



Postbus 7001  
6700 CA Wageningen  
Agro Business Park 65  
6708 PV Wageningen

Telefoon 0317 49 15 78  
Fax 0317 46 04 00

[www.delphy.nl](http://www.delphy.nl)

## Eindrapportage: Zuinig beregenen en waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen

Eerste Exloërmond 2023

Worldwide Expertise for Food & Flowers



In opdracht van  
PPS Klimaatadaptatie

Datum  
31 januari 2024

Uitgevoerd door  
Delphy Akkerbouw Noordoost  
Hof van Parijs 10  
9403 DA Assen

Versie  
Eind

Auteurs:  
Harm de Boer, Bert Huizinga & Susan Tepper

---

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding en doel .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methodes.....</b>	<b>5</b>
2.1	Proefopzet	5
2.2	Accommodatie en teeltgegevens	6
2.3	Materiaal en waarnemingen	6
<b>3</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>8</b>
3.1	Vochtsensoren	8
3.2	Bladsapmonsters	10
3.3	Watergiften	11
3.4	Resultaten afsterving	12
3.5	Netto-opbrengst	14
3.6	Zetmeelopbrengst	15
<b>4</b>	<b>Meerjarige resultaten.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>18</b>
5.1	Conclusies	18
5.2	Aanbevelingen	19
	<b>Bijlage 1 Proefschema .....</b>	<b>20</b>
	<b>Bijlage 2 Gegevens berekening en drip.....</b>	<b>21</b>
	<b>Bijlage 3 Teelt- en perceelsgegevens .....</b>	<b>22</b>
	<b>Bijlage 4 Resultaten netto-opbrengst voorgaande jaren .....</b>	<b>23</b>
	<b>Bijlage 5 Resultaten zetmeelopbrengst voorgaande jaren .....</b>	<b>25</b>

# 1 Inleiding en doel

Klimaatverandering zorgt ervoor dat er veranderende neerslagpatronen en hogere gemiddelde temperaturen worden verwacht. Dit zorgt voor meer neerslag in korte tijd en langere perioden van droogte. Daarnaast staat ook de bodemkwaliteit in Nederland onder druk. Ook zijn er een aantal akkerbouwgebieden in Nederland waar om verschillende redenen niet of onvoldoende beregend kan worden. Water is in droge perioden schaars, het is dus erg belangrijk om er efficiënt mee om te gaan. Meer beregenen dan nodig is, is nadelig voor de waterhuishouding. Het is dus zaak om alleen te beregenen wanneer dat nodig is. Een manier om efficiënter om te gaan met water is door middel van druppelirrigatie (drip), waarbij water door een stelsel van slangen en druppelslangen bij de planten wordt gedruppeld. Dit zorgt voor een nauwkeurigere methode van water toe dienen, waarbij mogelijk water bespaard kan worden. Er zullen minder verdampingsverliezen optreden, omdat het water rechtstreeks bij de wortels wordt gedruppeld. Om efficiënter om te gaan met water kan er zowel bij gewoon beregenen als bij druppelirrigatie gebruik worden gemaakt van sensoren, waardoor er nauwkeuriger bepaald kan worden wanneer er water gegeven moet worden.

In de praktijk blijkt dat het aardappelloof op beregende percelen vroegtijdig afsterft en dat hierdoor de groei voor een deel achterblijft. De oorzaak van de versnelde afsterving van het loof is niet duidelijk. De verwachting is dat dit met name komt door de kwaliteit van het beregeningswater. Bij beregenen is het belangrijk om rekening te houden met de kwaliteit van het gebruikte water. Voor de kwaliteit van het beregeningswater bestaan geen harde getallen, dit is afhankelijk van de bodem en de kwaliteit van de bodem waarop beregend wordt. De kwaliteit van het beregeningswater wordt voornamelijk bepaald door het chloride- en het ijzergehalte en hardheid van het water, waarbij er zowel in grondwater als oppervlaktewater grote verschillen voorkomen in bijv. gehalten ijzer, chloor en natrium. Bij beregening met ijzerhoudend water kan het ijzer reageren met zuurstof tot een geoxideerde vorm, wat kan resulteren in verbranding van het blad. IJzer zit voornamelijk in bronwater, bij gebruik van oppervlaktewater is er geen risico op oxidatie en daardoor bladverbranding. Bij een ijzergehalte lager dan 10 mg/L Fe is de schade klein. Chloor is schadelijk voor gewassen, maar de mate in hoeverre het schadelijk is, is gewas afhankelijk. Wat nauw verbonden is met de hoeveelheid chloor is natrium, en dan wel het zoutgehalte (EC). Op de zandgronden is een te hoog chloor/zoutgehalte voornamelijk een probleem in zetmeelaardappelen, waar het voor een lager zetmeelgehalte kan zorgen.

Naast chloor en ijzer is ook de hardheid van het water belangrijk. De hardheid van het water wordt bepaald door de hoeveelheid calcium en magnesium in het water. Water dat te hard is veroorzaakt verstoppingen in de leidingen van de druppelirrigatieslangen, maar kan ook op het blad tot problemen leiden. De schade veroorzaakt door hard water is mogelijk groter in combinatie met niet geoxideerd ijzer. Ook de zuurgraad van water is belangrijk, beregeningswater moet optimaliter een pH hoger dan 5,5 hebben.

