



Use case herbicidentoepassing met de Ecorobotix ARA spotsprayer in zaaiuien

Veldproeven uitgevoerd ter validatie van de agronomische waarde van de Ecorobotix ARA spotsprayer en verkenning van juridische inkadering van spotspraytechnieken; activiteiten uitgevoerd binnen de voucherregeling Boerderij van de Toekomst

Auteurs | Hilfred Huiting, Timo Sprangers, Damian Teuns & Bram Veldhuisen



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Rapport WPR-OT 1140

Use case herbicidentoepassing met de Ecorobotix ARA spotsprayer in zaaiuien

Veldproeven uitgevoerd ter validatie van de agronomische waarde van de Ecorobotix ARA spotsprayer en verkenning van juridische inkadering van spotspraytechnieken; activiteiten uitgevoerd binnen de voucherregeling Boerderij van de Toekomst

Hilfred Huiting, Timo Sprangers, Damian Teuns & Bram Veldhuisen

Dit onderzoek is in opdracht van Doorgrond BV uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten, met financiering vanuit de voucherregeling Kansen voor West - Boerderij van de Toekomst. KVV-00645.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Lelystad, februari 2025

Rapport WPR-OT-1140

Hilfred Huiting, Timo Sprangers, Damian Teuns, Bram Veldhuisen, 2023. *Use case herbicidentoepassing met de Ecorobotix ARA spotsprayer in zaaiuien; Veldproeven uitgevoerd ter validatie van de agronomische waarde van de Ecorobotix ARA spotsprayer en verkenning van juridische inkadering van spotspraytechnieken; activiteiten uitgevoerd binnen de voucherregeling Boerderij van de Toekomst.* Wageningen Research, Rapport WPR-OT-1140

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/687215>

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT-1140

Foto omslag: WPR

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
2 Use case Ecorobotix ARA spotsprayer	7
2.1 Inleiding gewasbeschermingsmiddelen	7
2.1.1 Toelatingen van gewasbeschermingsmiddelen	7
2.1.2 Dosering van gewasbeschermingsmiddelen en selectiviteit	7
2.1.3 Selectiviteit en wijze van toepassen van gewasbeschermingsmiddelen	8
2.2 Beschrijving use case	8
2.2.1 Definitie slaging	8
2.2.2 Agronomische achtergrond	9
2.2.3 Technische achtergrond	9
2.2.4 Juridische inkadering	11
3 Veldproeven ARA Spotsprayer	15
3.1 Uitgangspunten	15
3.2 Proef zandgrond	15
3.2.1 Materiaal & methoden	15
3.2.2 Resultaten	20
3.3 Proef zavelgrond	24
3.3.1 Materiaal & methoden	24
3.3.2 Resultaten	27
3.4 Discussie en conclusies	29
3.4.1 Algemene uitkomst en opbrengstverschillen	29
3.4.2 Effecten van onkruiddruk	30
3.4.3 Simulatie spuitraster	30
4 Match use case en resultaten proeven	32
5 Aanbevelingen	34
Bijlage 1 Toelating en maximale dosering ingezette herbiciden	35
Bijlage 2 Plantaantallen proef Lelystad	36

Samenvatting

Als gevolg van technische en beleidsmatige ontwikkelingen staat de markt voor gewasbeschermingsmiddelen (GBM) onder druk, met zgn. Candidates for Substitution (CfS) als prominent voorbeeld hiervan; deze groep actieve stoffen hebben een groot belang in sommige teelten. Een voorbeeld hiervan is het bodemherbicide pendimethalin (o.a. Stomp) in de uienteelt. De uienteelt is ook in breder perspectief uitdagend te noemen op het vlak van onkruidbestrijding, door de combinatie van een open gewas en een relatief langzame ontwikkeling, waardoor onkruiden weinig concurrentie ondervinden.

Hierdoor is er behoefte aan zo gericht mogelijk inzet van de beschikbare GBM, in tijd en plaats. Goede beeldherkenning en plaatsspecifieke aansturing zijn daarbij cruciaal. In een uien gewas betekent beeldherkenning het kunnen onderscheiden van onkruidplanten van gewasplanten ('green on green').

Met de ARA spotsprayer van het Zwitserse bedrijf Ecorobotix is het mogelijk om in uien onkruiden te herkennen en plaatsspecifiek te bespuiten. Dit maakt het mogelijk de onkruidbeheersingsstrategie aan te passen aan de technische mogelijkheden. Tegelijkertijd is het nodig te kijken hoe de technische mogelijkheden passen in juridische/wettelijke kaders voor spuittechniek.

Dit rapport beschrijft een aanzet tot het bouwen van een juridische use case, en twee veldproeven die technische resultaten hebben opgeleverd in relatie tot de use case.

De use case bestaat uit het beschrijven van de dynamiek van de inzet onkruidbestrijdingsmiddelen, waarbij stoffeigenschappen, dosering en plaatsing in tijd en ruimte een rol spelen. Selectiviteit tussen planten voor een bepaalde stof in een bepaalde dosering spelen daarin een rol; in hoeverre een plantensoort of -familie al dan niet hinder ondervindt van een toepassing. Hinder is daarbij t.a.v. onkruiden het doel, en voor gewasplanten nadelig. Door plaatsspecifiek toepassen (tijd en ruimte) waarbij gewas niet of minder wordt geraakt kan het eerste doel beter worden bediend, terwijl het tweede zoveel mogelijk wordt vermeden. De totale ingezette hoeveelheid middel zal daarbij in meer of mindere mate gereduceerd worden, afhankelijk van de onkruidichtheid.

De werking van de Ecorobotix ARA wordt beschreven, zowel de hardware als de software, op basis van de beschikbare informatie, waarbij zo goed mogelijk is aangegeven in hoeverre de machine past in de theoretische kaders van de use case. Ook wordt stilgestaan bij de rol van regulerende instanties, zowel t.a.v. de gewasbeschermingsmiddelen als de toepassingstechniek.

In twee veldproeven is op basis van de technische mogelijkheden van de Ecorobotix ARA een aantal onkruidbestrijdingsstrategieën vergeleken. De strategieën zijn deels ontworpen op basis van de huidige mogelijkheden, en deels op basis van (verwachte) toekomstontwikkelingen waarbij m.n. de producten met een CfS-stof weggelaten zijn. Proeven werden uitgevoerd op een zavel- en een zandgrond, in Lelystad en Reusel. Waarnemingen zijn gedaan aan de onkruidbezetting en aan de opbrengst aan het einde van de teelt. De proef in Lelystad kende een lagere onkruidbezetting dan de proef in Reusel, waarbij in beide proeven verschillen in resterende onkruiden zichtbaar waren, wat iets vertelt over de mate van onkruidbestrijding door de verschillende strategieën. Het proefveld in Reusel kende (binnen de verhoudingsgewijs hogere bezetting) een helft met een lagere en een hogere onkruidbezetting. In de proef in Lelystad en in de helft met lagere onkruidbezetting in Reusel werden geen opbrengsteffecten waargenomen in vergelijking met de praktijk-/referentiestrategie. In de helft van het proefveld in Reusel met een hogere onkruidbezetting werd een lagere opbrengst gemeten in veldjes met een hogere onkruiddruk. Gemeten opbrengstverschillen kunnen daarmee worden toegeschreven aan concurrentie door onkruiden en lijken niet het gevolg te zijn van gebrekkige selectiviteit van de behandelingen.

1 Inleiding

De markt voor gewasbeschermingsmiddelen (GBM) staat onder druk. Deze druk ontstaat vanuit het technische en het beleidsspoor (die sterk met elkaar verbonden zijn). Langs het technische spoor vallen actieve stoffen of GBM weg uit de markt, of worden ze sterk beperkt in hun inzetbaarheid. Dit is vaak het gevolg van uitvoering van beleidsdoelen. De zgn. Candidates for Substitution (CfS) zijn hiervan een voorbeeld; de registratie van de actieve stoffen in deze groep staat vanuit EU-beleid sterk ter discussie terwijl ze vooralsnog toegestaan blijven, op basis van hun belang in sommige teelten. Tegelijkertijd is via de Farm to Fork strategy Europees beleid ingezet om te komen tot een 50% reductie van het gebruik van pesticiden én een 50% reductie van de inzet van risicovolle stoffen (CfS). Een voorbeeld van een CfS die belangrijk wordt gevonden, is het bodemherbicide pendimethalin (o.a. Stomp) in de uienteelt. De stof pendimethalin staat onder druk vanwege haar toxiciteit en persistentie, maar toepassingen in de uienteelt worden vooralsnog als onmisbaar gezien voor een economisch haalbare teelt.

De beschreven situatie maakt dat er toenemende vraag is naar specifieke toepassingen van GBM, in tijd en plaats. Zowel in tijd als plaats is een accurate en tijdige herkenning van ziekte, plaag of onkruid cruciaal om zo gericht mogelijk in te kunnen grijpen. Beeldherkenning kan hierin bijdragen via herkenning van onkruiden en gewasplanten. Beeldherkenning is volop in ontwikkeling, breed in de maatschappij op allerlei manieren, en ook in de landbouw. Op het gebied van plant- en gewas(rij)herkenning is deze techniek al ruim een decennium in de tuin- en akkerbouwmarkt, vooral gebaseerd op het kunnen onderscheiden van bladgroen tegen de achtergrond van het bodemoppervlak ('green on brown'). Onderscheid van de ene plantensoort van de andere ('green on green') is van veel recentere datum en vraagt per te onderscheiden plantensoort een aparte 'leergang'. Tegelijkertijd is de ontwikkeling in gang naar plantherkenning in een (veel) vroeger ontwikkelingsstadium, dus met minder groen in het camerabeeld. Dit vraagt meer op het technische vlak van beeldscherpte en daarnaast verbetering van mogelijk al bestaande beeldherkenning van plantensoorten, bijvoorbeeld omdat kiembladeren er anders uitzien dan echte bladeren.

De ontwikkeling van de robotisering kan de vragen vanuit de diverse teelten op dit moment niet of nauwelijks bijbenen, door technische vraagstukken, maar ook omdat er vragen leven rond juridische/wettelijke inkadering van technieken. Met de ARA spotsprayer van het Zwitserse bedrijf Ecorobotix is het technisch mogelijk om o.a. uien, bieten, grasland, cichorei en onkruiden te herkennen en op basis van die herkenning plaatsspecifiek bespuitingen te doen, zoals het toedienen van herbicide. Niet duidelijk is 1) hoe 'goed' de beeldherkenning is, 2) wat de agronomische impact is bij verschillende te kiezen strategieën en 3) of en hoe de gebruikte techniek past in de juridische/wettelijke kaders voor spuittechniek.

In het hierna volgende deel van dit rapport is een aanzet gegeven tot het bouwen van een juridische use case, zijn twee onkruidveldproeven in zaaiuien beschreven, worden de bevindingen vanuit deze proeven bediscussieerd in relatie tot de use case en worden inzichten samengevat.

De use case beschrijft de technische vraagstukken, de mogelijkheden die de Ecorobotix ARA spotsprayer (als voorbeeldtechniek) biedt en de aspecten waar nog onduidelijkheden aan de orde zijn.

De veldproeven zijn uitgevoerd om de agronomische waarde van inzet van de Ecorobotix ARA spotsprayer te toetsen. Door het uitvoeren van deze veldproeven ontstaat:

- 1) Inzicht in de agronomische haalbaarheid en impact van plaatsspecifieke herbicidentoepassingen in de uienteelt. (De overige gewasbescherming wordt volvelds uitgevoerd.)
- 2) Wordt inzicht verkregen in zowel de inputreductie aan herbiciden als de accuratesse van plaatsing van de herbiciden door gebruik van de Ecorobotix ARA.

2 Use case Ecorobotix ARA spotsprayer

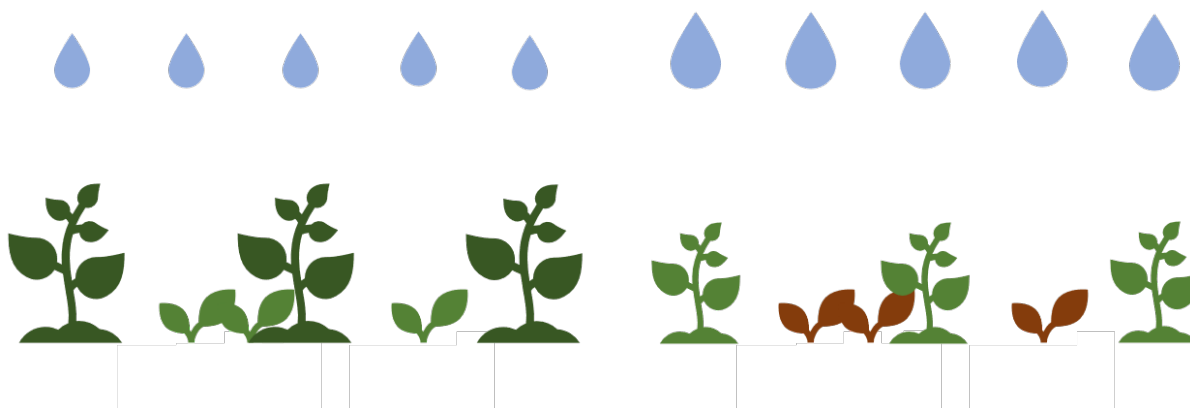
2.1 Inleiding gewasbeschermingsmiddelen

2.1.1 Toelatingen van gewasbeschermingsmiddelen

Toelatingen van gewasbeschermingsmiddelen op de Nederlandse markt worden verleend door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb). Een besluit over toelating van een middel volgt op Europese besluitvorming over de toelating van een actieve stof. In het toelatingsdossier geeft de aanvrager onder meer de beoogde toepassingsmethodiek weer – in ieder geval een minimale driftreductieklasse (DRT) en eventueel een grotere teeltvrije zone – en wordt een maximale dosering (per toepassing en/of over een seizoen) opgenomen. Aan lager doseren dan toegelaten zijn geen wettelijke kaders verbonden; dit is een overweging van de gebruiker, waarbij kosten en goed landbouwkundig gebruik overwogen worden.

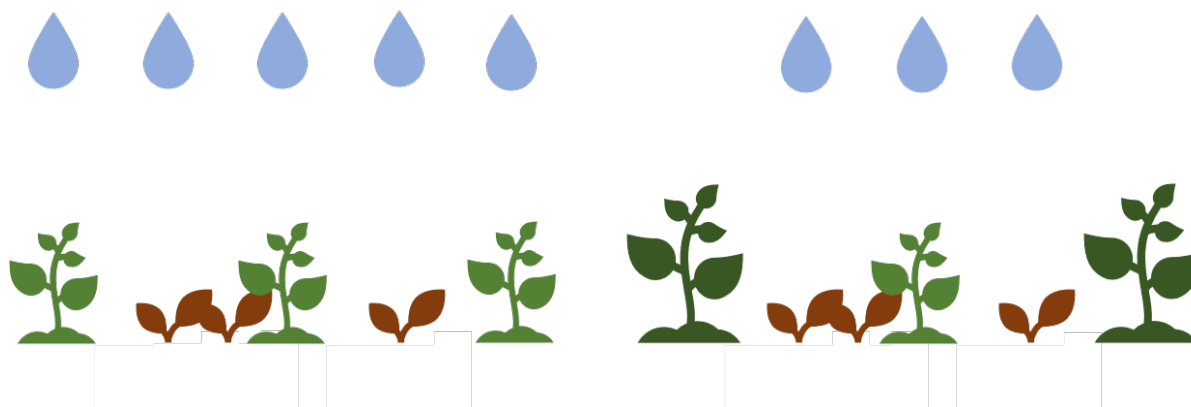
2.1.2 Dosering van gewasbeschermingsmiddelen en selectiviteit

De dosering van een middel in een gegeven situatie is in elk geval afhankelijk van de gevoeligheid van het doel; de dosering die minimaal nodig is voor een afdoende effect. Die dosering kan op zichzelf afhankelijk zijn van het groei- en ontwikkelingsstadium van het doel. Daarnaast kan de verdraagzaamheid van het gewas een rol spelen; als een gewas nadelige effecten ondervindt van een middel bepaalt dit (mede) de maximale dosering. Deze balans tussen effecten op doel en gewas wordt de selectiviteit genoemd (Figuur 1). Bij het bepalen van de dosering van herbiciden is dit een belangrijk aspect, omdat het hier selectiviteit tussen plantensoorten betreft en herbiciden op planten inwerken (i.t.t. selectiviteit tussen een schimmel of insect en een plant). Goed om te beseffen is dat de gewenste effecten op het doel vaak belangrijker worden gevonden dan een remmend effect op de gewasontwikkeling dus dat wat minder selectiviteit dan toch een acceptabel is.



