

Evaluatie van NPPL toepassingen

Onkruiddetectie en bestrijding

2019-2020

Jits Riepma & Corné Kempenaar

Datum: maart 2021

Versie: Concept

Inhoud

Samenvatting	1
1. Inleiding	2
2. Toepassingen binnen NPPL	4
3. Overall samenvatting NPPL 2019-2020	8
4. Conclusies	10
Betrokken telers en experts	12

Samenvatting

In NPPL is onkruiddetectie en pleksgewijze bestrijding een belangrijke toepassingen. Door middel van sensoren op machines of op drones kunnen onkruidplanten en haarden nauwkeurig gedetecteerd worden. Als de locatie van het onkruid in kaart is gebracht, kan dit pleksgewijs bestreden worden. Bestrijding kan plaatsvinden met **mechanische, thermische, elektrische of chemische** bestrijdingsmethoden. Al deze methoden zorgen voor **lagere milieubelasting t.o.v. het volvelds toepassen** hiervan. We maken onderscheid tussen **geschakelde toepassingen waarbij detectie en bestrijding in twee gescheiden acties** plaatsvindt, en **on-the-go toepassingen** waarbij detectie en bestrijding gekoppeld zijn in **één werkgang**.

In 2019 en 2020 hebben vier NPPL-deelnemers met de toepassing gewerkt. Er zijn 6 geschakelde toepassingen geweest. Dit is gebruikt om distels te bestrijden in peen en suikerbieten, aardappelopslag op braakland, ridderzuring in grasland en kweek in bollenvelden. Daarnaast heeft er één teler een on-the-go toepassing gedaan waarbij gewerkt werd met een camera gestuurde schoffelmachine die kan schoffelen in de rijen van aardbeien.

Bij alle geschakelde toepassingen zijn opnames gemaakt met een **drone** door Dronewerkers en is de detectie van de onkruiden ook door Dronewerkers gedaan. Dit verliep soepel. Het uitvoeren van de taakkaarten bracht meer problemen met zich mee. Dit doordat de meeste **terminals** niet goed overweg konden met de **hoge details** op de taakkaart. Hulp van experts en leveranciers was hierbij nodig om toch de bestrijding pleksgewijs te kunnen uitvoeren. Bij één teler is dit uiteindelijk niet gelukt vanwege technische problemen. Bij de andere telers lukte dit wel. Dit leidde tot een **gemiddelde besparing van middelen van 77%** ten opzichte van een volvelds bestrijding. Dit heeft een financieel voordeel, maar dit valt weg tegen de kosten voor het verzamelen van de beelden en de onkruiddetectie. Wel levert het een groot milieuvoordeel op en is de verwachting dat er een meeropbrengst kan zijn vanwege minder spuitschade aan het gewas. Dit is echter niet aangetoond.

De bestrijding met behulp van de **camera gestuurde schoffelmachine ging zeer goed** waardoor er bespaard kon worden op herbiciden en handwerk. Echter bleek de **investering** in deze machine nog te groot waardoor het gebruik beperkt is tot één jaar.

Overall kan er geconcludeerd worden dat er veel ontwikkelingen gaande zijn rondom pleksgewijze onkruidbestrijding, dat er veel middel mee kan worden bespaard, maar dat de techniek nog duur is en niet altijd gemakkelijk is toe te passen.

1. Inleiding

Bij het selectief bestrijden van onkruiden via onkruiddetectie worden optische beelden of andere reflectie sensoren gebruikt om onkruidhaarden en/of planten te detecteren en vervolgens pleksgewijs bestrijding toe te passen. De automatische detectie mogelijkheden van onkruiden in gewassen wordt steeds beter. Hierdoor kunnen, met behulp van sensoren op machines of aan drones, specifieke onkruiden worden herkend en kan de locatie nauwkeurig bepaald worden. De nauwkeurigheid en praktijkrijpheid van detectie is sterk afhankelijk van het gewas(stadium) en het onkruid. Onkruiden die sterk afwijken van het gewas, of onkruidhaarden in graanstoppels, gras of braakliggend land zijn goed te detecteren. Vanuit de detectie kunnen de onkruiden zeer gericht bestreden worden. Voor de bestrijding kan gebruik worden gemaakt van mechanische, thermische, elektrische en chemische bestrijdingsmethoden. Deze methoden verschillen in capaciteit, effectiviteit, milieueffect en de kosten. Desondanks zullen alle methoden i.c.m. de detectie een besparing leveren op het gebruik van middelen en milieueffecten ten opzichte van volvelds bestrijding.