Het project Klimaatadaptatie Open Teelten is in het leven geroepen om de landbouw te leren omgaan met de veranderingen in het klimaat. Dit project heeft als doel om in de akkerbouw de risico's op opbrengstderving door extreme weersomstandigheden te verkleinen. Ook wordt er gewerkt aan een efficiënter gebruik van nutriënten en water, een verminderde afspoeling van nutriënten en pesticiden naar het oppervlaktewater en een verhoging van het rendement in de teelt van met name rooivruchten. Dit doel wordt bereikt door combinaties van maatregelen: verbetering van de bodemkwaliteit, teeltmaatregelen, een slimmere omgang met water en beter beregenen. Het project

bestaat uit vier werkpakketten, die zich elk focussen op een bepaald aspect. Voor dit rapport wordt uitsluitend gefocust op werkpakket 4, dat zich richt op zuinig beregenen en waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen. Binnen dit werkpakket wordt er gebruik gemaakt van verschillende waterkwaliteiten en wordt er gekeken naar het effect van die waterkwaliteit op de afsterving van bladeren en de opbrengst van het gewas. Daarnaast wordt er gebruikt gemaakt van verschillende beregeningsmethodes om zo zuinig mogelijk om te gaan met water: in dit project wordt er gebruikt gemaakt van druppelirrigatie, sproeiers en watersensoren.

De proef is gestart in 2020, waarbij gebruik werd gemaakt van verschillende waterkwaliteiten en een onderdeel met druppelirrigatie werd aangelegd. In 2021 is de proef uitgebreid met verschillen in de aanleg met druppelirrigatie. In dit onderdeel van het onderzoek is gekeken naar de optimalisatie van de aanleg van de druppelirrigatie en naar de optimalisatie van de waterhoeveelheid. In 2022 en 2023 is de proef in dezelfde vorm doorgezet.

Dit project bestaat uit twee onderdelen, die weer onder te verdelen zijn in verschillende onderzoeksvragen:

1. Waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen
  - a. Waarom sterft aardappelboom bij beregening versneld af? Is er een effect van waterkwaliteit te vinden op het versneld afsterven van het loof?
  - b. Is er een effect van verschillende waterkwaliteiten op de opbrengst?
  - c. Wat is het meerjarig effect van de verschillende waterkwaliteiten op de opbrengst?
2. Zuinig beregenen in de teelt van zetmeelaardappelen
  - a. Is drip efficiënter in watergebruik dan regulier beregenen en wat is de beste manier om de dripslangen te plaatsen?

In dit verslag zal in de hoofdstukken twee en drie aandacht worden besteed aan de resultaten van het jaar 2023. Hoofdstuk twee zal omschrijven waar de proef zich bevindt en hoe de aanleg gebeurd is. In hoofdstuk drie zullen alle resultaten welke verzameld zijn worden besproken. Hoofdstuk vier zal ingaan op de meerjarige opbrengsten welke verzameld zijn. Een overzicht van de resultaten van de voorgaande jaren worden weergegeven in de bijlage. Hoofdstuk vijf dient als conclusie van de resultaten welke verzameld zijn, daarnaast zullen de vragen welke hierboven gesteld zijn ook worden behandeld. Verder zullen er ook aanbevelingen gegeven worden, welke meegenomen kunnen worden naar verdere vervolg proeven.

## 2 Materiaal en methodes

### 2.1 Proefopzet

Voor deze proef is er een proefveld aangelegd op een perceel waar zetmeelaardappelen worden geteeld. Er is gebruik gemaakt van verschillende waterbronnen, met verschillende waterkwaliteiten:

1. Bronwater ijzerhoudend (IJzerhoudend water)
2. Bronwater met zouttoevoeging (natriumchloride) (Bronwater zout)
3. Bronwater met magneet (IJzerarm bronwater)
4. Oppervlaktewater (Oppervlaktewater)

Uit deze bronnen zijn vervolgens de volgende behandelingen neergelegd (de cijfers erachter refereren naar de verschillende waterkwaliteiten, hierboven genoemd.):

- A. Referentie (onberegend)
- B. Bronwater (1)
- C. Bronwater met magneet (3)
- D. Oppervlaktewater (4)
- E. Bronwater met zouttoevoeging (2)
- F. Drip in de rij met oppervlaktewater, 100% van de beregende gift (4)
- G. Drip tussen de rij met oppervlaktewater, 100% van de beregende gift (4)

Het proefschema is te vinden in Bijlage 1. Tijdens deze proef is er op één moment in het seizoen een bladsapmonster genomen.

Tabel 1 De verschillende momenten waarop er is beregend en bladsapmonsters zijn geplukt.

Datum	Handeling	Bij welke behandelingen
03-05-23 – 19-06-23	Opbouwen proefveld	Alle behandelingen
19-06-23	Bladsap plukken	Blok 1, Blok 2 en Blok 3
23-06-23	Eerste behandeling	Alle behandelingen
28-06-23	Bladsap plukken	Alle behandelingen
30-06-23	Tweede behandeling	Alle behandelingen, storing in 2 <sup>e</sup> deel oppervlaktewater en bron met zout. Hebben 25% minder water gehad
23-11-23	Behandelingen gerooid	Alle behandelingen

## 2.2 Accommodatie en teeltgegevens

Het proefveld is aangelegd in een praktijkperceel zetmeelaardappelen in Eerste Exloërmond. Het perceel is te bereiken via het kavelpad naast Eerste Exloërmond 41 en is gelegen ten noorden van dit adres, zie figuur 1. In bijlage 3 zijn de perceel- en teeltgegevens in detail terug te vinden.