Figuur 1 Verbeelding van selectiviteit van herbiciden bij volvelds toepassing: links een lage(re) dosering, die (te) weinig effect heeft op onkruiden en geen effect op het gewas; rechts een hoge(re) dosering die voldoende effect heeft op onkruiden maar ook de gewasontwikkeling remt.

Wanneer verandering van de wijze van toepassen inhoudt dat veel gewasplanten niet worden geraakt door het middel en daardoor niet geremd worden, kan dit daarom (vanuit agronomisch perspectief) de keuze voor de maximaal acceptabele dosering veranderen (Figuur 2). Als de geraakte planten meer hinder ondervinden maar de effectiviteit ook groter is en de niet geraakte planten geen hinder ondervinden, kan het per saldo gewaseffect kleiner zijn.



Figuur 2 Verbeelding van de hoge(re) dosering in Figuur 1 bij volvelds en plaatsspecifieke toepassing: links een hoge(re) dosering die voldoende effect heeft op onkruiden maar ook de gewasontwikkeling remt; rechts dezelfde dosering alleen toegepast waar onkruiden zijn aangetroffen; de remming vindt op een beperkt deel van de planten plaats.

2.1.3 Selectiviteit en wijze van toepassen van gewasbeschermingsmiddelen

Het merendeel van de huidige toepassingen in de akkerbouw en bloembollen- en vollegrondsgroenteteelt is toegelaten op basis van volvelds toepassing met een veldspuit. Deze manier van toepassen is reeds lang bekend en relatief eenvoudig te beschrijven en toetsen. Ook voor afgeleiden daarvan, zoals zaai- en pootvoorbehandelingen en rijenspuiten geldt dit. Middelen (hier: tegen onkruiden) zijn toegelaten op basis van toepassing van alleen dat middel, voor één of meer onkruidsoort(en). In de akkerbouwpraktijk is er echter vrijwel altijd een onkruidenpalet in een perceel aanwezig dat niet met één middel afdoende bestreden wordt. Er wordt om die reden veel met combinaties van middelen gewerkt, die het aanwezige soortenspectrum voldoende bestrijden. Omdat een combinatie van middelen ook een gestapeld effect op het gewas kan hebben (en meestal heeft) wordt de dosering van de afzonderlijke middelen verlaagd, waarbij uiteindelijk een 'cocktail' ontstaat die afdoende werkt en de gewasgroei zo weinig mogelijk hindert. Een nadeel hieraan kan zijn dat de werking van de cocktail op onkruiden soms nét tekort schiet, of het effect op het gewas nét te sterk is.

De plaatsspecifieke toepassing van middelen kan het daarom ook mogelijk maken om een andere mix of samenstelling van de mix toe te passen die een beter bestrijdingsresultaat oplevert. Omdat het effect op een geraakte plant minder sterk doorwerkt in het effect op het gewas kan meer impact per plant worden getolereerd. Nog een stap verder kan zijn dat verregaand per plant wordt bepaald welk middel in welke dosering toegepast moet worden: 1) op een breedbladig onkruid alleen een daarvoor effectief middel gebruiken en op een grasachtige een ander middel dat daar effectief is; 2) naar rato van de gemeten hoeveelheid bladmassa/grondbedekking/fotosynthese doseren; 3) op de plek waar gewas staat evt. lager doseren dan waar geen gewas staat; 4) op de plek waar onkruiden in de gewasrij staan wel hoger doseren en een sterker effect op de geraakte planten accepteren wetende dat andere planten niet worden bespoten en zo op gewasniveau compenseren.

In hoeverre de genoemde opties met een bepaalde machine mogelijk zijn hangt af van de technische uitvoering. Van de genoemde opties is 4) het eenvoudigst te implementeren, omdat met één combinatie van middel(en) en dosering(en) wordt gewerkt; voor 1) t/m 3) kunnen ontwikkelstappen in techniek en/of software nodig zijn.

2.2 Beschrijving use case

2.2.1 Definitie slaging

De inzet van de Ecorobotix ARA is bedoeld als alternatief voor de huidige toepassingstechniek en -strategie. Dit betekent dat de use case als minimaal geslaagd wordt beschouwd als hetzelfde teeltresultaat wordt behaald als in de huidige praktijk met volvelds bespuitingen, met minder totale inzet van herbiciden.

2.2.2 Agronomische achtergrond

Het areaal zaaiuien is in Nederland in 30 jaar ongeveer verdrievoudigd, naar ca. 30.000 ha in 2021. Daarbij is de teelt in de periode vanaf 2000 vooral gegroeid buiten de traditionele teeltgebieden in het Zuidwesten en Flevoland (<https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2023/22/uienteelt-verspreidt-zich-over-nederland>). Een groot deel van deze groei vond plaats op zandgronden. Op deze gronden is – in vergelijking met zavel- en kleigronden – het vochtvasthoudend vermogen in de bouwvoor relatief laag, en is de onkruiddruk relatief hoog.

De beginontwikkeling van zaaiuien is vrij traag. Daarbij vormen uienplanten relatief weinig blad met een verticale stand. Door het samenspel van deze factoren ontstaat een groot tijdvenster waarbinnen gewascompetitie door onkruiden beheerst moet worden om een goede opbrengst te kunnen realiseren. Doordat uien oppervlakkig wortelen is een uiengewas verder betrekkelijk gevoelig voor tekort aan nutriënten en vocht en is het gewas daarmee weinig concurrentiekrachtig, wat de behoefte aan adequate onkruidbeheersing vergroot.

De onkruidbeheersing in uien is in de huidige praktijk in sterke mate afhankelijk van de inzet van herbiciden. Door het gebruik van herbiciden kan voorkomen worden dat een grote hoeveelheid tijd besteed moet worden aan mechanische en handmatige onkruidbeheersing. Dit biedt de teler een groot kostenvoordeel, nog los van de vraag of voldoende arbeid beschikbaar is voor handmatig wiewerk. Een voordeel van de inzet van herbiciden in vergelijking met mechanische en handmatige methoden is dat de kans dat een plant mechanisch wordt beschadigd (veel) kleiner wordt; een beschadigde plant kan plaaginsecten aantrekken en een invalspoort voor ziekten vormen.

De plaatsspecifieke inzet van herbiciden kan de laatstgenoemde nadelige effecten voorkomen en tegelijkertijd de nadelen van de volvelds inzet van herbiciden – middel toepassen waar geen onkruid staat – helpen voorkomen.

2.2.3 Technische achtergrond

2.2.3.1 Algemene werking ARA

De detectie van de Ecorobotix ARA werkt op basis van RGB-camerabeelden die met behulp van AI geanalyseerd worden. Het algoritme detecteert onkruiden en gewasplanten. Omdat het detectiemodel constant doorontwikkeld wordt is niet eenduidig te zeggen welke gewassen en onkruiden in welke groeistadia en omstandigheden gedetecteerd worden.

Op basis van de herkenningen kan de gebruiker de aansturing van de spuit op drie manieren instellen (ref naar 20230327-Ecorobotix_BrochureARA_EN_WEB.pdf; <https://ecorobotix.com/en/ara/>):

- 1 Alle onkruiden raken,
- 2 Veiligheidsmarge rond gewas, en zo veel mogelijk onkruid raken,
- 3 Alle gewas raken.

De drie werkmodi hebben verschillende toepassingen. Modus 3 kan gebruikt worden bij het selectief toepassen van bijvoorbeeld fungicide of insecticide op alleen de gewasplanten. Modi 1 en 2 kunnen beide gebruikt worden bij de toepassing van herbiciden. Bij modus 2 kan dit een niet-selectieve herbicide zijn, waarbij het ongewenst is dat het gewas überhaupt geraakt wordt. Nadeel is dat niet gegarandeerd kan worden dat alle onkruiden geraakt worden. Bij modus 1 worden wel alle (herkende) onkruiden bespoten. Echter zullen ook sommige gewasplanten geraakt worden. Dit werkt dus het best als een selectieve herbicide gebruikt wordt die beperkt schade doet aan het gewas. In de use case van onkruidbestrijding in de uien wordt modus 1 gebruikt en deze is ook in veldproeven gebruikt (H3).

Voor de daadwerkelijke bespuiting maakt de Ecorobotix ARA gebruik van een spuitboom waarbij er elke 4 centimeter een dopje geplaatst is. Elk dopje spuit, bij de juist ingestelde werkhoopte, ongeveer 6 centimeter breed; er is daarmee 1 centimeter overlap tussen dopjes. Ook in de lengterichting geeft Ecorobotix een minimale spuitafstand van 6 centimeter aan (ref naar 20230327-Ecorobotix_BrochureARA_EN_WEB.pdf).

De Ecorobotix ARA bestaat uit drie units van elk 2 meter breed, voor een totale werkbreedte van 6 meter. Elke unit bestaat uit een kap waaronder de camera's en lampen zitten en waarachter een spuitboom zit met afzonderlijk aangestuurde spuitdoppen.

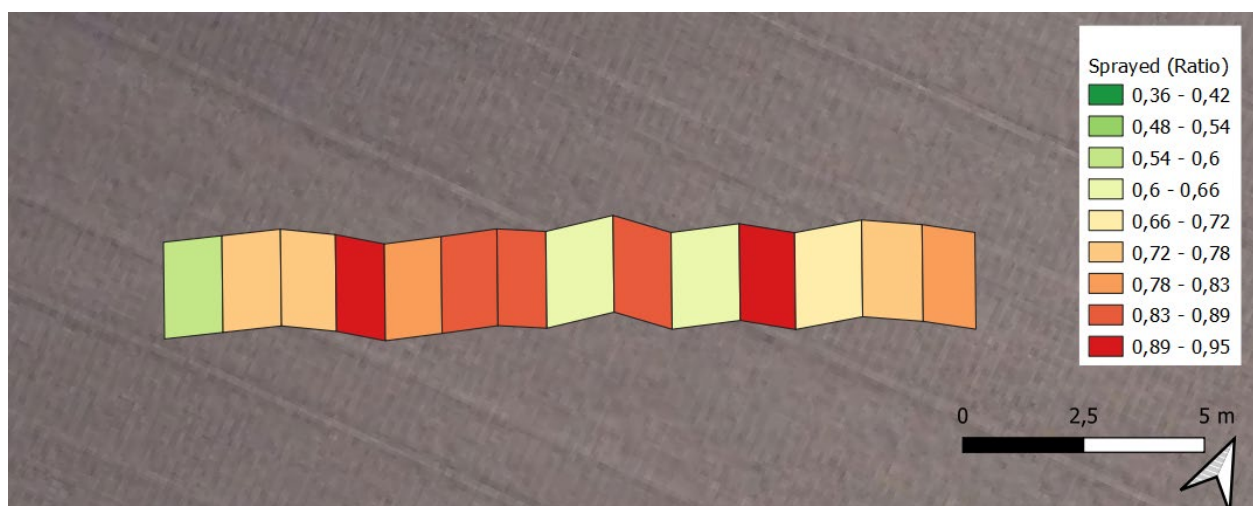
Tijdens het gebruik slaat de Ecorobotix ARA statusinformatie op in een logbestand. De belangrijkste parameters die opgeslagen worden staan in Tabel 1. Deze data worden ook gebruikt om per perceel een rapport te kunnen maken voor de gebruiker. In dit rapport staan naast klantgegevens en perceelnaam, de datum en tijd, de bewerkte oppervlakte, en de gemiddelde bespoten dosering. Daarnaast staat er een plaatje van de dosering over het perceel.

Tabel 1 Belangrijkste door de Ecorobotix ARA vastgelegde data

	Beschrijving
timestamp_ms	Tijdstip van vastleggen in milliseconden
system_state	Status van machine. O.a. wel/niet spuiten
Gps position	GPS positie
Robot pose	Positie en oriëntatie in lokaal coördinatensysteem
Robot speed	Snelheid van de robot
unitX_fluid_quantity_l	Hoeveelheid vloeistof die elk van de drie units van de machine in totaal gespoten heeft. Wordt eens per seconde geüpdatet.

Met de data uit het logbestand is het mogelijk om extra informatie te verkrijgen. Zo kan per seconde uitgerekend worden hoeveel vloeistof elke unit gespoten heeft. Door deze informatie te combineren met de gps-gegevens (en daarvan afgeleid de afgelegde afstand) is het mogelijk om per seconde aan te geven welk deel de unit bewerkt heeft, en hoeveel er in die seconde in totaal op dat oppervlak gespoten is. Ook is de verhouding tussen de gespoten hoeveelheid en de ingestelde volvelds dosering uit te rekenen, zie Figuur 3.

Doordat de Ecorobotix ARA geen gebruik maakt van (op de trekker aanwezige) RTK-GPS is de positionering onnauwkeurig. Dit is vooral te zien aan het feit dat de geregistreerde individuele blokken niet exact op lijn liggen, maar deels verspringen.



Figuur 3 Ratio gespoten per seconde tijdens de bespuiting op 12 mei 2023 in veld #14 in de proef op het zandgrond (H3).

2.2.3.2 Herkenningsalgoritmes

Het herkenningsalgoritme heeft grote invloed op de effectieve werking van een spotsprayer. Het is voor een gebruiker lastig vast te stellen hoe goed een algoritme in een bepaalde situatie gaat werken. AI-algoritmes worden door de fabrikant getraind op een dataset. Tijdens dit trainen leert het algoritme zichzelf hoe gewas

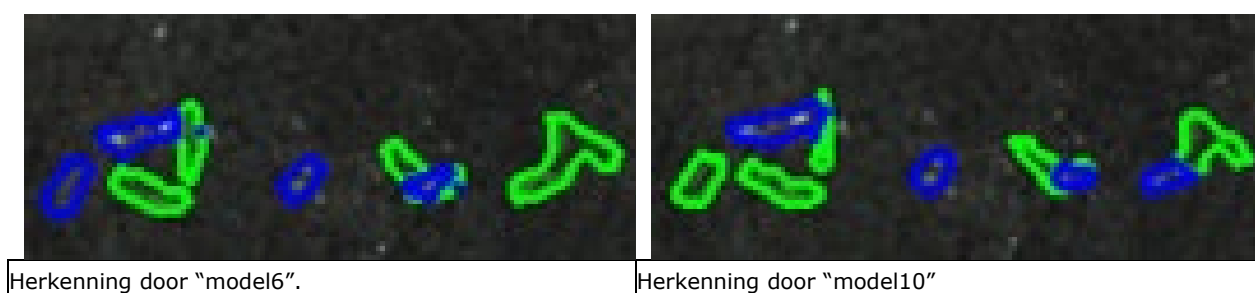
en onkruid herkend kunnen worden. Na het trainen wordt dit nieuwe algoritme op de machines geïnstalleerd. Op de machine leert het algoritme tijdens het werk dus niet bij.