De onkruiddetectie en bestrijding kan op twee verschillende manieren worden gebruikt: *on the go* en *geschakeld/stapsgewijs*. Bij de *on the go* toepassing worden de drie stappen van meten, beslissen en uitvoeren direct achter elkaar uitgevoerd. Een machine uitgerust met een camera of sensor rijdt over het perceel terwijl tijdens het rijden foto's of reflectiewaarden worden vastgelegd. Deze verzamelde data wordt direct (automatisch) geanalyseerd. Vervolgens wordt er een beslissing genomen of er een onkruid gedetecteerd is en of er bestrijding nodig is. Als dit nodig is, zal het bestrijdingsmechanisme op dezelfde machine direct worden geactiveerd. Het detectiealgoritme kan ook andersom werken. Hierbij wordt het gewas gedetecteerd waar dan vervolgens omheen geschoffeld of gespoten kan worden.

Bij de *geschakelde* toepassing wordt het meten, beslissen en uitvoeren door losse systemen en/of op aparte tijdstippen gedaan. Hierdoor kunnen de stappen uitgevoerd worden door het systeem wat er het meest geschikt voor is en op het moment dat de omstandigheden daar optimaal voor zijn. Daarnaast hoeft deze manier niet direct grote investeringen in automatische systemen met zich mee te brengen. Bij de geschakelde toepassing kan data van een perceel verzameld worden met behulp van sensoren of camera's op een trekker, veldspuit of een drone. Hierbij is het van belang dat er een nauwkeurige locatie aan de verzamelde data gekoppeld wordt. Dit is nodig om later een nauwkeurige bestrijding uit te kunnen voeren. De verzamelde data kan vervolgens op onkruiden worden geanalyseerd met detectie algoritmes. Vanuit deze analyse kunnen plaatsen bepaald worden waar specifieke onkruiden of onkruidhaarden zich bevinden. Dit wordt aangegeven op een onkruidkaart. Aan de hand van deze onkruidkaart kan een taakkaart gemaakt worden, waarmee de onkruidbestrijding plaats specifiek kan worden uitgevoerd. Afhankelijk van het bestrijdingsmechanisme worden in de taakkaart de los gedetecteerde planten breder omcirkeld om een duidelijk bestrijdingsgebied aan te geven. Door middel van deze cirkels of de gedetecteerde zones wordt aan het bestrijdingsmechanisme aangegeven waar de bestrijding moet plaatsvinden. De taakkaart kan vervolgens in de machine worden geladen die de bestrijdingstaak zal uitvoeren. Dit houdt in dat bijvoorbeeld een veldspuit alleen spuit binnen het bestrijdingsgebied rondom de plant of binnen een zone aangeduid als onkruidhaard.

Door het meten, beslissen en uitvoeren van elkaar te scheiden, is het mogelijk om de detectie en bestrijding langere tijd na elkaar te doen. Sommige teelten lenen zich, doordat het gewas laat sluit, erg goed voor detectie van onkruiden, maar zijn erg gevoelig voor herbiciden. Er kan dan in deze teelt onder goede omstandigheden een onkruidkaart gemaakt worden, terwijl het volgende jaar in een ander gewas effectief bestreden kan worden.

Bij de *on the go* toepassing zal het detectiealgoritme uitgevoerd moeten worden door de computer op de machine. Hierdoor is het minder gemakkelijk om de detectie te controleren en is het vaak niet mogelijk om de detectie door een ander algoritme te laten uitvoeren. Echter zorgt deze manier wel voor minder werk doordat er minder tussenstappen genomen hoeven worden. Commerciële aanbieders van deze toepassing zijn: Agrifac, Amazone, BBLEAP, Steketee, Poulsen engineering en Rometron. Bij de geschakelde toepassing is er de mogelijkheid om de beelden te laten analyseren door elke gewenste aanbieder en is er de mogelijkheid om de detectie te controleren. Momenteel is Dronewerkers de enige