Figuur 1 Locatie van het proefveld met de waterbronnen die gebruikt zijn bij de proef in 2023.

## 2.3 Materiaal en waarnemingen

Voor de proef zijn in totaal drie gelijke elektrische pompen gebruikt voor de beregeningsobjecten. Daarnaast is er een elektrische pomp gebruikt voor de aanvoer van bronwater naar het reservoir (IBC) toe. Daarnaast is er één benzinepomp gebruikt voor de aanvoer van het oppervlaktewater naar de IBC toe. Voor de wateraanvoer/opslag zijn vier IBC's gebruikt. In de IBC's waren vlotters gemonteerd om de wateraanvoer te reguleren, ook werd de aanvoerdruk gereguleerd om te hoge druk en daardoor slangbreuk te voorkomen. De beregeningspompen waren voorzien van een drukmeter om de waterafgifte te controleren.

Voor de dripobjecten is een 1 kW pomp gebruikt met daaraan een tijds klok. Aan de hand van de tijds klok werden de verschillende dripobjecten op juiste moment in- en uitgeschakeld.

Voor het watertransport zijn tyeen slangen gebruikt met verschillende diameters om drukverschillen tussen sproeiers te beperken. Voor de aanvoer naar de IBC's zijn 3" flexibele lagedruk slangen gebruikt om voldoende aanvoer te garanderen bij een lage druk.

Als sproeiers zijn driepootstandaarden gebruikt met een sproeier van 5 mm in combinatie met de bijbehorende onder sproeier. Om de individuele sproeiers aan te sluiten is een stuk flexibele slang gebruikt. De sproeier geeft een gift van  $6,25\text{mm}^3$  per uur af, elke sproeier is 4 uur per keer aangezet, wat op  $25\text{mm}^3$  per beregeningsbeurt van 4 uur neerkomt.

Er zijn vochtsensoren gebruikt om het vochtgehalte in de bodem te bepalen, dit zijn vier RMA-vochtsensoren. De sensoren zijn geplaatst in veld 5 (beregend met oppervlaktewater), veld 7 (onberegend), veld 3 (drip tussen de rij, 100%) en veld 4 (drip in de rij, 100%). Twee van deze vochtsensoren waren uitgerust met een regenmeter, dit waren de vochtsensoren in veld 5 en veld 7

Op het proefveld is een standaard gewasbescherming uitgevoerd, zoals die ook op de rest van het perceel is uitgevoerd.

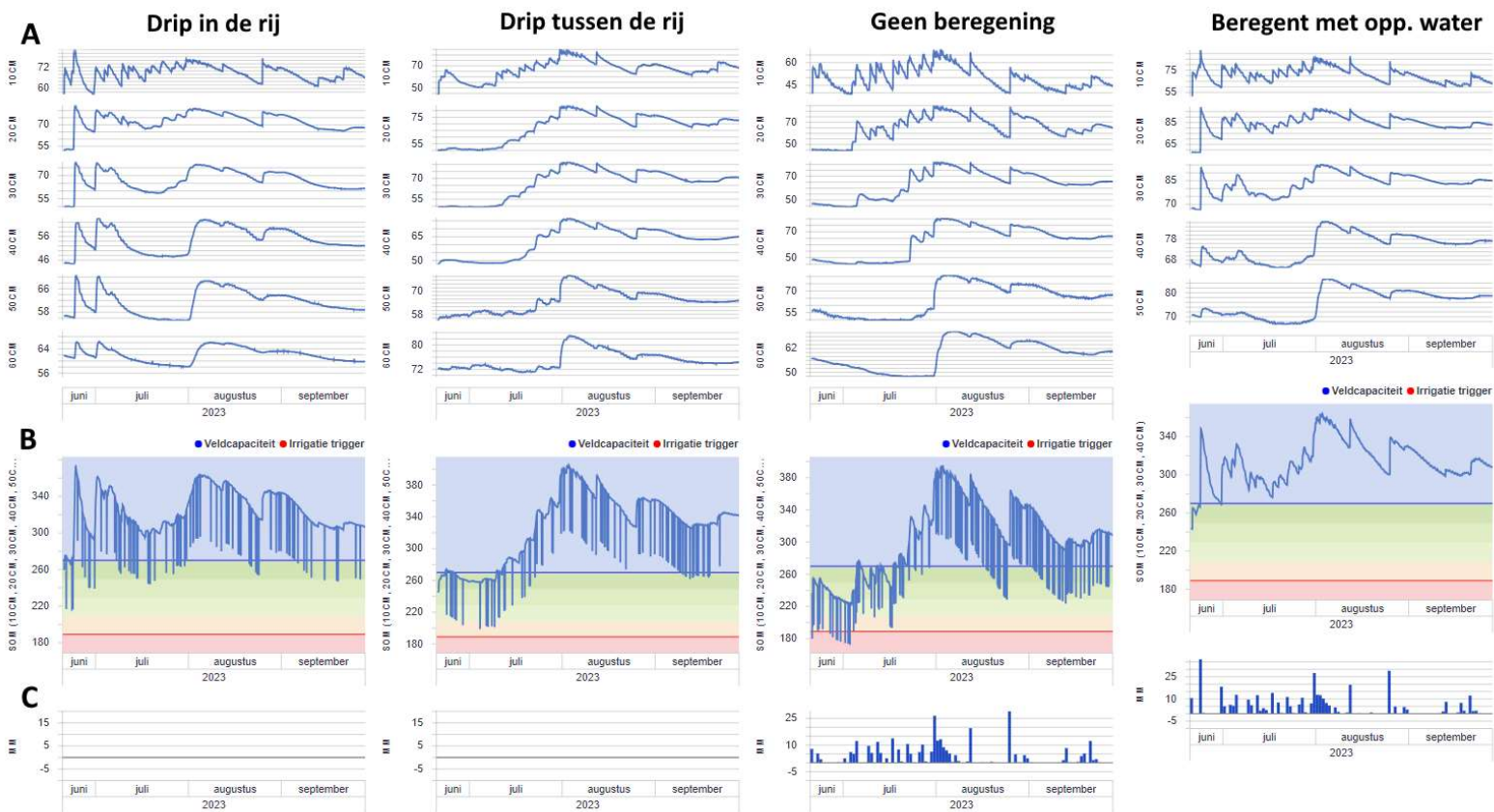
Tijdens het seizoen zijn er twee keer bladsapmonsters genomen. De eerste keer dat er monsters genomen werden zijn alleen de verschillende blokken geplukt. Dit werd als een soort nulmeting gezien voor de volgende keer plukken. Daarna zijn alle herhalingen geplukt. Deze bladsapmonsters zijn geplukt door in het midden van een veld 30 jonge en 30 oude bladeren te plukken.