Wel kan nieuwe data verzameld worden. Ecorobotix heeft de machines zo ontwikkeld dat alle machines tijdens gebruik zo nu en dan (standaard elke 1000 seconden) een foto versturen naar de server van Ecorobotix. Deze foto's kunnen gebruikt worden om de dataset waarop algoritmes getraind worden te vergroten. Door de juiste foto's toe te voegen kan een algoritme dat is getraind op de nieuwe dataset beter gaan presteren. Via een software-update is een machine in het veld te voorzien van het nieuwe algoritme.

Het ligt in de lijn van verwachting maar is geen vaststaand feit dat een nieuw algoritme ook beter is. De foto's in Figuur 4 zijn identieke uitsneden uit een foto waarop twee verschillende algoritmes ("Model6" en "Model10") de herkende gewas- en onkruidplanten ingetekend hebben. Volgens Ecorobotix is Model6 is het algoritme dat in 2023 op de machine zat, Model10 is het vernieuwde model met daarin beelden van 2023 verwerkt (email Damien Ricci, Ecorobotix, vrijdag 6 oktober 2023 08:54). Model6 herkent vier gewasplanten en vier onkruidplanten. Model10 herkent vijf gewasplanten en vier onkruidplanten. Het is echter ook te zien dat de meest linker plant door model6 als onkruid wordt herkend, terwijl model10 het een gewasplant vindt. De meest rechter plant lijkt bij Model6 één gewasplant, terwijl model10 er een gewas- en onkruidplant in ziet. Omdat wij geen validatiegegevens vanuit het veld hebben ('ground truth') is het lastig tot onmogelijk (afhankelijk van de beeldkwaliteit) te zeggen welk model welke plant goed ziet. Vanuit het doel van opvolgende verbeterstappen van het model is het redelijk aan te nemen dat een later model per saldo een betere herkenning oplevert. Het is alleen niet te zeggen of in elke specifieke situatie een verbetering optreedt. Bijvoorbeeld, als een onkruiddetectiealgoritme wordt hertraind om beter in situatie B te kunnen werken, dan is het niet gegeven dat de performance van het model in situatie A ten minste ongewijzigd blijft.

2.2.3.3 Van herkenning naar actuatie

In Figuur 4 is zichtbaar dat het herkenningalgoritme een grillige plantvorm herkent en intekent. Idealiter wordt er vervolgens alleen daar gespoten waar bladgroen staat. De praktische realiteit is dat een spuitdop een vaste positie op de machine heeft, aan- en uitgeschakeld kan worden en dus 0 of 6 cm breed spuit (bij de Ecorobotix ARA). Als het doel (gewas of onkruid) kleiner is dan de spuitbreedte, wordt er daardoor altijd een rechthoekig (of vierkant) vak gespoten. Als een onkruid zo staat dat daar 2 doppen boven hangen, worden ze beide aangeschakeld en zo 12 cm breed gespoten. In de lengterichting schakelen doppen niet op een raster maar naarmate er bladgroen in beeld verschijnt en verdwijnt; bij een groter doel wordt zo met de plantvorm mee gespoten.)



Figuur 4 Uitsnede uit foto "GS2_Proef_1_missionNumber\raw\raw_001.png". Gewas (ui) is groen, onkruid is blauw. Detectie met twee verschillende modellen.

2.2.4 Juridische inkadering

De technische mogelijkheden t.a.v. het variëren van middeldosering zoals beschreven in 2.1 vragen mogelijk bijstellen van juridische kaders. Zolang de toepassing van het middel wordt uitgevoerd binnen de geldende toelating van het middel, betreft dit waarschijnlijk uitsluitend het erkennen van de specifieke toepassingstechniek – de ARA spotsprayer – als toedieningstechniek voor het middel. Hiervoor is een toetsing van de techniek (in combinatie met één of meer typen spuitdop) nodig en kan na goedkeuring ervan de techniek worden gebruikt. Het erkennen van toepassingstechnieken verloopt via de Technische Commissie Techniekbeoordeling (TCT).

De mogelijkheden van het plaatsspecifiek toepassen kunnen verder worden uitgenut, bijvoorbeeld door vaker dan (nu) toegelaten een toepassing uit te voeren, of pleksgewijs hoger te doseren dan (nu) toegelaten, zonder de gemiddelde dosering of het gemiddeld aantal toepassingen te overstijgen. In dat geval ontstaat een situatie die om hernieuwde juridische inkadering vraagt. Het is zeer goed mogelijk dat daarvoor aanvullende parameters vastgelegd moeten worden t.o.v. de huidige situatie.

Om bovenstaande te illustreren is in Tabel 2 een aantal mogelijke situaties weergegeven, voor een lage(re) en een hoge(re) onkruidichtheid. Weergegeven wordt een raster met 480 vakken. Bij een volveldstoepassing (A.) – met een bepaalde dosering van een bepaald middel – heeft de onkruidichtheid geen invloed op de toegepaste hoeveelheid middel. Wordt een plaatsspecifieke techniek gebruikt bij dezelfde dosering (B.) dan is sprake van een besparing op middel, afhankelijk van de onkruidichtheid; in de voorbeelden worden 87 resp. 255 vakken in het raster behandeld en wordt hiermee een middelbesparing bereikt van 82 resp. 47%.

Wanneer op basis van de inschatting van de bezetting met onkruiden een middelbesparing wordt verwacht, kan deze op voorhand worden benut om hoger te kunnen doseren op de aanwezige onkruiden voor een beter effect. Dan wordt de echte onkruidichtheid een belangrijkere factor. Stel dat de middeldosering zou worden verdubbeld (C.) dan halveert de besparing, en wordt deze 41% voor de lagere onkruidichtheid. Bij de hogere onkruidichtheid is dan echter geen sprake van een afname maar wordt een toename van 6% van de gerealiseerde dosering bereikt. Hierbij moet goed worden nagegaan of dit binnen de geldende toelating past.

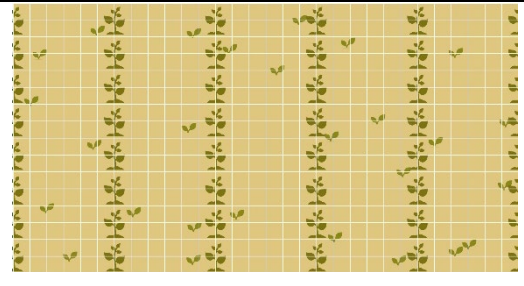
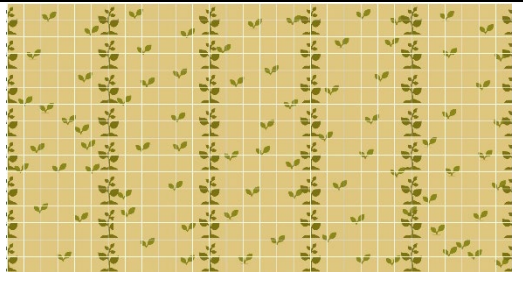
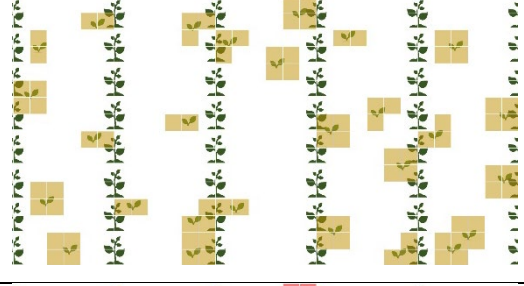
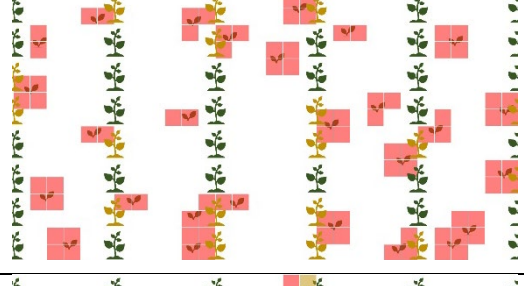
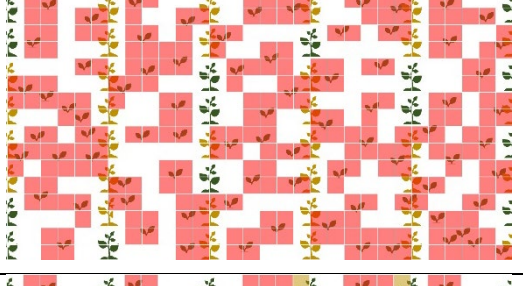
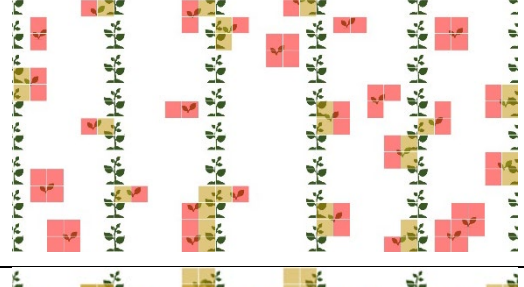
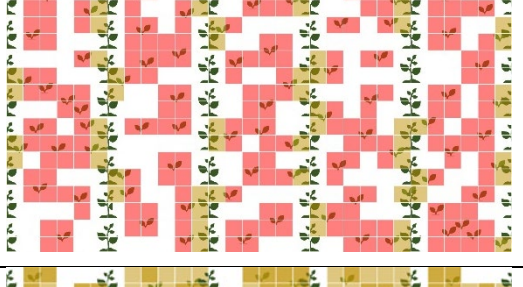
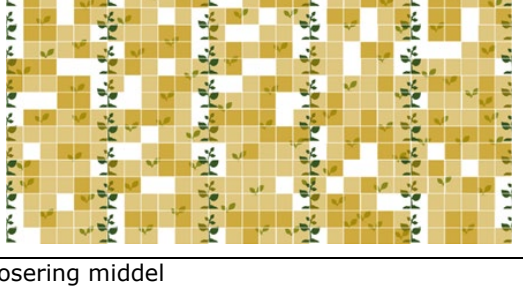
Dit rekenvoorbeeld maakt duidelijk dat bij pleksgewijs hoger doseren zoals in scenario C. toelatingstechnisch nieuw terrein wordt betreden. Daarbij is niet de dosering per hectare maar de dosering per cm² leidend; daarbij moet helder worden wat de heterogene verdeling van de maximale totaaldosering van het middel betekent voor aspecten als depositie naar de bodemflora en -fauna, residu op het gewas en drift. Dit vraagt aanvullende informatie in toelatingsdossiers, maar ook is belangrijk dat bekend is waar welke dosering is toegepast, niet alleen van één toepassing, maar ook van de opvolgende toepassingen. Hiermee ontstaat voor elke toepassing een geregistreerd depositieraster, die voor herhaalde toepassingen over elkaar gelegd kunnen worden. Een betrouwbare registratie van GPS-coördinaten is hiervoor nodig. Hieruit wordt duidelijk dat een dosering hoger of vaker dan toegelaten binnen de huidige registraties op dit moment een onmogelijkheid is.

De depositie naar de bodem kan worden gemeten – als de specifieke locatie van de (opeenvolgende) toepassing(en) geregistreerd is – via bemonstering van de bodem. De depositie kan mogelijk ook worden afgeleid vanuit de in het toelatingsdossier bekende data (gebaseerd op de volvelds toepassing op een kale bodem) en de geregistreerde behandelde oppervlakte, waarbij eventueel de geregistreerde oppervlakte groen in de totale behandelde oppervlakte verrekend kan worden met de totale behandelde oppervlakte.

Behalve het bovenstaande kan in scenario C. ook de gewasremming een rol gaan spelen, en kan er – indien de techniek dit mogelijk maakt – gekozen worden om in de rij een lagere dosering aan te houden dan tussen de rijen (D.) en ontstaat een combinatie van spotsprayer en variabele dosering. Dit is agronomisch mogelijk een aantrekkelijke(r) optie, maar komt met de voorwaarden die ook aan scenario C. gekoppeld zijn

Als een middel vaker dan nu toegelaten wordt toegepast geldt een vergelijkbare afweging als voor het aanpassen van de dosering (scenario E. in Tabel 2). De besparing die wordt behaald bij één enkele toepassing (bij voldoende lage onkruidichtheid) zou kunnen worden gebruikt om vaker een toepassing te doen dan de toelating nu toelaat. Ook hier geldt echter dat alleen binnen de geldende toelatingen kan worden gewerkt.

Tabel 2
Schematisch weergave van spotsprayopties t.o.v. de toegelaten dosering N van een middel.

	Lage(re) onkruidichtheid	Hoge(re) onkruidichtheid
A. Volvelds Dosering N		
B. Spotspray Dosering N		
C. Spotspray Dosering 2N		
D. Spotspray Dosering mix N en 2N		
E. Spotspray Dosering N 2 x spuiten		
 =	Toepassingsvak met dosering N; toegelaten dosering middel	
 =	Toepassingsvak met dosering 2N; dubbele dosering middel	
 =	Plant zonder remming	
 =	Plant die <u>mogelijk</u> wordt geremd	

Het Ctgb is met de sector op zoek naar goede manieren om de juridische inkadering van plaatsspecifieke toepassingen op basis van cameraherkenning gestalte te geven. Een stap hierin is de instelling van de 'European Precision Application Task Force' (EUPAF). Precisietoepassingen worden voornamelijk gecategoriseerd in 1) stroken-/rijenspuiten; 2) spuiten per plant(groep) (spot spraying); 3) spuiten per sectie (patch spraying) en 4) variabele dosering. Een bepaalde machine of techniek kan mogelijk meerdere categorieën bedienen; de ARA spotsprayer is primair ingericht voor categorie 2) maar kan ook worden ingesteld voor categorie 1). Een optie die door EUPAF wordt verkend is het definiëren van

doseringsreductieclassen (10-25%, 25-50%, 50-75%, 75-90%, 90-95% en >95% reductie), naar analogie van de huidige driftreductieclassen. In hoeverre de hogere reductieclassen praktisch haalbaar zijn, hangt af van de situatie in het veld, maar ook van de precisie van de gebruikte techniek. Wellicht speelt ook het werkingsmechanisme van het gebruikte middel een rol; voor contactwerking werkt dit anders dan voor plantsystemische werking.

EUPAF is een overlegorgaan en heeft geen regelgevende rol. Hiervoor wordt verwezen naar (o.a.) EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) die spuittechnieken categoriseert. EPPO maakt onderscheid tussen horizontale en verticale toepassing (resp. o.a. akker- en tuinbouw en o.a. fruitteelt) en onderscheid tussen gewasplanten enerzijds en onkruiden anderzijds is in discussie.

3 Veldproeven ARA Spotsprayer

3.1 Uitgangspunten

In het project is een tweetal veldproeven uitgevoerd om de agronomische mogelijkheden en impact van de toepassing van de ARA spotsprayer te onderzoeken. Om representativiteit te waarborgen, is gekozen voor een proef op kleigrond in Flevoland en een proef op zandgrond in midden Brabant. De proeven zijn aangelegd op praktijkpercelen waar Agrifirm betrokken was in de advisering van de gewasbescherming. De toegepaste praktijkstrategie op beide locaties was daarbij leidend voor de opzet van de proef en de uitwerking van de proefobjecten. De proeven zijn dus opgezet vanuit de praktijkstrategie en niet in de eerste plaats om de optimale strategie voor spotsprayer te bepalen. Hierdoor zullen in de uitvoering van de proeven dan ook keuzes zijn gemaakt, die niet tot een optimaal resultaat hebben geleid.

De praktijkstrategie is ook voor de beide locaties verschillend. De twee proeven werden begeleid door twee verschillende adviseurs, waardoor de basisdoseringen en insteek van de strategie op basis van lokale omstandigheden en inzichten tot stand zijn gekomen. Daarnaast zijn om praktische redenen in voorkomende gevallen bespuitingen op afwijkende momenten uitgevoerd. De proeven dienen dus afzonderlijk geïnterpreteerd te worden wanneer het gaat over bijvoorbeeld spuitmomenten, doseringen en middelkeuzes.