commerciële aanbieder hiervan. Beide toepassingen zijn echter wel al lang onderwerp van onderzoek. Vanaf 2005 wordt er al onderzoek gedaan naar de detectie van onkruiden in gewassen door met een camera vlak over het gewas te gaan. In Wageningen is onderzocht of aardappelopslag in suikerbieten en in mais hiermee gedetecteerd en bestreden kan worden. Ook naar de detectie van ridderzuring in grasland is veel onderzoek gedaan. Machinefabrikant Steketee doet ook al sinds die tijd onderzoek naar de mogelijkheden om volledig rond het gewas te schoffelen door het gewas te detecteren. Sinds 2012 zijn er steeds meer drones beschikbaar gekomen, waardoor de detectie van onkruiden met behulp dronebeelden in één keer voor het gehele perceel gedaan kon worden. Sinds 2016 wordt kunstmatige intelligentie (AI) en machine learning steeds vaker ingezet voor de beeldanalyse. Deze technieken zorgen voor veel ontwikkelingen in de algoritmes waardoor beeld herkenning steeds breder ingezet wordt en de nauwkeurigheid van de detectie ook steeds hoger wordt.

2. Toepassingen binnen NPPL

2019

In 2019 zijn er 4 telers bezig geweest met onkruiddetectie en pleksgewijze bestrijding. Alle telers hebben de detectie in andere gewassen toegepast. De eerste teler heeft de onkruiddetectie en bestrijding toegepast om wortelonkruiden (melkdistels) te bestrijden in peen en suikerbieten. Bij deze teler zijn de onkruidkaarten gemaakt op basis van dronebeelden van DroneWerkers. De dronebeelden zijn omgezet naar een onkruidkaart via DroneLink software van DroneWerkers. Met behulp van DroneLink kunnen onkruidkaarten gemaakt worden door onkruidherkenning middels machine learning. Via DroneLink worden de gewasplanten onderscheiden van de onkruidplanten en wordt van elke onkruidplek de specifieke locatie op het perceel gemarkeerd. Van de onkruidkaart wordt vervolgens een taakkaart gemaakt. Bij het maken van de taakkaart is een cirkel van 1m rondom het gedetecteerde onkruid aangewezen als toedieningsgebied, om directe verspreiding van het onkruid ook meteen mee te spuiten en om te zorgen dat er altijd ten minste één spuitdop geactiveerd wordt. Het maken van de taakkaart ging goed, echter was deze door de vele kleine spuitplekken moeilijk te verwerken door de terminal. Dit is uiteindelijk opgelost door de toedieningsgebieden iets groter te maken, waardoor er minder losse toedieningsgebieden waren en dit dus gemakkelijker was te verwerken door de terminal. Gelukkig werd bij het oplossen van dit probleem goede hulp van de fabrikant van de spuit en de fabrikant van de terminal geboden. Met hun hulp werkte het uiteindelijk, waardoor de bestrijding goed kon worden uitgevoerd. De bestrijding is uitgevoerd met een Amazone veldspuit met wingsprayer met een dopafstand van 25cm die per 2 doppen kan in- en uitschakelen.

Bij een andere teler zijn aardappelopslag planten gedetecteerd op braakliggend land. Hierbij zijn de aardappelplanten ook gedetecteerd door DroneWerkers aan de hand van dronebeelden. Vervolgens is van de gemaakte onkruidkaart een spotspray taakkaart gemaakt om de bestrijding uit te kunnen voeren met de Amazone veldspuit die per 2 doppen op 25cm kan schakelen. Hierbij zijn rondom de gedetecteerde aardappelplanten cirkels van 50cm zijn gezet om toedieningsgebieden te markeren, zodat de spuitdoppen altijd geactiveerd worden in de buurt van de aardappelplant. De aardappelplanten konden goed gedetecteerd worden en na enkele afstellingen ging het spuiten van enkel de aardappelplanten ook goed. Echter na korte tijd kon de terminal de juiste positie niet meer bijhouden door de grote hoeveelheid data. Hierdoor werd er niet meer op de juiste plek gespoten zoals aangegeven op de taakkaart. Dit probleem kon niet op korte termijn verholpen worden, daarom is er besloten om het perceel alsnog volvelds te spuiten. Later is de dealer nog wel terug geweest om het probleem op te lossen. Toen is het wel gelukt om de bespuiting op taakkaart uit te voeren.