Aan het einde van het seizoen is er een opbrengstbepaling gedaan. Hierbij is met de proefveldrooimachine per veldje twee keer een lengte van 12m van 2 ruggen breed gerooid. Per keer is de opbrengst hiervan genoteerd. Tijdens het rooien van een veldje is vervolgens elke keer een monster genomen voor het bepalen van het zetmeelgehalte, dit is gedaan door gedurende het rooien een netzak meermaals onder de uitstroom van de aardappelen te houden totdat er minimaal 5kg in de netzak zat. Deze zak is meegewogen met de opbrengstbepaling en vervolgens apart gehouden. Dit monster is vervolgens op de verwerkingslocatie gewassen en gewogen om het onderwatergewicht te bepalen.

## 3 Resultaten

### 3.1 Vochtsensoren

Gedurende het seizoen zijn er vier vochtsensoren gebruikt om het vochtgehalte in de bodem te bepalen. Aan de hand van deze vochtsensoren is er vervolgens besloten of er wel of niet beregend/gedript moest worden. De resultaten van deze sensoren zijn terug te vinden in Figuur 2. Er is te zien dat bij drip in de rij en drip tussen de rij bij blok C geen resultaten zijn weergegeven. Dit heeft er mee te maken dat deze sensoren niet beschikten over een regenmeter, de andere twee sensoren beschikten hier wel over.



Figuur 2 De uitkomst van de RMA-sensoren voor de periode van 01-06-2023 t/m 05-10-2023. Vier verschillende behandelingen zijn hier weergegeven: Drip in de rij, drip tussen de rij, onberegend en beregent met oppervlaktewater. Er zijn drie verschillende soorten grafieken: A: het vochtgehalte op 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 50cm en 60cm diepte. B: de som van het bodemvochtgehalte. C: de hoeveelheid neerslag in het blauw.



In figuur 2 zijn de resultaten te zien van de RMA-sensoren. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt in vier verschillende objecten: drip in de rij (100%), drip tussen de rij (100%), onberegend en beregent. Er valt te zien dat de assen van de verschillende sensoren verschillend zijn genummerd, dit komt waarschijnlijk door een kalibratiefout in de sensoren.

In figuur 2 is bij geen berekening te zien dat het in de verschillende bodemlagen tot ongeveer eind juli weinig pieken te zien zijn. Tot die periode is er relatief weinig water gevallen en was het nodig om de proef twee keer te laten draaien. Bij de drip in de rij en beregent met oppervlaktewater is er een duidelijke piek te zien halverwege juni, dit was het eerste moment dat de proef gedraaid heeft. Vervolgens is er eind juni nog weer een piek te zien in beide grafieken, dit geeft de tweede gift aan. In zowel de drip in de rij als de beregent met oppervlaktewater zijn in alle bodemlagen pieken te zien van de watergift. Bij de drip in de rij is te zien dat de pieken van de watergift bij de diepere bodemlagen heftiger zijn. De ietwat lagere pieken bij de tweede berekening met oppervlaktewater heeft wellicht te maken met dat de installatie een kleine storing had, waardoor er 25% minder water gegeven is.