3.2 Proef zandgrond

3.2.1 Materiaal & methoden

3.2.1.1 Proefveldbeschrijving

De proef is uitgevoerd in 2023 op een zandgrond (klei – 2%, silt - 8%, zand - 87%) gelegen te Reusel, Noord-Brabant (51.355586, 5.137078). Het perceel heeft een organische stofgehalte van 2,9% en een pH van 5,7. Voorvruchten waren korrelmais in 2022 en aardappel in 2021 (Bron: Boer en bunder: [Perceelsrapport \(boerenbunder.nl\)](https://boerenbunder.nl)). Op 8 april 2023 werden de zaaiuien van het ras Paradiso gezaaid en op 15 april is er een stuifbestrijding uitgevoerd met papiercellulose.

Na aanvang van de proef bleek dat het noordelijke deel van het proefveld (3 herhalingen) een hogere onkruiddruk had ten opzichte van de andere herhalingen. Verklaring hiervoor is waarschijnlijk dat in de periode 2015-2016 op het perceel eveneens een proef is uitgevoerd gericht op onkruidbestrijding in kool.

3.2.1.2 Proefopzet

De proef is opgezet als een gerandomiseerd design met 6 objecten in 6 herhalingen, resulterend in een totaal van 36 veldjes (Figuur 5 en Figuur 6). De veldjes hebben een bruto grootte van 96 m² (6×16 m) en een netto afmeting van 36 m² (3×12 m). De netto veldjes bestonden uit een volledig teeltbed van 3 meter breed, waarbij het middelste element van de spotsprayer dit bed ononderbroken kon behandelen. Tussen de bruto veldjes werd een buffer van 12 meter aangehouden om overlap tussen de objecten te voorkomen. Deze buffer is voor alle gewasbeschermingsmaatregelen conform praktijk behandeld.

3.2.1.3 Herbicidetoepassingen

Voor de opkomst van de uien zijn op 26 april object A, B en C volvelds behandeld met 1.0 L/ha Stomp en objecten E en F volvelds met 1.5 L/ha boxer (Tabel 3). In object D is geen voor-opkomst herbicidenbespuiting uitgevoerd. Op 5 mei is in het kramstadium een volvelds bespuiting op het gehele perceel uitgevoerd met 0.2 L/ha AZ500.



Figuur 5 Kaart perceel proef zandgrond. Proef met 6 verschillende objecten in 6 herhalingen in een random design voor 36 veldjes.

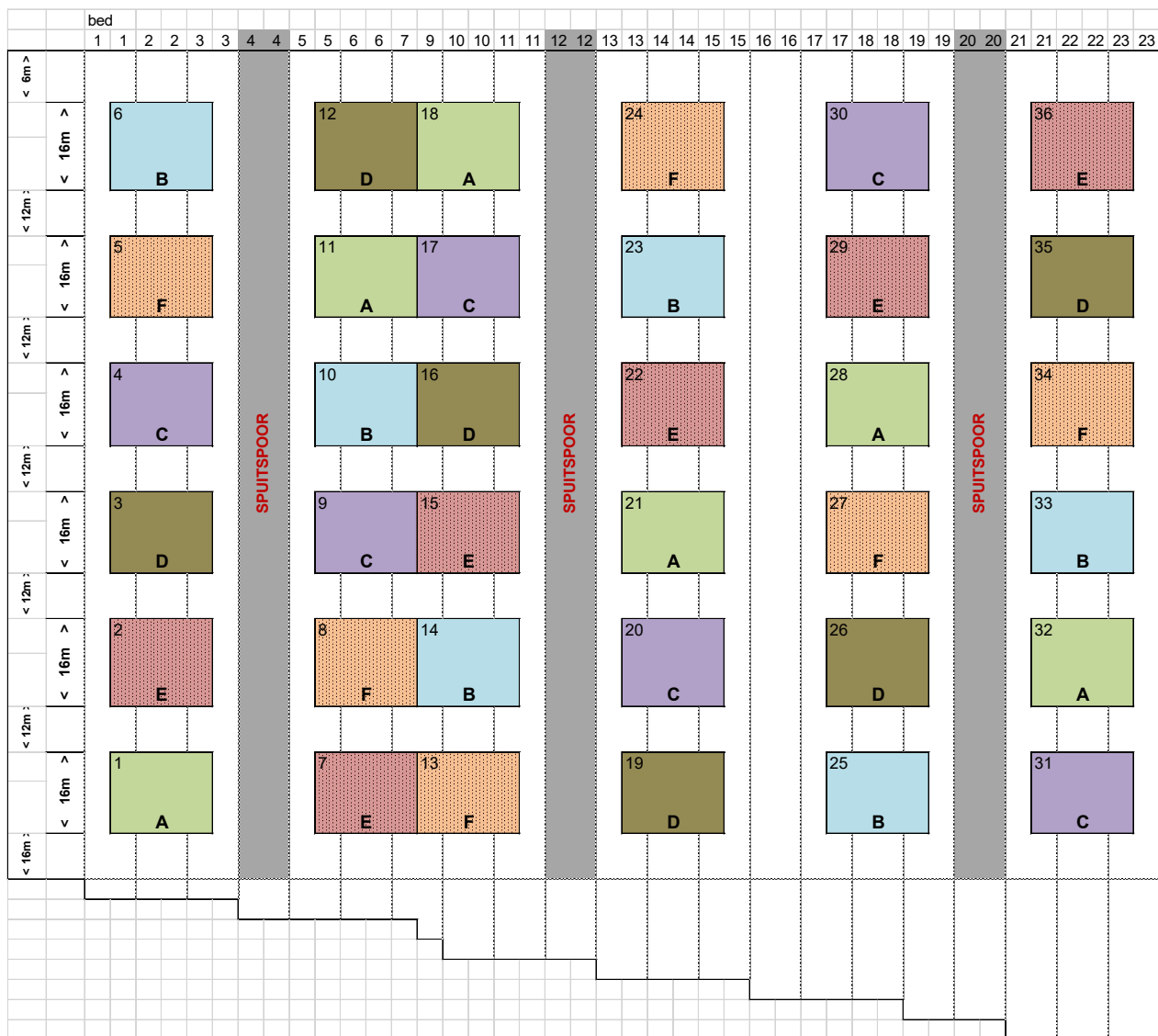
In de na-opkomst periode is onderscheid gemaakt in drie typen objecten: volvelds praktijkstrategie (A), plaatsspecifieke bespuiting met de praktijkstrategie als uitgangspunt (B-D), plaatsspecifiek zonder gebruik van candidates for substitution (E-F). Een overzicht van de bespuitingen en gebruikte middelen en doseringen is te vinden in Tabel 3.

- Object A is volvelds bespoten conform de praktijkadvisering die tevens werd gevolgd op de overige delen van het perceel
- Object B volgde qua middelen en dosering het praktijkobject, maar de toepassing was plaatsspecifiek in plaats van volvelds
- Object C is qua middelen en momenten gelijk aan object B, maar de dosering was verdubbeld
- Object D is, met uitzondering van de vooropkomst toepassingen, gelijk aan object B
- Object E is behandeld zonder gebruik van CfS middelen; dosering en aantal spuitmomenten is gekozen op basis van de praktijk, maar waar nodig aangepast op basis van de onkruiddruk
- Object F is qua middelen en momenten gelijk aan object E, maar de dosering was verdubbeld

Alle bespuitingen met de Ecorobotix ARA zijn uitgevoerd met een verbruik van 350 L/ha en een rijsnelheid van 4.3 km/uur. Dit gaat om de bespuitingen in objecten B-F op 11/12 mei, 17 mei en 27 mei. Er is gespoten zonder veiligheidsmarges, zodat geen rekening is gehouden met eventuele aanwezigheid van gewasplanten (als optie B. in Tabel 2).

Na opkomst is op 2 mei nog een volvelds bespuiting uitgevoerd in de praktijk (A) met 0.75 L/ha Stomp en 0.06 L/ha Starane. De overige objecten zijn vanwege te natte omstandigheden niet behandeld, omdat daardoor te veel schade zou ontstaan door insporing bij het gebruik van de spotsprayer.

Op 5 juni is het gehele perceel behandeld met Centurion (2.0 L/ha) om de aanwezige grasachtige onkruiden te verwijderen. Daarnaast is in de objecten A-D Wing P (1.0 L/ha) en in de objecten E-F Frontier (0.3 L/ha) gespoten. Deze bespuitingen waren erop gericht de ontstane verschillen te fixeren en het vervolg van de teelt onkruidvrij te houden. Ten laatste is op 27 juni het veld nogmaals geschoond door middel van handwieden.



Figuur 6 Detailweergave proefveldschema.

Tabel 3 Bespuitingen per object, per datum. Doseringen zijn in L/ha of kg/ha.

	A (praktijk)	B ARA (als praktijk)	C ARA (2x dos.)	D ARA (zonder vooropkomst)	E (ARA zonder CfS)	F (ARA zonder CfS; 2x dos.)
voor opkomst	1.0 Stomp	1.0 Stomp	1.0 Stomp	-	1.5 Boxer	1.5 Boxer
2 mei	0.75 Stomp ¹ 0.060 Starane ¹	- -	- -	- -	- -	- -
5 mei	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500
11/12 mei	0.50 Stomp 0.060 Starane	0.50 Stomp 0.06 Starane	1.00 Stomp 0.12 Starane	0.50 Stomp 0.06 Starane	- 0.06 Starane	- 0.12 Starane
17 mei	0.25 Lentagran 0.25 Basagran 0.12 Starane	0.25 Lentagran 0.25 Basagran 0.12 Starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.24 Starane	0.25 Lentagran 0.25 Basagran 0.12 Starane	0.25 Lentagran 0.25 Basagran 0.12 Starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.24 Starane
27 mei					0.35 Lentagran 0.35 Basagran 0.20 Starane	0.70 Lentagran 0.70 Basagran 0.40 Starane
5 juni	2.0 Centurion 1.0 Wing P	2.0 Centurion 1.0 Wing P	2.0 Centurion 1.0 Wing P	2.0 Centurion 1.0 Wing P	2.0 Centurion 0.3 Frontier ²	2.0 Centurion 0.3 Frontier ²

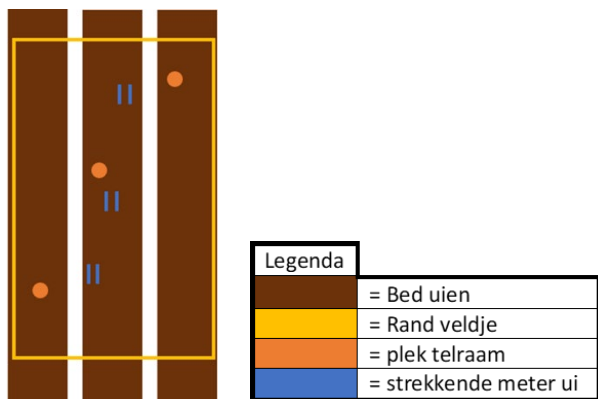
N.B. In voorkomende gevallen is de maximale toegelaten toepassing overschreden. Zie voor toegelaten middelen en doseringen Bijlage 1.

¹ De bespuiting op 2 mei was in het praktijkperceel al uitgevoerd, maar vanwege weersomstandigheden kon de spotspraytoepassing (objecten B-F) niet worden uitgevoerd.

² Frontier Optima is niet geregistreerd in uien, maar is in de proef gebruikt als 'Wing P zonder pendimethalin'.

3.2.1.4 Onkruid- en plantwaarnemingen

De hoeveelheid en soorten onkruid zijn voorafgaand en na elke herbicide toepassing bepaald op drie plekken in het proefveldje per telling. Deze bepaling is gedaan met behulp van een telraam met een oppervlakte van 0,25 m² (50 x 50 cm). Het telraam werd willekeurig neergelegd rondom de gemarkeerde locaties (Figuur 7).



Figuur 7 Schematische weergave veldje.

Naast de dichtheid en samenstelling van de onkruiden, is het plantaantal en de gemiddelde plantlengte van de uienplanten op 6x1 strekkende meter gemeten. De bepalingen aan het gewas zijn gedaan op vaste, gemarkeerde locaties.

3.2.1.5 Overige teeltmaatregelen

Op 6 april is bemest met 30m³ rundveedrijfmest en de overige bemesting is uitgevoerd met kunstmest. Op 13 mei en 23 juni is respectievelijk 200 en 150 kg ha⁻¹ KAS gestrooid. Op 2 juli is nog 120 kg ha⁻¹ Kali 60 toegepast. De overige gewasbescherming is toegepast door middel van volvelds bespuitingen op het gehele perceel. Het perceel is viermaal met 20 mm beregend op 10-jun, 20-jun, 17-jul en 25-jul.

3.2.1.6 Opbrengstbepaling

Op 19 september zijn voor alle objecten per veldje uien met de hand geoogst voor de opbrengstbepaling. In het midden van ieder veldje is over een lengte van 2 meter het gehele bed à 3 meter breed geoogst. Op 28 september zijn de monsters in Vredepeel verwerkt en zijn zowel de bruto als netto opbrengsten bepaald.

3.2.1.7 Statistiek

Statistische verwerking is uitgevoerd in RStudio (R Core Team 2023). Om statistische verschillen aan te tonen zijn de data geanalyseerd met behulp van een variantie-analyse (ANOVA). Voor alle analyses is een significantie niveau van $\alpha = 0,05$ gehanteerd.

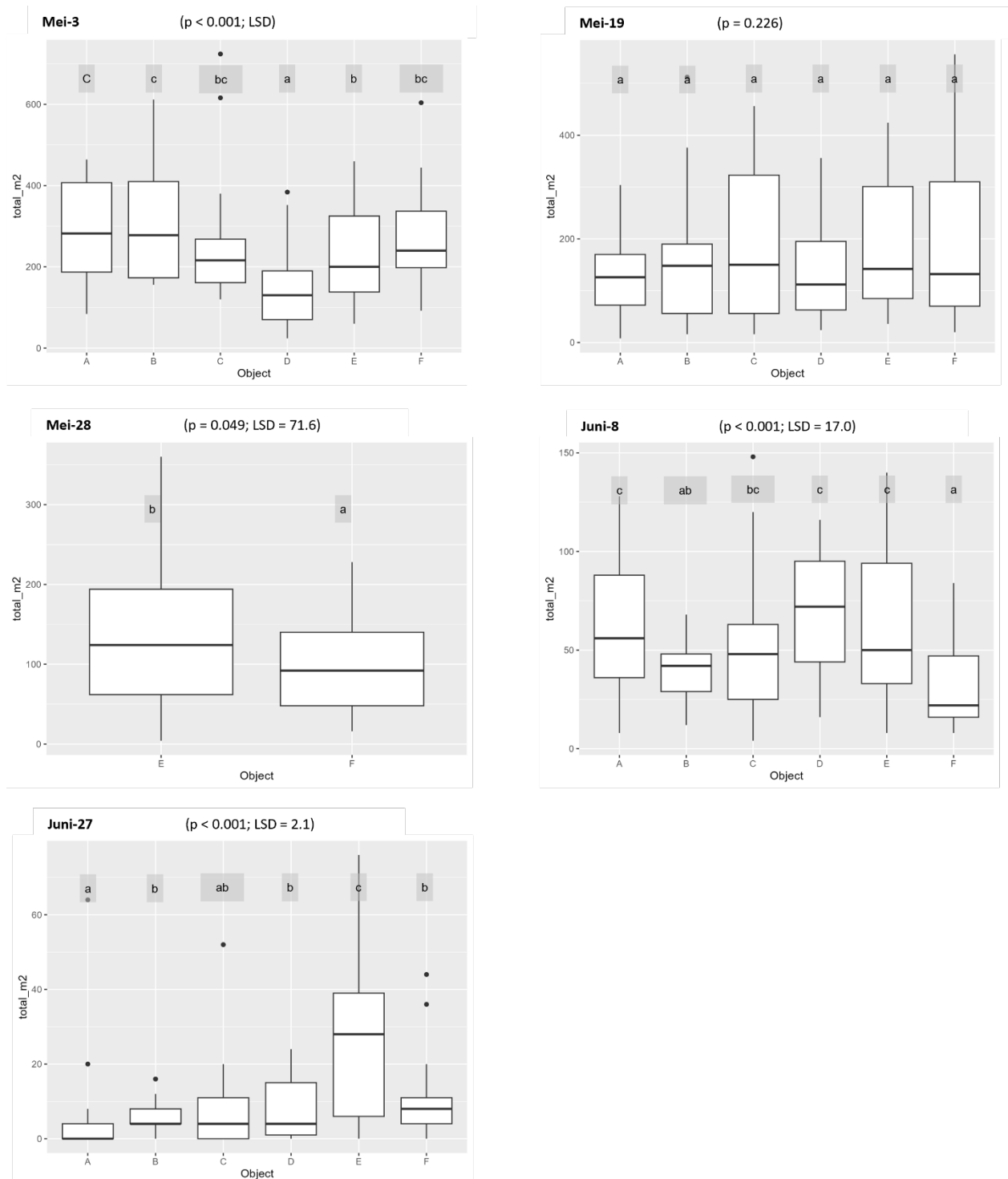
3.2.1.8 Simulatie toepassingsraster

Tijdens het werk slaat de Ecorobotix ARA willekeurig een aantal foto's op. Ecorobotix heeft deze foto's gedeeld, inclusief de detectie van gewas en onkruid die de machine op de foto gedaan heeft. Over een willekeurige foto hebben we een raster getekend om te visualiseren wat ongeveer de vakjes zijn die door de ARA gespoten worden. Een camerabeeld beslaat ongeveer 100 bij 75 centimeter, en er zijn 20 bij 15 vakjes gemaakt, wat betekent dat elk vakje 5x5 cm beslaat. Van de foto wordt handmatig geteld in hoeveel van de 300 vakjes onkruid staat.

