen</i>	6	6	6	6,5
<i>Toelichting</i>	Woeltand nog zichtbaar in de grond (of mol?).			



Foto's B23: Links; Geen slemp waar te nemen. Rechts; Bewerking met woeltand nog zichtbaar op 10 cm diepte (of is het een mollengang?).

## Conclusies

- Het effect van de woeltand (te zien in behandelingen woelen en reliëf) op slemp was duidelijk waarneembaar tussen de ruggen. In tegenstelling tot de controle strook was er geen-amper horizontale gelaagdheid te zien tussen de ruggen bij de behandelde stroken. Dit resulteerde over het algemeen in hogere scores voor de behandelde stroken op bodemstructuur, beworteling, bodemleven en infiltratiecapaciteit.

*Extra info: Het uitvoeren van een opbrengstmeting heeft dit jaar waarschijnlijk weinig zin, aangezien de woeltand tussen de ruggen heeft bewerkt en er dus geen-weinig effect op de groei van de peen in de rug te verwachten valt. Tijdens een nat jaar zou het wel interessant zijn om opbrengstmetingen te doen, omdat een zeer hoge waterspiegel de groei van de peen zou kunnen verstoren.*

## Bijlage 4: Opbrengstonderzoek aardappel Swifterbant

### POO22-04 Proefschema groeibevordering pootaardappelen

veldjesgrootte: bruto 3 x 12 m, nettos 1.5 x 8 m

waarnemingsdatum: ..... gescoord op: .....

waarnemer: ..... betekenis: .....



16 K	32 M	48 L	64 M	192m ^ v
15 C	31 I	47 N	63 E	
14 P	30 D	46 O	62 A	
13 F	29 B	45 H	61 C	
12 L	28 F	44 K	60 L	
11 J	27 G	43 F	59 J	
10 I	26 A	42 P	58 O	
9 G	25 N	41 E	57 I	
8 H	24 H	40 D	56 K	
7 E	23 J	39 C	55 F	
6 B	22 C	38 G	54 H	
5 D	21 E	37 I	53 N	
4 O	20 P	36 A	52 B	
3 A	19 O	35 B	51 P	
2 N	18 K	34 J	50 D	
1 M	17 L	33 M	59 G	

< 12m >  
< 3m >

# Bijlage 5: Opbrengstonderzoek peen Swifterbant

## Schema BPN22-03 CLM Afspoeiing

veldjesgrootte: 3 x 8 m

waarnemingsdatum: ..... gescoord op: .....

waarnemer: ..... betekenis: .....

.....  
 .....



4 D	8 B	12 C	16 D	20 A	
3 C	7 A	11 D	15 B	19 C	
2 B	6 D	10 A	14 C	18 B	
1 A	5 C	9 B	13 A	17 D	
					< 3 m >

< 6m >  
 ^  
 8 m  
 v

- A. Onbehandeld
- B. Struik Row-Fix
- C. Woelpoot
- D. Wafelpatroon