Bij de drip tussen de rij is duidelijk te zien dat deze lagere/ tot geen pieken veroorzaakt dan de drip in de rij objecten. Doordat bij drip in de rij de dripslangen direct boven de knol zit en daardoor ook dichterbij de vochtsensoren meet de vochtsensor bij de drip in de rij behandelingen hogere pieken. Het valt verder op dat bij drip tussen de rij de vocht via de onderkant komt en niet via de bovenkant van de rug. De vochtsensor laat op de grotere dieptes iets meer piekjes zien dan op minder grote dieptes. Dit komt doordat de vochtsensor in de rug staat, maar de driptapes tussen de ruggen ligt. Voordat het vocht boven in de rug is, moet eerst de onderkant van de rug nat zijn. Dit is dus duidelijk terug te zien in de data. Er lijkt ook een grotere vertraging te zitten op wanneer het water de rug bereikt, dan bij de drip in de rij behandelingen.

In elke grafiek van figuur 2 is te zien dat er een grote piek is rond begin augustus. Begin augustus is er op één dag rond de 27 mm gevallen. De dagen na deze hevige regenval is er in een week tijd ook nog een kleine 50 mm gevallen. Dit heeft ervoor gezorgd dat in alle bodemlagen de watervoorraad flink is aangevuld.

Bij het onberegende veld is een piek in de bovenste bodemlagen te zien rond begin juli. Dit heeft te maken met een regenbui van ongeveer 25 mm (verdeeld over drie dagen) welke toen gevallen is. Hierbij valt op dat de regen niet verder naar de onderste bodemlagen wegzakt en dus heel snel door de plant is opgenomen. In het figuur is te zien dat bij de sensoren welke met een regenmeter was uitgerust dat het vanaf juli regelmatig is gaan regenen. Hierdoor was het niet meer nodig dat de installatie nog een keer moest draaien. Halverwege augustus viel de regenval iets terug, maar was de bodemvoorraad zodanig aangevuld dat een berekening niet meer nodig was.

## 3.2 Bladsapmonsters

In het seizoen zijn op 28 juni bladsapmonsters geplukt, dit was vijf dagen na de eerste keer beregenen. Bij de analyse van de bladsapmonsters is er alleen gekeken naar het chloor-, ijzer- en natriumgehalte in het blad. Hieronder, in tabel 2, zijn de resultaten van de bladsapmonsters weergegeven. Bij de analyse van het blad wordt er onderscheid gemaakt tussen het jonge en het oude blad dat geplukt is.

Tabel 2 Resultaten bladsapmonsters chloor, ijzer en natrium

Behandeling		Chloor (ppm)	IJzer (ppm)	Natrium (ppm)
A. Onberegend	Jong	1101	6,3	4,5
	Oud	1057	5,7	18,6
B. Bron	Jong	1236	35,1	5,0
	Oud	1149	22,9	14,3
C. Bron + Magneet	Jong	1334	37,7	5,7
	Oud	1160	26,0	17,9
D. Oppervlaktewater	Jong	1414	4,7	5,0
	Oud	1171	5,0	27,9
E. Bron + Zout	Jong	1494	32,1	11,4
	Oud	1162	14,7	49,3

In het bladanalyse programma dat gebruikt wordt worden verschillende grenzen gehanteerd voor de beoordeling van de aanwezige nutriënten, deze grenzen zijn tot stand gekomen door verschillende metingen welke door de jaren heen gedaan zijn. Bij chloor wordt bij het jonge blad een grens gehanteerd van 700 als waarde laag en 1200 als waarde hoog. Voor het oude blad geldt 500 als lage grens en 700 als hoge grens. Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat in alle gevallen de resultaten van de bladsapanalyse voor het chloorgehalte hoog liggen. Dit kan te maken hebben met de mest welke is aangevoerd.

Voor ijzer geldt bij het jonge blad een grens van 3,25 als laag en 6,2 als hoog. Voor het oude blad is de lage grens 2,24 en de hoge grens 4,27. In de tabel is te zien dat het onberegende object en het beregende object met oppervlaktewater relatief de laagste ijzergehaltes hebben. Toch liggen de ijzergehaltes, behalve bij het jonge blad beregend met oppervlaktewater, nog steeds boven de grens. De hoge ijzergehaltes bij de andere objecten zijn goed te verklaren door de ijzerhoudende bron waaruit beregend wordt. Na de eerste beregeningsbeurt was ook aan de velden te zien welke met bronwater beregend waren. Deze objecten kregen namelijk vrij snel na het beregenen een roestige kleur op het blad.

Voor het natriumgehalte in het blad zijn er geen grenzen bekend. Toch is het duidelijk te zien dat er in het oude blad aanzienlijk meer natrium aanwezig is dan in het jonge blad. Verder is bij het object bron + zout goed te zien dat het natriumgehalte hier nog verder toeneemt.

### 3.3 Watergiften

Er is in 2023 vier uur beregend met de sproeiers per behandeling. De sproeiers hebben een afgifte van 6,25 mm per uur, dus een totaal van 25 mm per beregeningsbeurt. De druppelirrigatie objecten met de 100% watergift: behandeling 'Drip in de rij 100% van de beregende gift' en behandeling 'Drip tussen de rij, 100% van de beregende gift', zouden hier gelijk aan moeten zijn. In tabel 3 is getoond wat gegeven waterhoeveelheden zijn per behandeling, wat er eigenlijk gegeven had moeten worden, hoeveel dit is ten opzichte van de beoogde gift en als laatste wordt aangegeven hoeveel dit is ten opzichte van de beregende objecten.