3.2.2 Resultaten

3.2.2.1 Onkruidtellingen

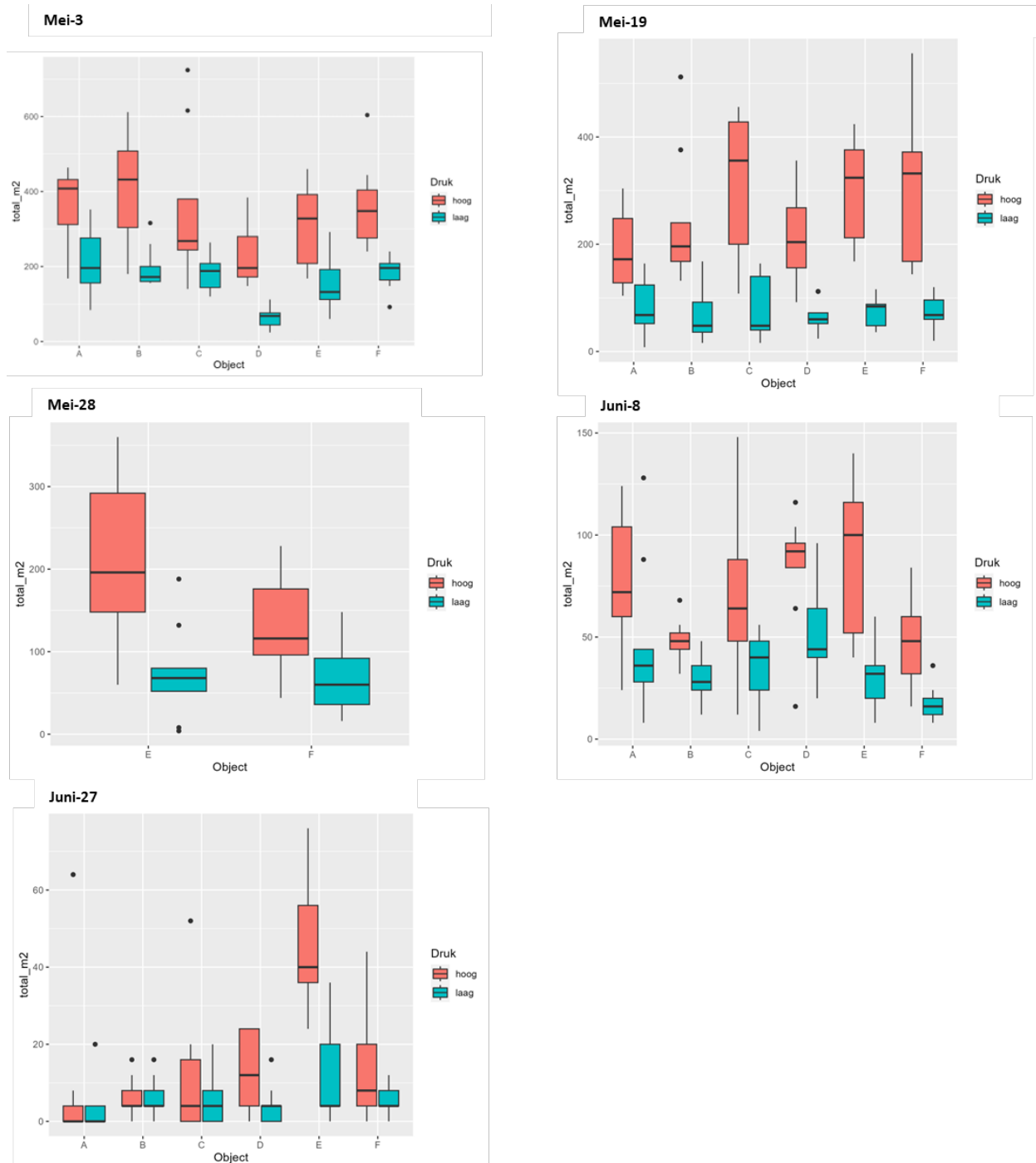
Bij de start van de proef, nadat de volvelds vooropkomst herbicidetoepassingen waren aangebracht, waren op 3 mei al duidelijke verschillen te zien in onkruidruk tussen de objecten. Waar in object D geen vooropkomst herbiciden zijn toegepast, viel dit object juist op vanwege de laagste onkruidruk (Figuur 8). Ook object E heeft op dat moment een significant lagere onkruidruk dan het praktijkobject. Na de toepassing van het bodemherbicide AZ500 en de eerste na opkomst bespuitingen met contactherbiciden, is op 19 mei geen sprake meer van significante verschillen in de onkruidruk. De onkruidruk is op dat moment gemiddeld genomen gedaald, maar er is wel sprake van grote spreiding binnen de objecten.



Figuur 8 Effect van de verschillende spuitschema's op de onkruidruk per m² op 5 datums. Significante verschillen per datum tussen de objecten zijn weergegeven met letters.

In de tweede helft van mei viel op dat de objecten die werden bespoten zonder CfS middelen een hogere onkruidrichtheid ontwikkelden. Er is toen gekozen om die objecten op 27 mei nogmaals te bespuiten met de spotsprayer, waarbij opviel dat de onkruiddruk rond die tijd in object E significant hoger lag.

Begin juni werden er grote verschillen aangetroffen tussen de diverse objecten. Met name de lagere onkruiddruk in object F, waarbij een hogere dosering werd toegepast tijdens het spotspraken, was opvallend en ook significant lager in vergelijking tot de praktijkstrategie. Daarbij waren er geen objecten die in het algemeen een hogere onkruiddruk hadden dan de praktijkstrategie.



Figuur 9 Effect van de verschillende spuitschema's op de onkruiddruk per m² voor het perceelsgedeelte met lage en hoge onkruiddruk op 5 datums.

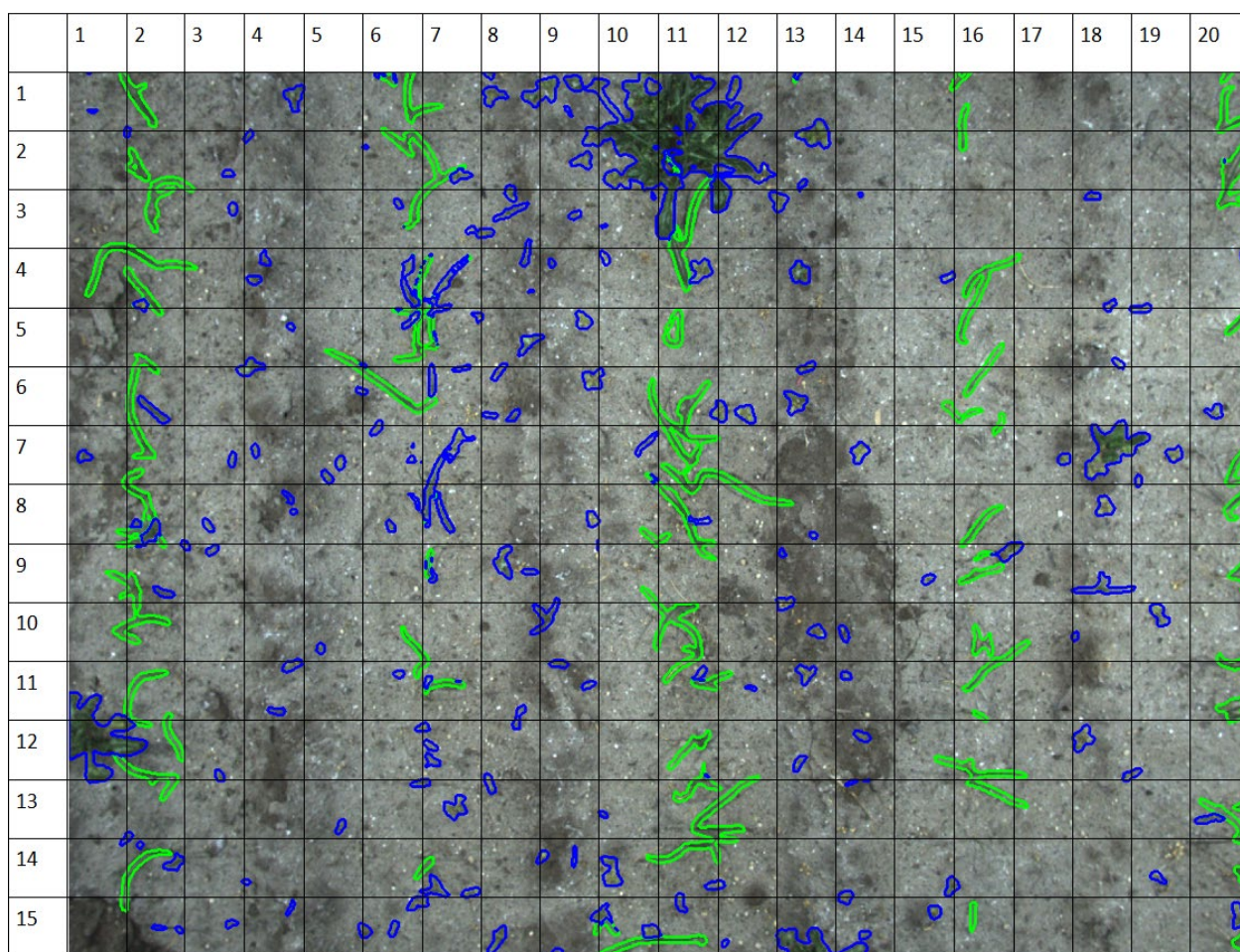
Gedurende de proef viel op, zowel visueel als uit de onkruidtellingen, dat er een duidelijk verschil in onkruiddruk was tussen de zuidelijke drie herhalingen en noordelijke drie herhalingen. Wanneer de effecten van de verschillende strategieën op de onkruiddruk worden bekeken voor de twee delen van het proefveld

met een lagere en hogere onkruiddruk, kwam in een aantal gevallen naar voren dat de effecten van de strategieën anders zijn.

In de tellingen van 3 en 19 mei waren de verschillen tussen de objecten grotendeels gelijk voor zowel de lage als hoge onkruiddruk (Figuur 9). Wel had object D hier wederom een relatief lage onkruidichtheid, terwijl geen bodemherbiciden zijn toegepast voor opkomst. In de gedeelten met hogere onkruiddruk valt object C op, in strategie gelijk aan B maar met een hogere dosering, omdat deze ook een hogere onkruidichtheid had.

Vanaf eind mei valt met name object E weer op, waar bij hogere onkruiddruk van het perceel een sterk hogere onkruidichtheid werd waargenomen. Voor de objecten D en F is dit effect ook aanwezig, maar minder sterk.

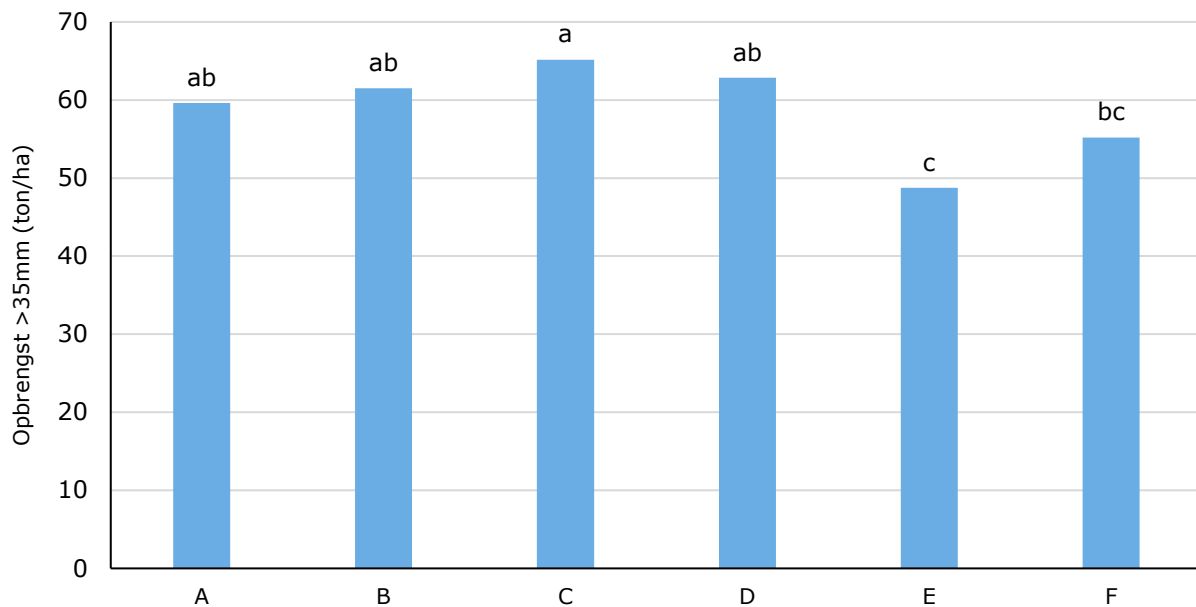
Van de bespuitingen op 22 mei hebben we de eerste foto van een willekeurige missie genomen en daar het raster overheen getekend (Figuur 10). In 178 van de 300 vakjes (59.3%) staat (enig) onkruid.



Figuur 10 De eerste foto van missie #17 van de bespuitingen op 22 mei. Gewas is groen, onkruid blauw. In 178 van de 300 vakjes (59%) is sprake van onkruid.