Bij de derde teler is onkruiddetectie toegepast om ridderzuring te bestrijden in grasland. Drone beelden zijn wederom gemaakt door DroneWerkers welke vervolgens ook de onkruiddetectie hebben gedaan middels hun machine learning algoritmes. De ridderzuring bleek vrij goed te detecteren in grasland. Rond de 80% van de planten werd uiteindelijk weergegeven op de onkruidkaart. Nadat de onkruidkaart is omgezet in een spotspray taakkaart werd de uitvoering gedaan met een Agrifac spuit, die per dop om de 25cm kan in- en uitschakelen. Dit ging goed, alleen bleken er wel kleine afwijkingen te zitten in de nauwkeurigheid van de spuit. Dit is later met hulp van de experts en Agrifac opgelost.

De laatste teler heeft geprobeerd om onkruiddetectie o.b.v. dronebeelden toe te passen in de lilieteelt. Op de opnames kon met het menselijk oog de onkruiden goed gedetecteerd worden. Echter bleken er nog geen algoritmes te zijn die dit automatisch konden verwerken. Hierdoor kon er geen automatische onkruiddetectie plaatsvinden en kon er ook niet pleksgewijs op worden gespoten.

Dezelfde teler heeft in 2019 ook de mogelijkheid gehad de Robovator van Poulsen uit te proberen om mechanisch onkruid te bestrijden in de teelt van aardbeiplanten voor de vermeerdering. De techniek detecteert met machine learning de rijen met planten en de individuele hoofdgewas planten. Vervolgens wordt de schoffelbalk met vaste schoffels naar link of rechts bewogen om nauwkeurig tussen de rijen te schoffelen. Daarnaast wordt een schoffelmessje tussen planten in de rij gestoken om ook in de rij te kunnen schoffelen. Normaal gebeurt dit handmatig door mensen op een wiedebed. De techniek werkte zeer goed, al bleek wel dat deze gevoelig is voor het gewas stadium en dat onkruiden op minder dan

3cm van de aardbeienplant blijven staan omdat deze niet als onkruiden gezien worden door het systeem. Omdat dit systeem echter ingezet wordt tezamen met de correctiemethoden bodemherbicide en handmatig wieden, is dit geen probleem. Deze toepassing maakt het wel mogelijk om minder bodemherbicide te spuiten en om sneller te rijden met het wiedebed. De besparingen zijn niet nauwkeurig in beeld gebracht, maar de teler gaf aan nog nooit zo weinig herbicide te hebben gespoten, nog nooit zo weinig wieduren gemaakt te hebben en ook nog nooit zulke schone percelen te hebben gehad. Echter zijn de kosten voor de machine (>€100.000,-) nog te hoog voor de teler om in deze techniek te investeren.

2020

In 2020 zijn twee telers verder gegaan met de onkruiddetectie en bestrijding. Twee telers zijn hier niet mee verder gegaan. Eén omdat de hoeveelheid energie en tijd die er in gestopt moest worden vanwege de tegenwerkende techniek, niet opwoog tegen de voordelen. De andere teler liep tegen de beperkingen aan van de detectietechniek en de te hoge kosten voor de aanschaf van de Robovator.

De teler die in 2019 begonnen is met de detectie van riddersuring in grasland is in 2020 verder gegaan om ook kweek te bestrijden in tulpen. Het maken van de dronebeelden en de onkruiddetectie is ook dit jaar gedaan door DroneWerkers. Het bleek dat het onkruid goed kon worden gescheiden van de tulpen, echter bleek het maken van onderscheid tussen de onkruiden nog moeilijk. Hierdoor kon de kweek niet los gedetecteerd worden van andere onkruiden en dus niet specifiek bestreden worden. Wel werd duidelijk dat 90% van de kweek in op het perceel goed gedetecteerd kon worden.