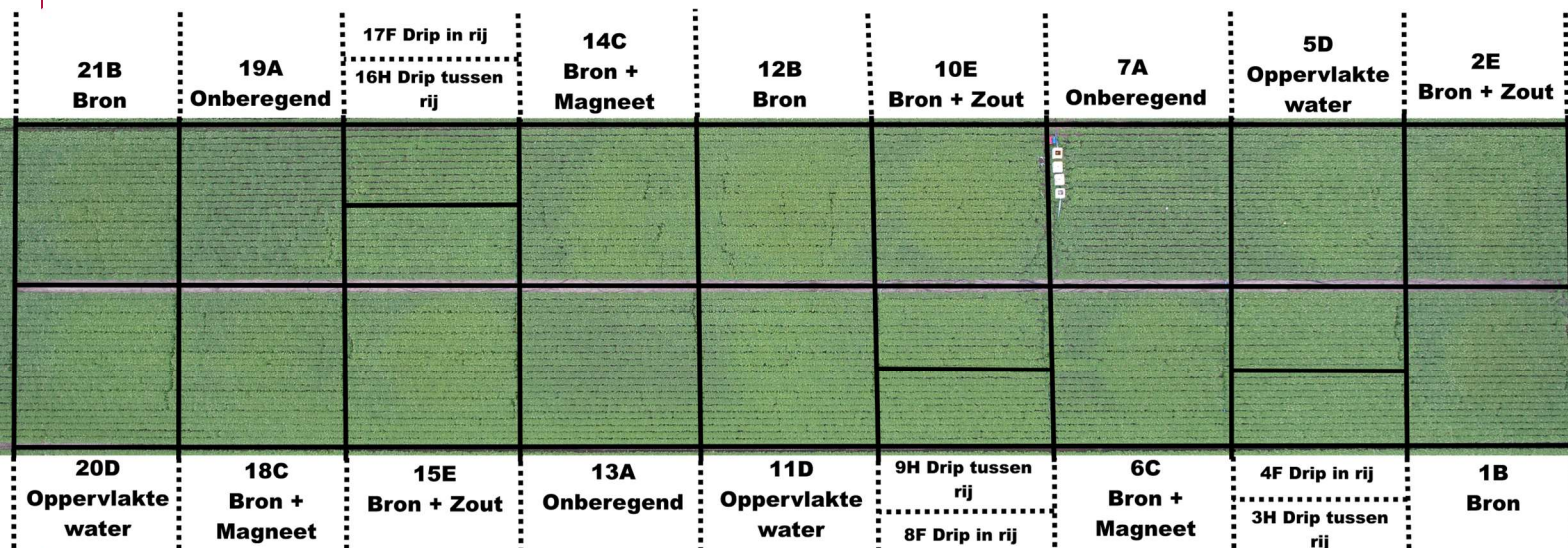
Tabel 3 De hoeveelheden water in mm gegeven per behandeling. Daarnaast de hoeveelheid water die er gegeven had moeten worden in mm.

Behandeling	Gegeven na 2x behandel en (mm)	Wat er gegeven had moeten worden na 2x behandelen (mm)	% gegeven ten opzichte van beoogde gift	% gegeven ten opzichte van beregende objecten (50mm)
A. Onberegend	0,0	0	0 %	0 %
B. Bronwater	50,0	50,0	100 %	100%
C. Bron + Magneet	50,0	50,0	100 %	100%
D. Oppervlaktewater	43,75	50,0	87,5 %	87,5 %
E. Bron + Zout	43,75	50,0	87,5 %	87,5 %
F. Drip in de rij, 100%	50,0	50,0	100 %	100%
H. Drip tussen de rij, 100%	50,0	50,0	100 %	100%

In de tabel is te zien dat de objecten D en E niet de volledige gift hebben gekregen, dit komt door een storing welke in de tweede beregeningsbeurt is ontdekt. Door de storing hebben deze twee objecten bij de tweede gift 25% minder water gekregen dan de bedoeling was.

### 3.4 Resultaten afsterving

In Figuur 11 is een dronefoto te zien welke midden in het seizoen gemaakt is, na de eerste beregeningsbeurt. De foto is gemaakt op 28 juni 2023 en de eerste beregeningsbeurt vond plaats op 23 juni 2023.