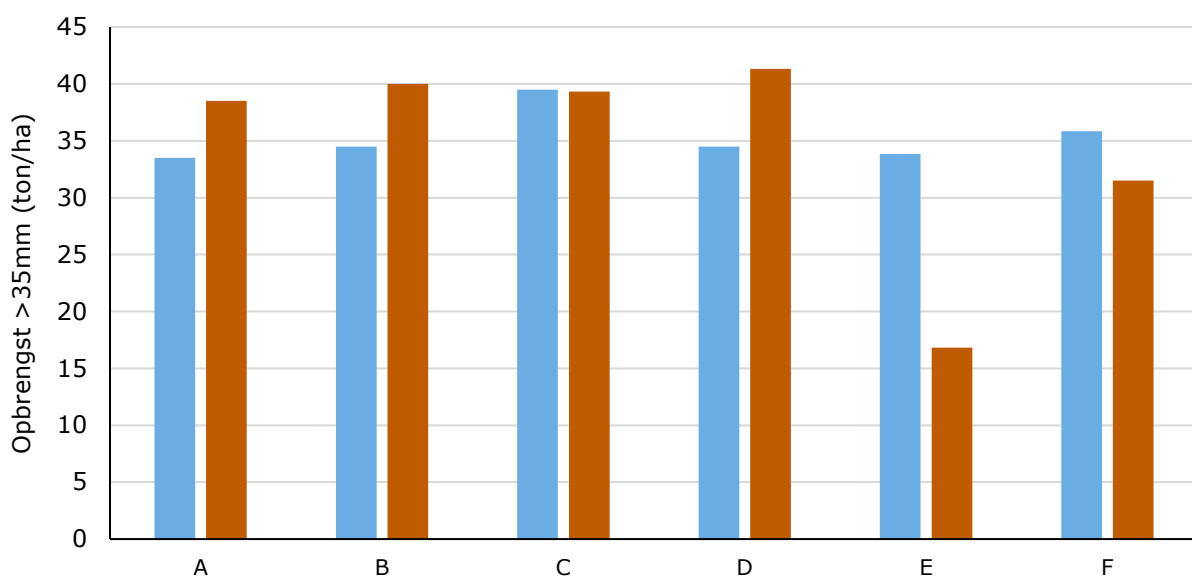
3.2.2.2 Opbrengst

De opbrengstgegevens over de hele proef laten zien dat, ten opzichte van de praktijkstrategie, de spotsprayobjecten die hierop zijn gebaseerd (B-D) qua opbrengst gelijkwaardig zijn (Figuur 11). De beide objecten zonder de CfS middelen (E-F), laten een opbrengstreductie zien. De opbrengst is echter alleen voor object E significant lager ten opzichte van de praktijk, maar beide objecten noteerden wel een lagere opbrengst dan object C, dat de hoogste opbrengst had.



Figuur 11 Effect van onkruidbeheersingsstrategie op de opbrengst voor de verschillende objecten. Letters geven significante verschillen tussen objecten weer ($p = 0.042$).

Na uitsplitsing van de opbrengsten op basis van de onkruiddruk aan de noord- (hoge onkruiddruk) en zuidzijde (lage onkruiddruk), wordt zichtbaar dat de significantere opbrengstreductie in object E met name optrad wanneer sprake was van een hoge onkruiddruk (Figuur 12). De opbrengstreductie bij de standaard onkruiddruk was niet meer waarneembaar.



Figuur 12 Effect van onkruidbeheersingsstrategie op de opbrengst voor de verschillende objecten, uitgesplitst naar onkruiddruk in het veld (blauw = lage onkruiddruk, rood = hoge onkruiddruk). Letters geven significante verschillen tussen objecten weer ($p = 0.042$).

3.3 Proef zavelgrond

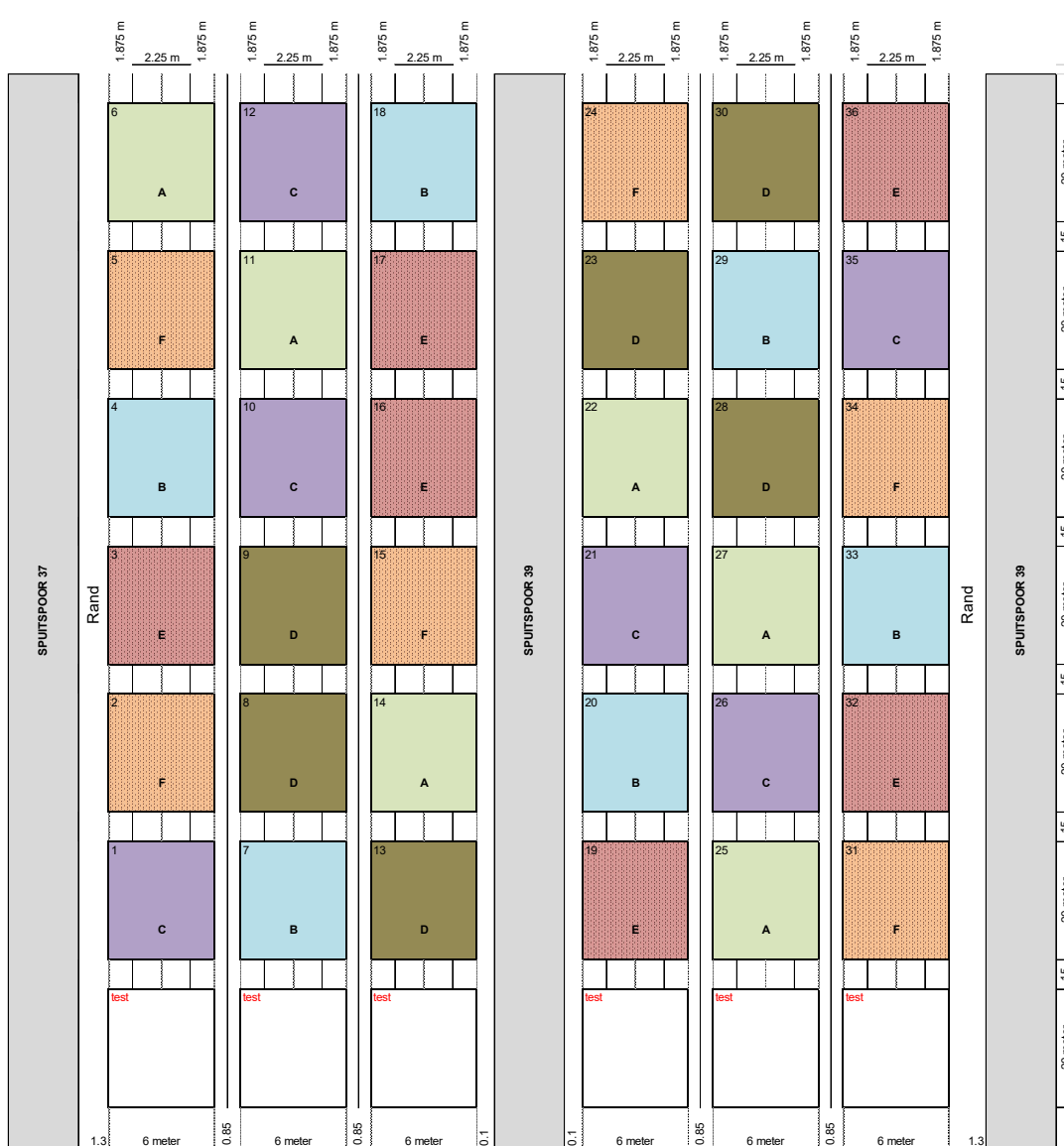
3.3.1 Materiaal & methoden

3.3.1.1 Proefveldbeschrijving

De proef is uitgevoerd in 2023 op een lichte zavelgrond (klei – 17%, silt - 28%, zand - 48%) van het praktijkbedrijf van Wageningen Plant Research te Lelystad, Flevoland (52.53348, 5.56198). Het perceel heeft een organische stofgehalte van 1.7% en een pH van 7.4. In 2023 zijn zaaiuien geteeld op het perceel en de voorvruchten waren wintertarwe in 2022 en aardappelen (consumptie) in 2021. Het perceel werd op 7 december 2022 geploegd. Op 1 mei 2023 werden de zaaiuien van het ras Centro gezaaid.

3.3.1.2 Proefopzet

De proef is opgezet als een gerandomiseerd design met 6 objecten in 6 herhalingen, resulterend in een totaal van 36 veldjes (Figuur 13). De veldjes hadden een bruto grootte van 120 m² (6×20 m) en een netto afmeting van 36 m² (2.25×16 m). De netto veldjes bestonden uit een volledig teeltbed van 2.25 meter breed, waarbij het middelste element van de spotsprayer dit bed ononderbroken kon behandelen. Tussen de bruto veldjes werd een buffer van 15 meter aangehouden om overlap tussen de objecten te voorkomen. Deze buffer is voor alle gewasbeschermingsmaatregelen conform praktijk behandeld.



Figuur 13 Proefveldschema Lelystad.

3.3.1.3 Herbicidentoepassing

Voor de opkomst van de uien zijn op 11 mei object A, B en C volvelds behandeld met 1.5 L/ha Stomp en objecten E en F volvelds met 1.0 L/ha Boxer en 0.5 L/ha Dual Gold (Tabel 4). In object D is geen voor opkomst herbicidenbespuiting uitgevoerd. Op 20 mei is in het kramstadium een volvelds bespuiting op het gehele perceel uitgevoerd met 0.2 L/ha AZ500.

In de na opkomst periode is onderscheid gemaakt in drie typen objecten: volvelds praktijkstrategie (A), plaatsspecifieke bespuiting met de praktijkstrategie als uitgangspunt (B-D), plaatsspecifiek zonder gebruik van candidates for substitution (E-F). Een overzicht van de bespuitingen en gebruikte middelen en doseringen is te vinden in Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..

- Object A is volvelds bespoten conform de praktijkadvisering die tevens werd gevolgd op het de overige delen van het perceel
- Object B volgde qua middelen en dosering het praktijkobject, maar de toepassing was plaatsspecifiek in plaats van volvelds
- Object C is qua middelen en momenten gelijk aan object B, maar de dosering was verdubbeld
- Object D is, met uitzondering van de vooropkomst toepassingen, gelijk aan object B
- Object E is behandeld zonder gebruik van CfS middelen; dosering en aantal spuitmomenten is gekozen op basis van de praktijk, maar waar nodig aangepast op basis van de onkruidruk
- Object F is qua middelen en momenten gelijk aan object E, maar de dosering was verdubbeld

Alle bespuitingen met de Ecorobotix ARA zijn uitgevoerd met een verbruik van 350 L/ha en een rijsnelheid van 4.3 km/uur. Dit gaat om de bespuitingen in objecten B-F op 11/12 mei, 17 mei en 27 mei. Er is gespoten zonder veiligheidsmarges, zodat geen rekening is gehouden met eventuele aanwezigheid van gewasplanten (als optie B. in Tabel 2).

Tabel 4 Bespuitingen per object, per datum. Doseringen zijn in L/ha of kg/ha.

	A (praktijk)	B ARA (als praktijk)	C ARA (2x dos.)	D ARA (zonder vooropkomst)	E (ARA zonder CfS)	F (ARA zonder CfS; 2x dos.)
11 mei	1.50 Stomp	1.50 Stomp	1.50 Stomp	-	1.50 Boxer 0.50 Dual Gold	1.50 Boxer 0.50 Dual Gold
20 mei	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500	0.2 AZ500
25 mei	0.25 Lentagran -	0.25 Lentagran 0.25 Basagran ¹	0.50 Lentagran 0.50 Basagran	0.25 Lentagran 0.25 Basagran	0.25 Lentagran 0.25 Basagran	0.50 Lentagran 0.50 Basagran
	0.12 starane	0.12 starane	0.24 Starane	0.12 starane	0.12 starane	0.24 Starane
31 mei	0.30 Lentagran 0.25 Basagran 0.25 Dual Gold	0.30 Lentagran 0.25 Basagran 0.25 Dual Gold	0.60 Lentagran 0.50 Basagran 0.50 Dual Gold	0.30 Lentagran 0.25 Basagran 0.25 Dual Gold	0.30 Lentagran 0.25 Basagran 0.25 Dual Gold	0.60 Lentagran 0.50 Basagran 0.50 Dual Gold
8 juni	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.25 Dual Gold 0.15 Starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.25 Dual Gold 0.15 Starane	1.00 Lentagran 1.00 Basagran 0.50 Dual Gold 0.30 Starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.25 Dual Gold 0.15 Starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.25 Dual Gold 0.15 Starane	1.00 Lentagran 1.00 Basagran 0.50 Dual Gold 0.30 Starane
15 juni	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.75 Wing P 0.12 starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.75 Wing P 0.12 starane	1.00 Lentagran 1.00 Basagran 1.50 Wing P 0.24 Starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran 0.75 Wing P 0.12 starane	0.50 Lentagran 0.50 Basagran - 0.12 starane	1.00 Lentagran 1.00 Basagran - 0.24 Starane
17 juni	1.5 Balistik	1.5 Balistik	1.5 Balistik	1.5 Balistik	1.5 Balistik	1.5 Balistik

N.B. In voorkomende gevallen is de maximale toegelaten toepassing overschreden. Zie voor toegelaten middelen en doseringen Bijlage 1.

¹ De bespuiting met basagran in object B is op 25 mei per abuis uitgevoerd.

3.3.1.4 Onkruid- en plantwaarnemingen

De hoeveelheid en soorten onkruid zijn voorafgaand en na elke herbicidentoepassing bepaald op drie plekken in het proefveldje per telling. Deze bepaling is gedaan met behulp van een telraam met een oppervlakte van 0,25 m² (50 x 50 cm). Het telraam werd willekeurig neergelegd rondom de gemarkeerde locaties (Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.).

Naast de dichtheid en samenstelling van de onkruiden, is het plantaantal en de gemiddelde plantlengte van de uienplanten op 6x1 strekkende meter gemeten. De bepalingen aan het gewas zijn gedaan op vaste, gemarkeerde locaties.

3.3.1.5 Overige teeltmaatregelen

Het perceel werd op 7 december 2022 geploegd met een bewerkingdiepte van 25 cm. Op 10 juli 2023 is bemest met 250 kg ha⁻¹ NK 16-30. De overige gewasbescherming is toegepast door middel van volvelds bespuitingen op het gehele perceel. Er is geen beregening toegepast gedurende het teeltseizoen.

3.3.1.6 Statistiek

Statistische verwerking is uitgevoerd in RStudio (R Core Team 2023). Om statistische verschillen aan te tonen zijn de data geanalyseerd met behulp van een variantie-analyse (ANOVA). De gegevens van de onkruidtellingen zijn geanalyseerd door middel van een Kruskal-Wallis test. Voor alle analyses is een significantie niveau van $\alpha = 0,05$ gehanteerd.