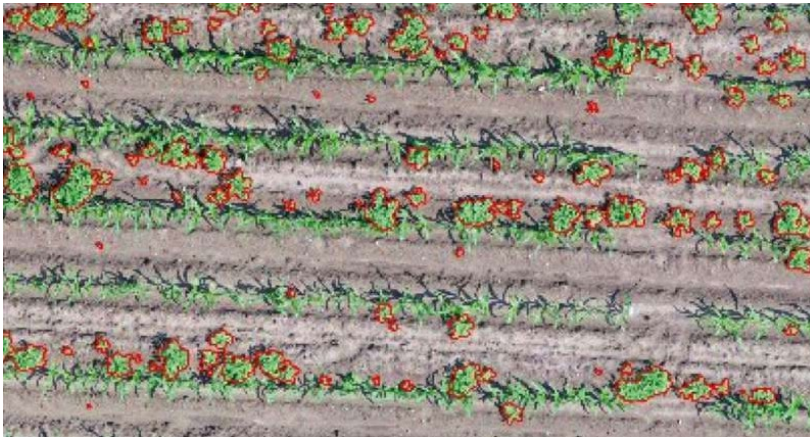
Bij de andere teler, die in 2019 al was begonnen met deze toepassing, is in 2020 gekozen voor een andere strategie. Waar in 2019 de bestrijding nagenoeg direct plaats vond na de detectie, zijn deze twee stappen in 2020 volledig losgekoppeld. Er zijn in 2020 wel beelden verzameld in de zaai-uien, peen, witlof en aardappels om het onkruid te detecteren. Dit is goed te doen omdat deze gewassen het veld relatief laat dicht hebben en de distels daardoor goed zichtbaar zijn. De locaties van de onkruidplekken zijn geregistreerd in een onkruidkaart zodat in er in een ander jaar, wanneer er suikerbieten of graan op het perceel groeien, de plekken gemakkelijk pleksgewijs kunnen worden gespoten. Hierdoor heeft er in 2020 geen bestrijding plaats gevonden bij deze teler. Het oprekken van deze toepassing naar een meer jaren toepassing zorgt er voor dat je zowel de detectie als de bestrijding van de wortelonkruiden kan doen op het optimale moment. Of dit net zo effectief is als directe bestrijding is nog niet geëvalueerd.

Voorbeeld toepassing

In dit voorbeeld is weergegeven hoe een gebruiker de geschakelde toepassing van onkruid detectie en bestrijding heeft toegepast op distels in een perceel peen.

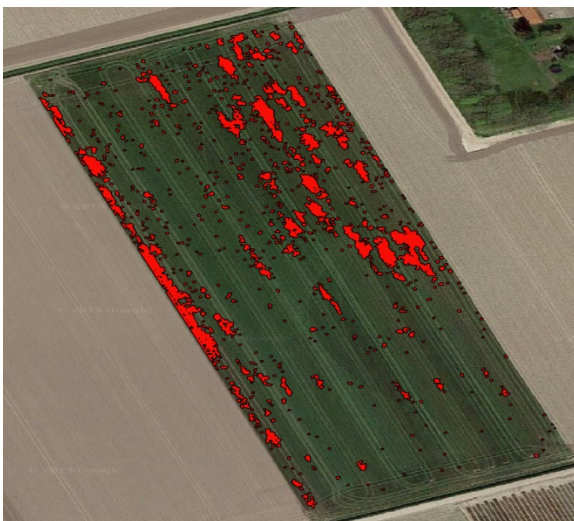
Om beelden te verzamelen voor de detectie van distels in de peen, is er gevlogen met een drone met extra nauwkeurige GPS (RTK) van DroneWerkers. De hoge precisie is nodig omdat de detectie en bestrijding van losse planten hoge nauwkeurigheid in de plaatsbepaling vraagt.

Door middel van een machine learning algoritme worden de distels op de foto's gedetecteerd.



Figuur 1 gedetecteerd onkruid tussen de peen

De locatie van de gedetecteerde distels wordt opgeslagen in een onkruidkaart. Op basis hiervan kan er een taakkaart van gemaakt worden om de distels te bestrijden. Hierbij is er voor gekozen om rond elke gedetecteerde distel, een cirkel te tekenen met een diameter van 1m. Dit om directe verspreiding van het onkruid direct mee te spuiten en om er voor te zorgen dat er altijd tenminste één spuitdop geactiveerd wordt. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de volgende taakkaart waarbij de gedetecteerde distelplekken in het rood zijn aangegeven:



Figuur 2 Taakkaart op basis van onkruid kaart

De taakkaart kan vervolgens gebruikt worden voor de bestrijding met de veldspuit welke per dop geschakeld kan worden. Door het gebruik van deze taakkaart zijn alle distels in het perceel bestreden, terwijl er maar 12% van het perceel is bespoten. Ten opzichte van de volveldse bespuiting die de teler anders had uitgevoerd, is dit een besparing van 88%. Tegenover een standard volveldse bespuiting met 1.5L/ha boxer(Prosulfocarb) + 0.5L/ha Challenge (Aclonifen) + 0.1L/ha Sencor (Metribuzin) levert dit

een besparing op van €73,-/ha (prijzen afkomstig uit de KWIN 2018). De kosten voor het maken van de dronebeelden en het detecteren van de onkruiden liggen rond de €50,-/ha. Met het toepassen van deze techniek bespaart de teler in dit geval dus €23,-/ha. Daarnaast wordt verwacht dat er een meeropbrengst zal zijn doordat er minder gewasschade zal optreden.