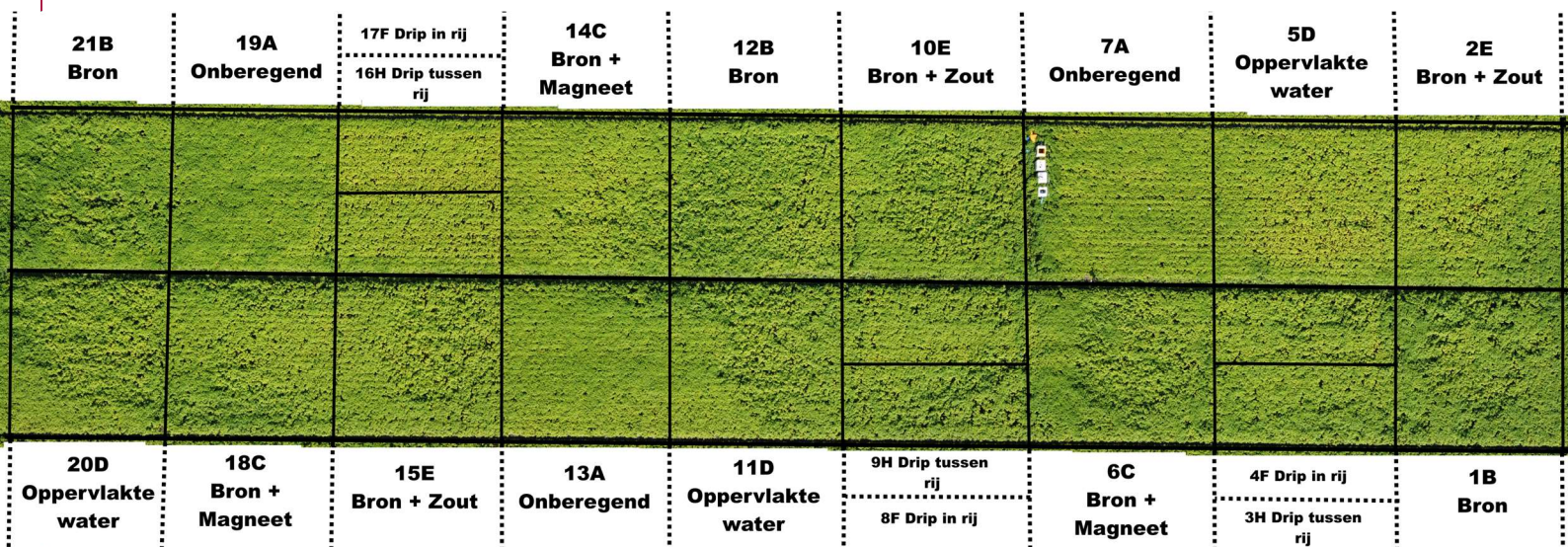


Figuur 3 Drone foto midden in seizoen (28-06-2023)

Aan de hand van deze foto zijn de onberegende objecten er goed uit te vinden. Dit zijn namelijk de meest donkergekleurde objecten. In object 7A zijn twee overduidelijk groenere strepen te zien, dit komt door lekwater dat vrij is gekomen van de IBC's. Daarnaast valt op dat de 'cirkels' van de sproeijs ietwat rechts (in de foto) in de objecten liggen. Dit heeft te maken met de harde wind welke aanwezig was bij het draaien van de beregeningsproef. Verder is goed te zien dat de drip in en tussen de rijen ervoor zorgt dat het volledige object water krijgt. Deze zijn namelijk mooi egaal gekleurd na de beregeningsbeurt.

Direct na de beregeningsbeurt was het blad van de bron beregende objecten 'roestiger' van kleur dan de andere beregende objecten. In de bladsapanalyses valt ook op dat het ijzergehalte in de met bronwater beregende objecten vele malen hoger ligt dan in de andere objecten. Deze 'roestige' kleur trok na een paar dagen weer weg, waarna er niks meer van te zien was. Ook op de dronefoto is niet te zien dat de met bronwater beregende objecten 'roestiger' van kleur zijn.

In Figuur 12 is te zien hoe het gewas eruitzag op 4 september 2023.



Figuur 4 De afsterving van het loof. Gefotografeerd door een drone op 4 september 2023

In figuur 12, hierboven weergegeven, valt op dat de onberegende objecten egaler groen zijn dan de rest van de objecten. Dit heeft er in alle waarschijnlijkheid mee te maken dat de onberegende objecten een langere groeiperiode hebben dan de objecten welke wel beregend zijn. Alle beregende objecten tonen dezelfde mate van afsterving, hierdoor is het moeilijk een onderscheid te maken tussen de afsterving van de verschillende objecten.

### 3.5 Netto-opbrengst

In tabel 4 is de netto-opbrengst en relatieve opbrengst te zien per behandeling.

Tabel 4 Netto-opbrengst (kg/ha) per behandeling. Getoond is het gemiddelde van 6 waarnemingen per behandeling. De relatieve opbrengst is berekend ten opzichte van het onberegende object en dient als verduidelijking van de verschillen tussen de behandelingen.

Behandeling	Netto-opbrengst (kg/ha)	Relatieve opbrengst
A. Onberegend	69,2	100,0
B. Bronwater	69,7	100,7
C. Bronwater met magneet	69,5	100,4
D. Oppervlaktewater	68,6	99,1
E. Bron met zouttoevoeging	68,3	98,7
F. Drip in de rij, 100%	68,9	99,6
G. Drip tussen de rij, 100%	71,3	103,0
Gemiddelde	69,4	

Hierboven zijn de netto-opbrengsten te zien van het proefveld uit 2023. Er is te zien dat er relatief erg weinig verschil zit tussen de opbrengsten. Hierdoor is er dit jaar te concluderen dat beregenen niet voor een hogere opbrengst zorgt. Dit heeft vooral te maken met de hoeveelheid regenwater dat er afgelopen seizoen gevallen is. Doordat het in het voorjaar van 2023 redelijk nat was, hebben de aardappelen genoeg water gehad bij de start. Vervolgens is het een periode droog geweest waardoor de proef twee keer gedraaid heeft. Daarna heeft het regelmatig geregend waardoor de proef niet meer hoefde te draaien. Het tweemaal draaien van de beregeningsproef heeft dit jaar niet voor een verschil in opbrengst kunnen zorgen.