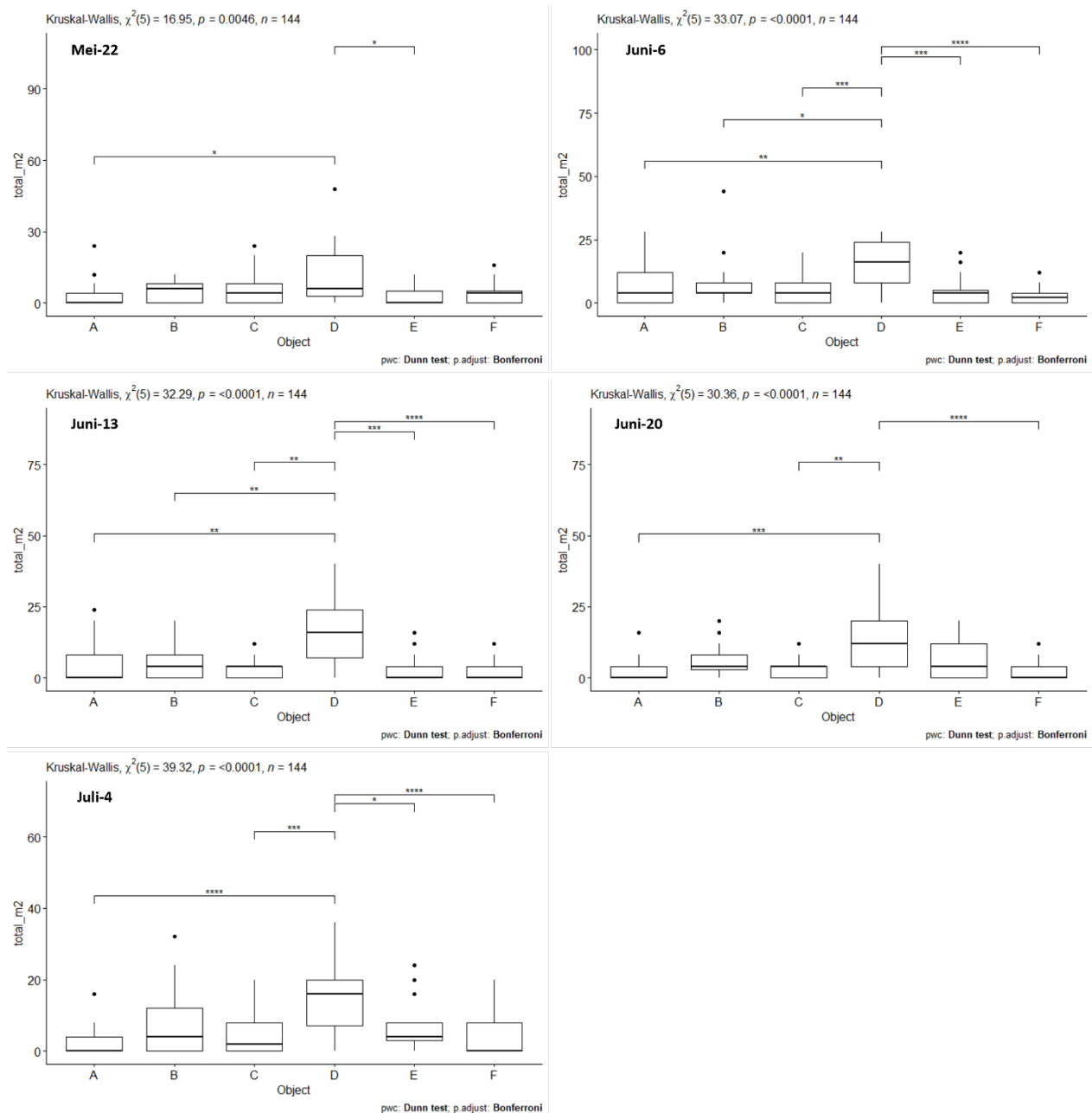
3.3.1.7 Simulatie toepassingsraster

Net als in de proef op zandgrond hebben we een toepassingsraster gemaakt over een willekeurige foto. Zie verder 0.

3.3.2 Resultaten

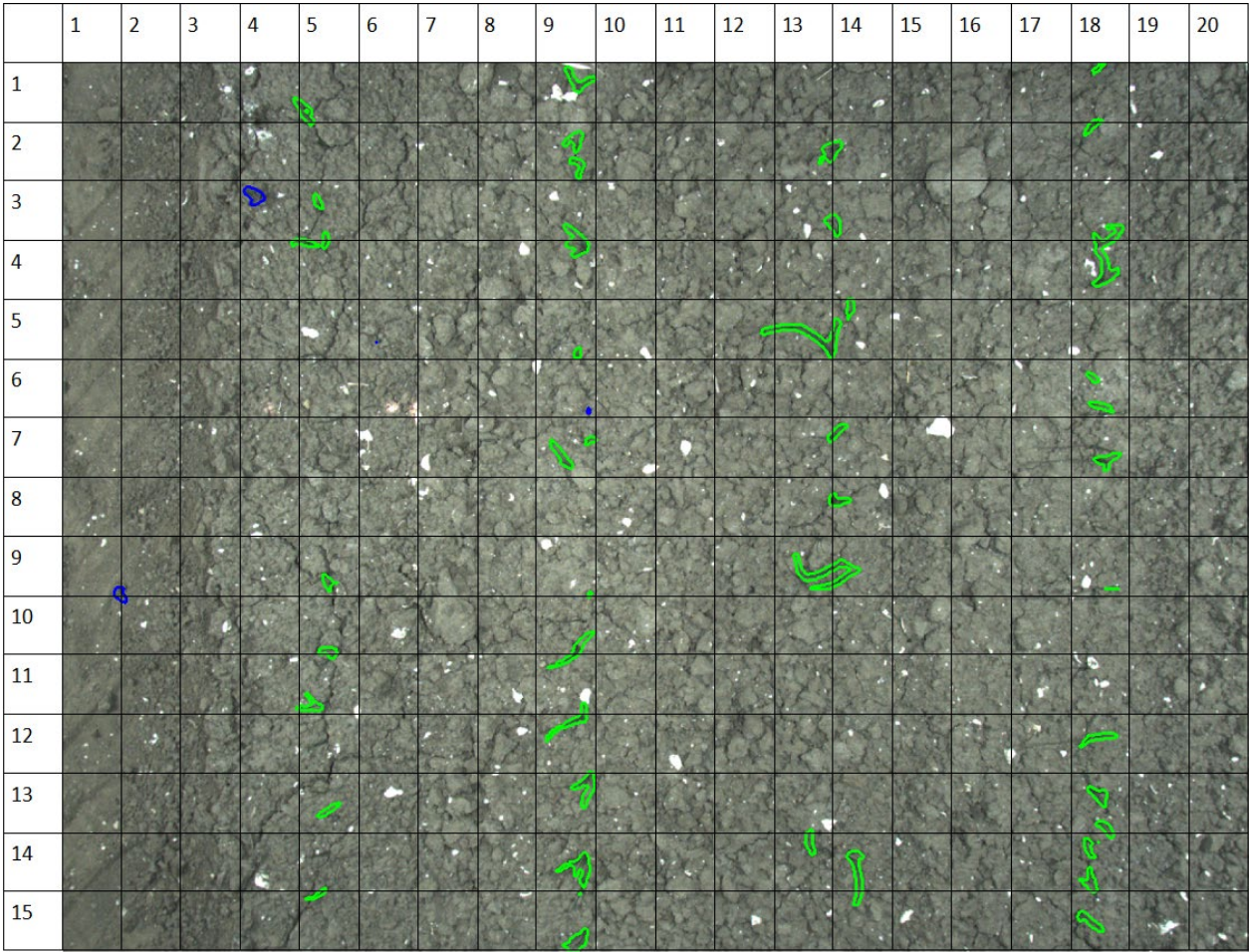
3.3.2.1 Onkruidtellingen

De onkruidtellingen voorafgaand en tussen de na opkomst herbicidebespuitingen lieten in het algemeen lage onkruiddruk zien (Figuur 14). Voor alle waarnemingsmomenten geldt dat de onkruiddruk tussen ongeveer 0 en 25 planten per m² lag. Daarbij viel object D, waarbij geen bodemherbiciden zijn toegepast, op alle momenten op met een hogere onkruiddichtheid. Op 6 en 13 juni was de onkruiddichtheid voor alle objecten significant lager dan in object D.



Figuur 14 Gemiddelde onkruiddichtheid per m² in de verschillende objecten gedurende het groeiseizoen. Significante verschillen tussen objecten zijn weergegeven inclusief betrouwbaarheid.

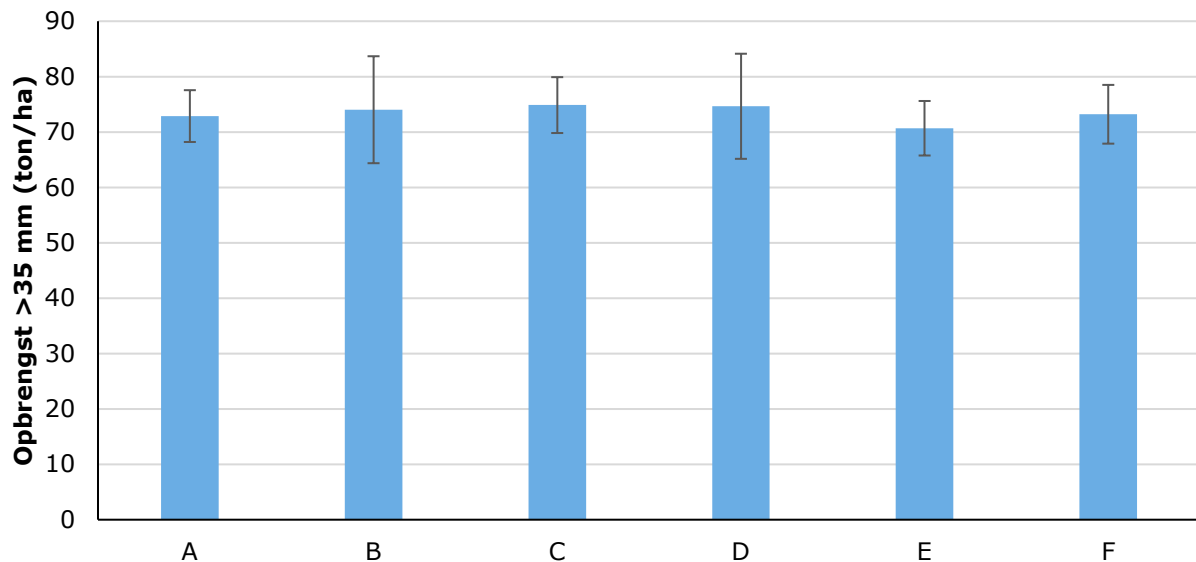
Van de bespuitingen op 31 mei hebben we de eerste foto van de middelste missie genomen en daar het raster overheen getekend (Figuur 15). in 7 van de 300 vakjes (2.3%) staat (enig) onkruid.



Figuur 15 De eerste foto van missie #16 van de bespuitingen op 31 mei. Gewas is groen, onkruid blauw.

3.3.2.2 Opbrengsten

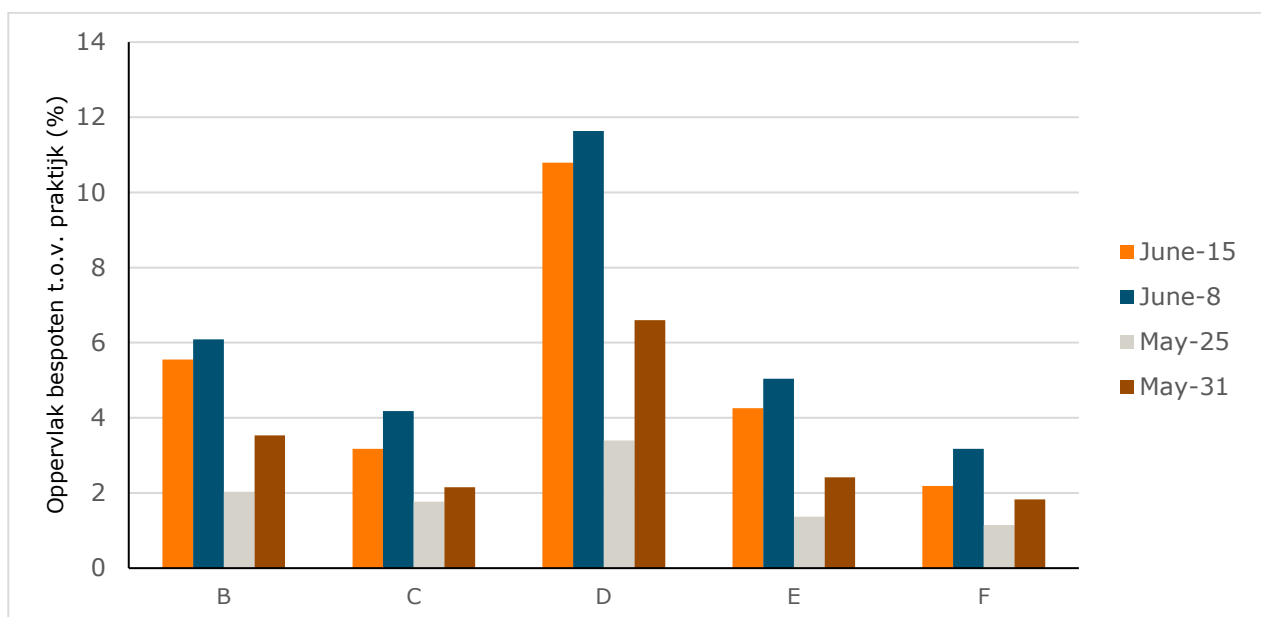
De gemiddelde opbrengst van de zaaiuien lag voor alle objecten tussen de 70 en 75 ton/ha (Figuur 16). Er werden geen significante verschillen aangetroffen tussen de verschillende onkruidbeheersingsstrategieën (ANOVA; $p = 0.929$). Naast de opbrengstverschillen zijn er ook slechts minimale verschillen in de plantaantallen gedurende het seizoen waargenomen (bijlage 2). Hoewel er een afname zichtbaar is in het aantal planten gedurende het seizoen, veroorzaakt die geen wezenlijke verschillen tussen de behandelingen.



Figuur 16 Gemiddelde opbrengst van de verschillende objecten.

3.3.2.3 Input herbiciden

Ten opzichte van de volvelds bespuitingen in de praktijkstrategie (object A), werd er in de overige objecten een besparing van 88-98% gerealiseerd op basis van bespoten oppervlakte (Figuur 17). In object D was deze besparing het minst groot, waar voor de overige objecten een middelreductie van minstens 90% altijd werd gerealiseerd.



Figuur 17 Besparing van herbiciden als resultaat van plaatsspecifieke toepassing.

3.4 Discussie en conclusies

3.4.1 Algemene uitkomst en opbrengstverschillen

Voor beide proeven geldt dat een groot deel van de op de praktijk gebaseerde objecten met plaatsspecifieke toepassing een vergelijkbare opbrengst geven. Daarbij is weinig verschil tussen een strategie op basis van de praktijkdoseringen en die met verhoogde doseringen. De toediening van herbiciden met een dubbele dosering leidt niet tot een significante opbrengstreductie, die dan zou kunnen worden verklaard door gewasschade als gevolg van de herbicidetoepassing. De strategieën waarbij de CfS middelen niet zijn ingezet

leidde op zavelgrond ook niet tot een opbrengstreductie (Figuur 16), in tegenstelling tot zandgrond waar dit wel het geval was. Met name het object met de standaarddoseringen (E) had een significant lagere opbrengst, al geldt ook voor het object met de hogere doseringen (F) dat een trend zichtbaar is naar lagere opbrengst (Figuur 11). Laatstgenoemde object wijkt dan ook significant af van het object met de hoogste opbrengst.

Waar op zavelgrond de verschillende strategieën niet leiden tot opbrengstverschillen, kunnen de verschillen op zandgrond mogelijk verklaard worden door minstens twee redenen. Allereerst is er in de objecten met een lagere opbrengst een hogere onkruidichtheid waargenomen; met name in object E speelt dit een rol. Dit is een indicatie voor meer concurrentie van onkruid met het gewas. Daarbij is niet alleen het aantal onkruiden van belang, maar met name ook de daadwerkelijke concurrentie om licht, water en nutriënten die kan worden afgeleid van de biomassa. Hoewel hieromtrent geen kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn, kan wel gezegd worden dat de hoeveelheid onkruidbiomassa in deze objecten visueel beduidend hoger was dan in de overige objecten.

Als gevolg van een hogere onkruidichtheid, zal ook met een plaatsspecifieke toepassing een groter deel van het oppervlakte worden bespoten dan bij een lagere dichtheid. In de proef op zavelgrond is dit het geval voor object D, waarbij geen bodemherbiciden zijn toegepast. De onkruiddruk was in dit object significant hoger gedurende het seizoen (Figuur 14) en resulteerde in een groter behandeld oppervlak (Figuur 17) dan bij de andere strategieën. Omdat in deze proeven geen gebruik is gemaakt van veiligheidsmarges rondom het gewas, zou een hogere onkruiddruk kunnen resulteren in meer groeireductie als gevolg van dit verband. Voor de proef op zavelgrond is hier echter geen sprake van aangezien de opbrengsten niet van elkaar verschillen. In de proef op zandgrond zou dit mogelijk wel een effect kunnen hebben.