3. Overall samenvatting NPPL 2019-2020

Gebruikerservaringen technologie

In 2019 en 2020 zijn er 7 toepassingen gedaan van onkruiddetectie en plaatsspecifieke bestrijding. Dit gebeurde bij 4 verschillende telers in 7 verschillende gewassen waarbij de focus lag op de bestrijding van 5 verschillende onkruiden. Bij de meeste toepassingen is de onkruiddetectie gedaan op basis van dronebeelden. Dit is allemaal door één partij gedaan waardoor dit voor de telers weinig extra moeite kostte. Over de detectie zijn de meeste telers tevreden. Over het algemeen kon 80 tot 90% van de onkruiden goed gedetecteerd worden. Echter was dit beperkt tot de meer gangbare gewassen. In de lelieteelt bleek het onderscheiden van onkruid tussen de lelies nog een stap te ver. De plaatsspecifieke bestrijding op basis van dronebeelden is in alle gevallen uitgevoerd met een veldspuit die per dop geactiveerd kon worden. Eén teler had veel problemen met de techniek waardoor de bestrijding uiteindelijk niet pleksgewijs kon worden uitgevoerd. Bij de andere twee telers is de uitvoering daadwerkelijk uitgevoerd, echter was dit niet altijd een zaak van plug&play en was de actieve ondersteuning van de fabrikanten zeer welkom. Daarnaast hadden de spuitcomputers moeite met de grote hoge resolutie data van de taakkaarten. Ook kan het plaatsspecifiek spuiten zorgen voor hoge drukverschillen. Dit kan ervoor zorgen dat de chauffeur de rijsnelheid moet aanpassen tijdens de bespuiting, wat een extra belasting bij de chauffeur legt. Al met al geven de telers aan dat deze toepassing nog niet breed inzetbaar is en nu nog veel voorbereidingstijd kost. Eén teler heeft een camera gestuurde schoffelmachine gebruikt om tussen de aardbeienrijen te schoffelen. Dit beviel zeer goed en heeft zeker bespaard op herbiciden en handwerk. Echter bleek de investering in deze machine nog te groot.

Besparingen

Door enkel te spuiten waar het nodig is, hebben de telers grote besparingen weten te realiseren ten opzichte van de volvelds bespuiting die zij anders hadden toegepast. De gemiddelde besparing over de daadwerkelijk uitgevoerde bestrijdingen is 77%. Dit is uitgerekend op basis van de gemaakte taakkaarten. Echter afhankelijk van de overlap en eventuele afwijkingen in de sectiegrootte welke niet altijd in de taakkaart is meegenomen, kan het zijn dat de besparing kleiner is. Om de daadwerkelijke besparing te bepalen is een as-applied kaart van de spuit nodig. Deze waren niet beschikbaar omdat alle beschikbare rekencapaciteit van de terminals nodig was voor het pleksgewijs spuiten. Daarnaast is de besparing natuurlijk zeer afhankelijk van de onkruiddruk op het perceel. De gerealiseerde besparing door gebruik van de camera gestuurde schoffelmachine is niet geregistreerd.

Effectiviteit

Alle telers die deze toepassing hebben uitgevoerd zijn tevreden met de effectiviteit van de onkruidbestrijding. Echter bleek wel dat de tijd tussen het maken van de dronefoto's en de daadwerkelijke bespuiting niet te lang moet zijn. Een teler merkte op dat als er te lang tussen zit, er op andere plaatsen alweer distels bij zijn gekomen. Tot slot zouden telers graag verschillende onkruiden kunnen herkennen om gericht te kunnen bestrijden. Dat is op dit moment nog niet mogelijk.

Financieel gewin

Door de onkruid detectie en de plaatsspecifieke bestrijding is er de mogelijkheid om op bestrijdingsmiddelen te besparen en om een meeropbrengst te realiseren doordat er minder schade aan het gewas wordt aangebracht. Alle telers die deze toepassing hebben uitgevoerd hebben bespaard op bestrijdingsmiddelen. Er zijn echter geen opbrengstmetingen gedaan om te bepalen of er een meeropbrengst gerealiseerd kon worden door het plaatsspecifiek bestrijden van onkruiden ten opzichte van een volvelds bestrijding.

De gemiddelde besparing van middelen ten opzichte van een volvelds toepassing is 77%. Afhankelijk van de gebruikte middelen levert dit een besparing op tussen de €19,- en de €51,- per ha (zie tabel 1). Echter worden er ook kosten gemaakt voor de drone opnames en de detectie. Deze kosten liggen (afhankelijk van het oppervlakte) rond de €50,- per hectare (€500/10ha, DroneWerkers 2021). Bij grotere oppervlaktes worden de kosten per hectare lager. Daarnaast moet de spuitmachine

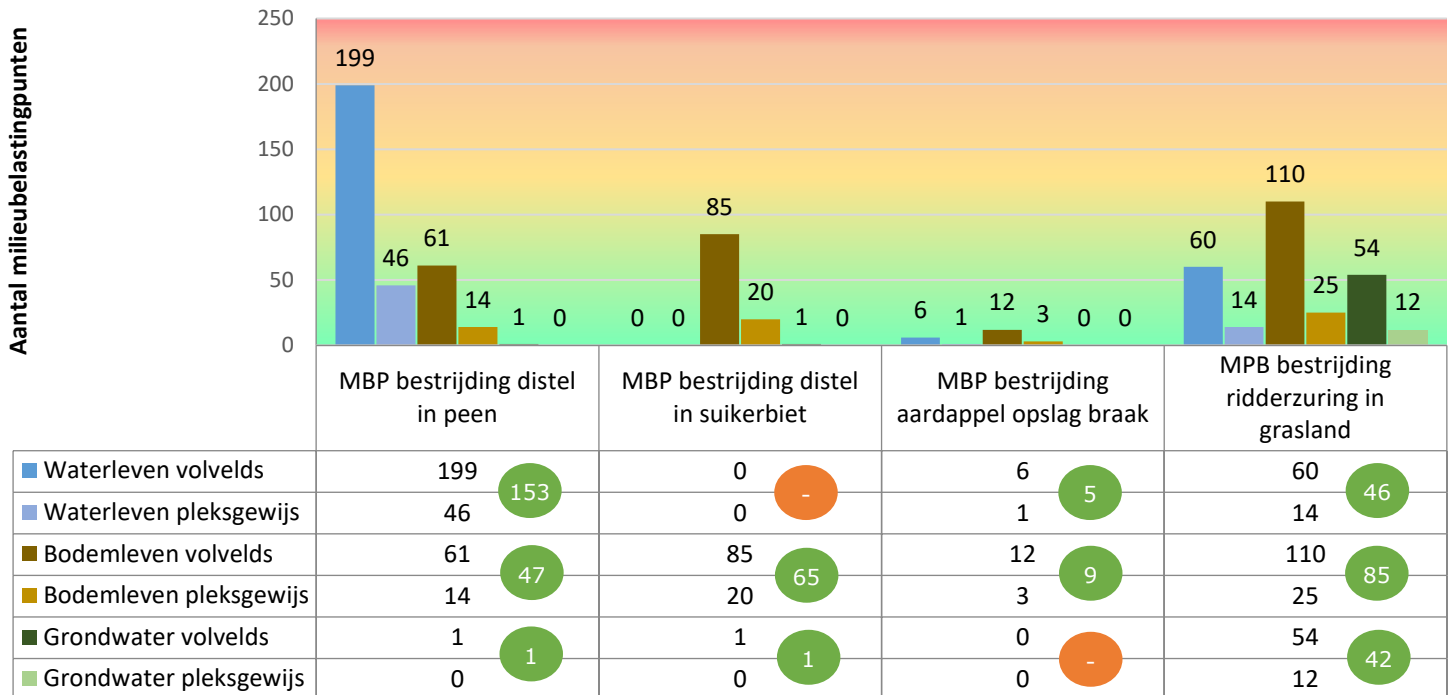
plaats specifiek kunnen spuiten, waarvoor ook extra kosten gemaakt moeten worden. Door al deze kosten ligt de kostprijs in de meeste gevallen hoger dan de besparingen. Een eventuele meeropbrengst door minder gewasschade is hierin echter niet meegerekend.