In de huidige opzet van de proeven kan echter geen onderscheid gemaakt worden in de effecten van bespuitingen en die van concurrentie tussen gewas en onkruiden. Het is daarbij logisch dat het effect van concurrentie met onkruiden vele malen groter is, omdat bij gebruik van normale doseringen in principe nooit meer herbiciden worden toegepast dan in een volvelds bespuiting. Hierbij speelt overlap die de spuitdoppen van een spotsprayer hebben (dopafstand 4 cm en breedte spuitbeeld 6 cm) wel een mogelijke rol.

3.4.2 Effecten van onkruiddruk

De twee proeven omvatten twee duidelijk verschillende situaties wanneer men kijkt naar de onkruidpopulaties. Op zavelgrond was er een zeer lage onkruiddruk, waardoor nauwelijks verschillen zijn aangetroffen. De proef op zandgrond had daarentegen een hoge onkruiddruk, waarbij gedurende de proef ook nog een verschil binnen het proefveld werd waargenomen. Uit deze proef kan rondom de ontwikkeling van de onkruiden worden opgemerkt dat de uitgangssituatie van onkruiddruk op het perceel, mede bepalend is voor een succesvolle toepassing van spotsprayeren.

Met name in de objecten waar geen CfS middelen zijn gebruikt, dus geen Stomp (pendimethalin), was de onkruiddruk dusdanig hoog dat de vraag gesteld dient te worden wat de toegevoegde waarde van een plaatsspecifieke toepassing is als nagenoeg volvelds wordt toegepast. Daarnaast blijkt dat het adequaat beheersen van de onkruiden niet haalbaar was, waardoor onder andere een extra bespuiting is uitgevoerd op 27 mei. Hierbij speelt met name dat een deel van de onkruiden vanaf het begin van het seizoen is ontsnapt, waardoor feitelijk sprake is van correctie op correctie. Ook de situatie aan het einde van de onkruidbestrijdingsperiode was onwenselijk, waarbij in deze objecten relatief de meeste in het zaad schietende onkruiden werden aangetroffen, waardoor de onkruiddruk voor de toekomst toenam. Dit betrof onder andere melden en klein kruiskruid, onkruiden die relatief lastig chemisch zijn te bestrijden.

3.4.3 Simulatie spuitraster

Hoewel de gemaakte spuitrasters beide een willekeurige foto zijn van de beide proeven, lijken ze wel representatief voor de situatie in de respectievelijke proeven. In beide spuitrasters zijn onkruiden te zien die net over een rastergrens gaan, waardoor het onkruid in twee vakjes staat, en er dus in theorie twee spuitdoppen aanschakelen om deze plant te behandelen. Dit is ook iets wat in de praktijk voorkomt als een onkruidplant op de grens tussen twee doppen staat. In de lengterichting schakelt de ARA echter niet per zes

centimeter, maar kan een dop specifiek aan- en uitgezet worden; in de lengterichting wijkt de simulatie daarmee af van de praktijk. Het spuitraster is vooral bedoeld om een indruk te krijgen van de reductiepotentie van een spotsprayer.

Zo valt te zien dat als de onkruidruk erg hoog wordt, dat er op een gegeven moment (nagenoeg) geen besparing meer te halen is, vanwege de vaste spuitbreedte per dopje, ondanks dat de onkruidplantjes erg klein zijn en er veel ruimte tussen de onkruidplantjes te zien is. Bij een lage onkruidruk komt een spotsprayer tot zijn recht, en zijn de grote besparingen te halen, wat in de proef op zavelgrond ook werd aangetoond.

4 Match use case en resultaten proeven

De in hoofdstuk 2 geformuleerde use case is in de proeven beschreven in hoofdstuk 3 getoetst. De vraag is, of er een 'werkende' use case is, zowel voor de situatie op de zavelgrond, bij lage onkruid dichtheid, als voor de zandgrond, bij hoge onkruid dichtheid. Een werkende use case betekent dat het behaalde technische resultaat – zowel t.a.v. de mechanisatie als het teeltresultaat – van het gebruik van de Ecorobotix ARA spotsprayer niet verschilt van het resultaat van de huidige praktijk van volvelds toepassen van de gewasbeschermingsmiddelen.

Geconcludeerd kan worden dat inderdaad het inzetten van de Ecorobotix ARA spotsprayer hetzelfde teelttechnische resultaat oplevert als de referentiestrategie met volvelds toepassen. Hierbij wordt gekeken naar object B in de proeven in vergelijking met object A. Dit geldt voor beide proeflocaties en blijkt zowel uit de uitgevoerde onkruidtellingen als de opbrengstbepaling bij oogst. Dit betekent dat de spotsprayer nu in de praktijk inzetbaar is, waarbij een goed agronomisch resultaat verwacht mag worden.

Omdat pendimethalin een stof is die als CfS is aangemerkt, én deze stof breed wordt ingezet als vooropkomsttoepassing in de uienteelt, is een vergelijking gemaakt van een strategie zonder deze toepassing (object D) met een strategie zonder (object B). Deze vergelijking is agronomisch relevant en verder te zien als stapsteen in het verder uitwerken van de use case. In beide proeven werd in object D een hogere onkruidbezetting gevonden dan in object B, maar zonder opbrengsteffecten in de proeven. De kans is echter aannemelijk dat niet bestreden onkruiden zaad hebben gevormd en daarmee de onkruidbezetting in de toekomst verhogen. Voldoende effect op de korte termijn staat hiermee mogelijk op gespannen voet met langere termijneffecten.

Met het heroverwegen (en in de toekomst verdwijnen) van CfS-middelen en andere druk op chemiegebruik, is het goed denkbaar dat er (nieuwe) middeltoelatingen komen speciaal voor spotspraying. Zo'n toelating zal kunnen beschrijven onder welke omstandigheden een middel pleksgewijs gebruikt mag worden. Het is niet onwaarschijnlijk te denken dat dit alleen mag met een gecertificeerd detectiealgoritme en een gecertificeerde nauwkeurige uitvoering van de bespuiting. Of dit consequenties heeft voor de manier waarop detectiealgoritmes geüpdatet kunnen worden is een vraag die nog beantwoord moet worden. Er mag vanuit gegaan worden dat een vernieuwd algoritme beter werkt, maar dit is niet gegarandeerd. En ook als een algoritme beter werkt kan dit voor de toelating nadelige effecten hebben. Als onkruiden beter herkend worden, zal er mogelijk op meer plekken gespoten worden. Er moet dus zowel gerekend worden aan de plaatsing en dosering binnen één toepassing als aan de gestapelde plaatsing en dosering bij herhaalde toepassing.

Bij de uitwerking van object D en F is bovenstaande verkend. In deze objecten is gewerkt met verhoogde doseringen, maar elke aanpak die buiten de restricties van de huidige toelating treedt (hoger of vaker toepassen, vgl. scenario C. en E. in Tabel 2) vraagt dezelfde technische ontwikkeling om de aanpak regelgevingstechnisch in te kaderen, zoals bovenstaand beschreven. In de proeven zijn van deze aanpak geen nadelige effecten op het gewas vastgesteld, en de onkruidbezetting was gelijk aan de referentie-objecten.

De Ecorobotix ARA kan nauwkeurig toepassen. De machine kan echter niet met dezelfde nauwkeurigheid loggen waar toegepast is. Voor mogelijke toekomstige ontwikkelingen zoals bovenstaand verkend is daarmee een technische ontwikkelslag nodig. Daarvoor is een nauwkeuriger plaatsbepaling nodig, en het per dop bijhouden wanneer deze aan en uit wordt geschakeld.

Naast de technische ontwikkelvraagstukken is het voor het ontwikkelen van dergelijke toekomstige ontwikkelingen nodig om de regelgeving hierop af te stemmen. Zoals in 2.2.4 beschreven wordt er binnen EUPAF gewerkt aan kaders om hier naartoe te kunnen werken. Hier kunnen naast bovenstaande machinetechnische aspecten ook zaken op het gebied van milieu-impact van de te gebruiken middelen een rol gaan spelen. Te denken valt aan depositie, drift en residu. Alleen door aan dergelijke aspecten te gaan

meten kan hier voldoende nauwkeurig inzicht in worden verworven. Dat inzicht zal nodig kunnen zijn om spotspraken nog meer uit te nutten dan nu al mogelijk is.

Voor de huidige telerspraktijk komt er concluderend uit de uitgevoerde veldproeven en de gedefinieerde use case de indruk naar voren, dat met spotspraytechniek – zoals de Ecorobotix ARA – besparing op herbicideninput mogelijk is, door alleen toe te passen waar nodig. De aselect bekeken foto's uit de proef op zandgrond (Figuur 10) en zavelgrond (Figuur 15) vertonen veel overeenkomst met de theoretische exercitie zoals beschreven in de use case (Tabel 2, optie B.). Naarmate de onkruid dichtheid stijgt, wordt de inputwinst navenant kleiner. Bij stijging van de onkruidbezetting wordt het risico op onvoldoende bestrijding groter, wat het beeld is in de onkruidrijke helft van de proef op zandgrond (Figuur 9), waar onvoldoende onkruidbestrijding ook tot opbrengstreductie leidde (Figuur 12). Dit was echter niet te herleiden naar de gebruikte techniek, maar het resultaat van de gekozen (niet-CfS-)middelen in de strategie.

Alles wegende is er met spotspraytechnologie voor telers een techniek beschikbaar die veel potentie in zich draagt om de middelinput te reduceren. Optimaal uitnutten van de mogelijkheden hiervan is afhankelijk van (huidige en toekomstige) juridische inbedding en technologische ontwikkeling.

5 Aanbevelingen

Op basis van de beschreven activiteiten en de match tussen use case en de uitgevoerde veldproeven kunnen enkele aanbevelingen gedaan worden:

- Verbetering van de nauwkeurigheid van plaatsbepaling (GPS) van de Ecorobotix ARA spotsprayer verdient aandacht. Verbetering helpt bij het verder inbedden in regelgeving van de gebruiksmogelijkheden van de machine. Of dit een real time plaatsbepaling moet zijn, of een logging met referentie-plaatsbepaling, staat te bezien.
- De machine heeft de potentie om een belangrijke bijdrage te leveren aan vermindering van de inzet van gewasbeschermingsmiddelen. Om die potentie te benutten is het nodig – in samenspraak/samenwerking met leveranciers van gewasbeschermingsmiddelen (en andere stakeholders) – in gesprek te gaan/blijven met de regelgevende partijen, om zo de gebruiksmogelijkheden van de machine ook duurzaam inzetbaar te krijgen/houden.

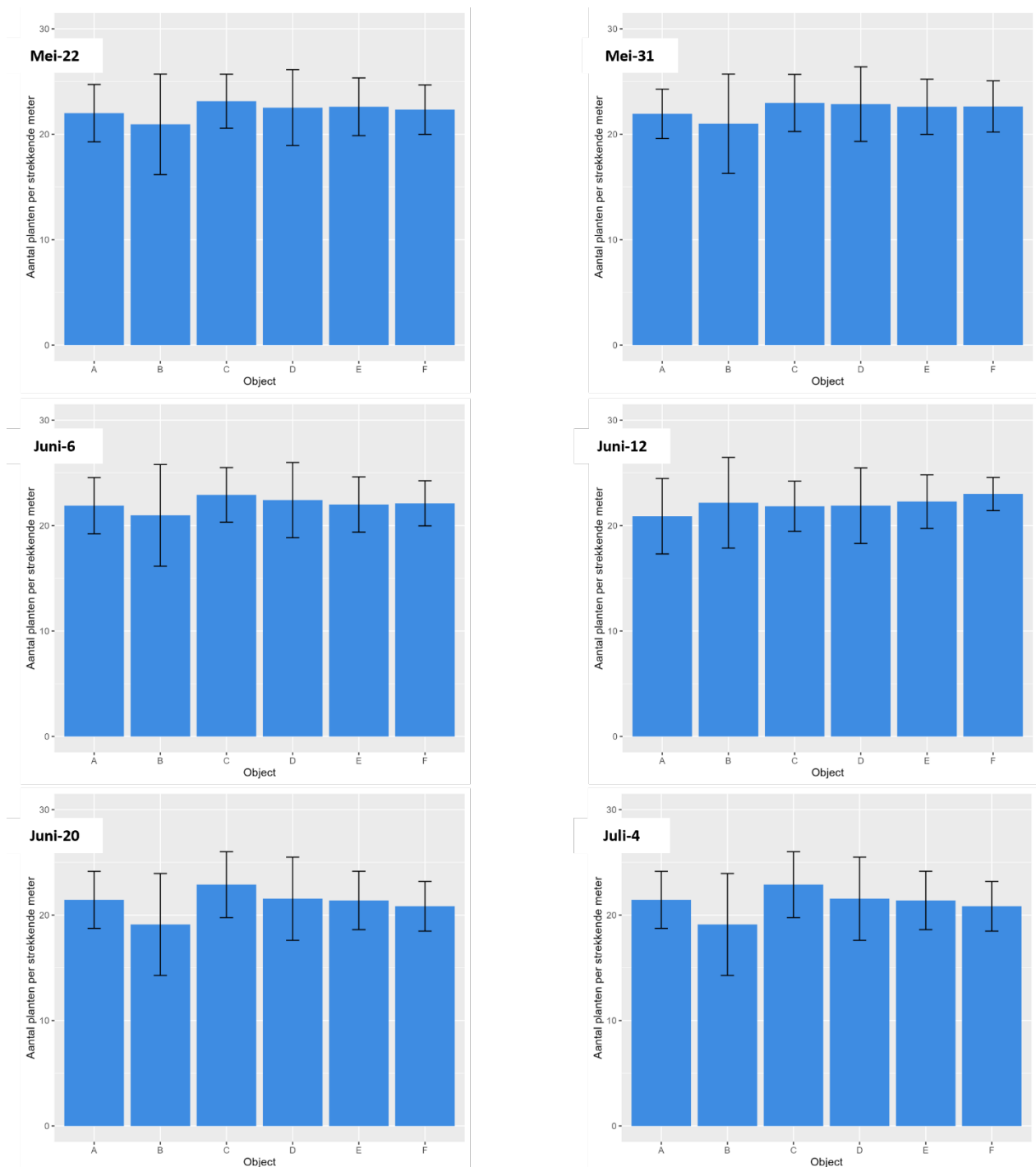
Bijlage 1 Toelating en maximale dosering ingezette herbiciden

Product	Werkzame stof	Voor/ na opkomst	Aantal toepassingen	Max. dosering per toepassing	Max. dosering per seizoen
Stomp	Pendimethalin	VO	1	3,25	3,25
			2	1	
		NO	2	2,5	
			3	0,5	
Wing P	Pendimethalin + dimethenamide-P	VO	4	1	4
		NO	1	4	4
			2	2	
Frontier Optima	Dimethenamide-P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Starane Top	Fluroxypyr-methyl	NO	1	0,30	0,30
			2	0,12 + 0,18	
Lentagran	Pyridaat	NO	4	0,5	1,5
Basagran	Bentazon	NO	1	1,5	1,5
			3	0,5	
Boxer	Prosulfocarb	VO	1	5	5
		NO	3	3	
Dual Gold ¹	S-metolachloor	NO	4	0,75	1,5
		VO	4	0,5	
AZ500	Isoxaben	NO	1	0,2	0,2
Centurion Plus/Balistik	Clethodim	NO	1	2	2

¹ Frontier Optima is niet toegelaten in uienteelt, maar is als 'Wing P zonder pendimethalin' ingezet.

² Dual Gold was niet toegelaten op zandgronden.

Bijlage 2 Plantaantallen proef Lelystad



Figuur 18 Effect van objecten op de gemiddelde plantaantallen gedurende het seizoen.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

info.openteelten@wur.nl

Rapport WPR-OT 1140

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