Tabel 1 Kosten per bespuiting volvelds tegenover pleksgewijs met 77% besparing (naar aanleiding van de gemiddelde besparing)

Bestrijding van:	Middelen	Actieve stof:	Dosering (L/ha)	Prijs (€/L)	Prijs volvelds bestrijding (€/ha)	Prijs met 77% besparing (€/ha)	besparing bij 77% minder middel gebruik (€/ha)
Distel in peen	Boxer	Prosulfocarb	1,5	€ 12,00	€ 18,00	€ 4,14	€ 4,14
	Challenge	Aclonifen	0,5	€ 25,50	€ 12,75	€ 2,93	€ 2,93
	Sencor	Metribuzin	0,1	€ 45,50	€ 4,55	€ 1,05	€ 1,05
					€ 35,30	€ 8,12	€ 27,18
Distel in Suikerbiet	Lontrel 100	Clopyralid	1,2	€ 56,00	€ 67,20	€ 15,46	€ 51,74
Aardappelopslag op braakliggend land	Round-up	Glyfosaat	3	€ 8,50	€ 25,50	€ 15,46	€ 19,64
Ridderzuring in grasland	Primstar	fluroxypyr MHE en florasulam	1	€ 29,00	€ 29,00	€ 5,87	€ 22,33
Gemiddeld					€ 39,25	€ 9,03	€ 30,22

Effecten op milieu en volksgezondheid

Doordat er minder gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt, wordt de kans op emissie en daarmee de invloed op het milieu en de volksgezondheid ook lager. Hoeveel dit is, hangt af van het toegepaste bestrijdingsmechanisme. Mechanische, thermische en elektrische bestrijdingsmethoden zorgen voor minder milieubelasting ten opzichte van de tot nu toe gebruikte chemische bestrijdingsmethoden. Maar ook chemische bestrijdingsmethoden hebben een lagere milieubelasting ten opzichte van de volvelds behandeling. Hoeveel lager dit is, hangt af van de hoeveelheid gebruikte middelen ten opzichte van de volvelds behandeling en de plaats van de onkruiden. Als de onkruiden zich dicht bij een sloot of greppel (oppervlakte water) bevinden, dan zal er alsnog veel risico zijn op oppervlakte water vervuiling. Echter als de onkruiden zich midden op een perceel bevinden, zullen de effecten lager zijn. Om de effecten van de precisietechnieken op dit gebied expliciet te maken is meer onderzoek gewenst. Om een inschatting te maken over het milieuvoordeel van de pleksgewijze bestrijding t.o.v. volveldsbestrijding met chemische middelen is het verschil in milieubelastingpunten per toepassing weergegeven in figuur 3, voor de middelen zoals beschreven in tabel 1. Bij deze berekening is geen rekening gehouden met de positie van het onkruid op het perceel en dus de invloed van drift. Uit deze figuur is duidelijk af te lezen dat de milieubelasting behoorlijk minder wordt met pleksgewijze bestrijding. De reductie zorgt ervoor dat de milieubelasting van een bespuiting onder de 100 milieubelastingpunten komt. Dit betekent dat de normen niet worden overschreden en de risico's voor milieuschade zeer klein zijn.



Figuur 3 Absolute Milieu Belasting Punten per chemische bestrijding volgens de middelen beschreven in tabel 1. In de bolletjes het verschil tussen volvelds en pleksgewijs

4. Conclusies

- Technisch gezien was de on-the-go toepassing door in de rij te schoffelen goed uitvoerbaar in 2019
- Geschakelde toepassingen zijn technisch ook uitvoerbaar, maar wordt nog niet als gemakkelijk ervaren.
- Het gebruik van bestrijdingsmiddelen werd door middel van onkruiddetectie en bestrijding bij de geschakelde toepassingen tot gemiddeld 77% gereduceerd in verschillende gewassen
- De effectiviteit van de onkruidbestrijding had niet te leiden onder de plaats specifieke toepassing
- De detectie van de onkruiden aan de hand van dronebeelden behaalt 80 tot 90% nauwkeurigheid (afhankelijk van het gewas)
- Gebruik van een camera gestuurde schoffel om tussen de rijen te schoffelen werkt zeer goed, maar is nog een te grote investering, de besparing op middel en arbeid is niet geregistreerd
- De toepassing is nog niet volledig praktijkrijp. Vooral de plaats specifieke uitvoering is technisch nog lastig voor de terminals. Wat er voor zorgt dat er ook nog geen as-appliedkaarten beschikbaar zijn.

Betrokken telers en experts

Telers:

- Stef Ruiten
- Sjaak Huetink
- Max Sturm
- Mischa Raedts

Experts:

- Koen van Boheemen
- Bram Veldhuizen
- Johan Booij