Qua loofontwikkeling waren de onberegende objecten duidelijk slechter ontwikkeld in het begin van het seizoen. Tijdens het warme droge weer hebben deze objecten vrijwel stilgestaan in loofontwikkeling. Na de eerste regenval uit de lucht hebben deze objecten zich herpakt, na deze neerslag hebben deze objecten nog weer gebloeid.

### 3.6 Zetmeelopbrengst

In tabel 5 zijn de zetmeelopbrengsten (kg/ha) en zetmeelgehaltenes terug te vinden.

Tabel 5 Zetmeel opbrengst (kg/ha) en zetmeelgehalte per behandeling. Getoond zijn de gemiddelden van 6 waarnemingen per behandeling. De relatieve zetmeelopbrengst is berekend ten opzichte van het onberegende object en dient als verduidelijking van de verschillen tussen de behandelingen.

Behandeling	Zetmeelopbrengst (kg/ha)	Relatieve zetmeel- opbrengst	Zetmeelgehalte (%)
A. Onberegend	13,1	100,0	19,28
B. Bronwater	13,3	101,5	19,06
C. Bronwater met magneet	13,2	100,8	19,04
D. Oppervlaktewater	12,9	98,5	18,85
E. Bron met zouttoevoeging	12,7	96,9	18,56
F. Drip in de rij, 100%	13,0	99,2	18,83
G. Drip tussen de rij, 100%	13,6	103,8	19,12
Gemiddelde	13,1		18,96

Ook voor de zetmeelopbrengst geldt dat er relatief weinig verschil zit tussen de verschillende objecten. Het ras Avamond is van zichzelf al een ras dat niet een erg hoog zetmeelpercentage heeft. Dit blijkt ook uit het gemiddelde zetmeelpercentage dat rond de 19% ligt. Net zoals bij de netto-opbrengst heeft ook bij het zetmeelpercentage het tweemaal beregenen niet kunnen zorgen voor een verschil.

## 4 Meerjarige resultaten

### Resultaten 2020

In 2020 is er in totaal een vier keer beregend. Qua bladsap is eruit gekomen dat er geen significante verschillen zitten tussen de verschillende behandelingen. Verschillende soorten water zorgen er in dit jaar niet voor dat er verschillen in de bladsapwaardes te zien zijn.

Bij de netto-opbrengsten komt naar voren dat de objecten onberegend en druppelirrigatie een significant lagere opbrengst geven. Bij druppelirrigatie is er een gift van 15 mm gegeven, de andere beregende velden hebben een 25 mm gift gekregen. De 15 mm gift zou een te lage gift kunnen zijn geweest, daarnaast lagen de dripslangen tussen de rij. Het water kan hierdoor minder goed de ruggen zelf binnendringen en dus voor een vochttekort in de ruggen kunnen leiden.

Uit de resultaten is gebleken dat er geen significant effect is van de behandelingen op het zetmeelpercentage.

Uit de beelden van de drone en de visuele waarnemingen is naar voorgekomen dat het blad van beregende aardappelen niet eerder is afgestorven in vergelijking met de andere percelen. Er viel juist op dat de onberegende objecten juist eerder afstierven dan de andere objecten. Aangenomen is dat de droge en hete zomer ervoor gezorgd heeft dat de onberegende objecten zodanig waren afgestorven dat deze zich na de regen niet meer konden herstellen.

### Resultaten 2021

In het jaar 2021 is er relatief veel neerslag gevallen, waardoor er maar twee keer beregend is. Uit de bladsapanalyses is er een significant resultaat gevonden voor de hoeveelheid Fe (ijzer) tussen de verschillende behandelingen. Hierbij heeft behandeling 'Bron, met hard, ijzerhoudend water' een significant hogere hoeveelheid ijzer dan de andere vier behandelingen. Daarnaast hebben behandeling 'Bron, ijzerhoudend water' en behandeling 'Bron, ijzerhoudend water met toevoeging van zout (NaCl)' een significant hogere gehalte ijzer in vergelijking met behandeling 'Onberegend' en behandeling 'Oppervlaktewater'. Daarnaast hebben deze twee behandelingen een significant lagere gehalte ijzer in vergelijking met behandeling 'Bron met hard, ijzerhoudend water'.

Aan de hand van de resultaten kan er geconcludeerd worden dat er geen significante verschillen zijn gevonden in de netto-opbrengst. Doordat er weinig beregend is werd een effect van beregenen op de opbrengst ook niet direct verwacht.

Aan de hand van de resultaten van de zetmeelopbrengsten en zetmeelgehaltes valt te concluderen, dat net zoals bij de netto-opbrengst, er geen significante verschillen zijn gevonden. Aangezien er maar twee keer beregend is dit jaar, is het niet verwonderlijk dat er geen significante verschillen te vinden zijn. Dus, ondanks een significant verschil in ijzergehaltes in het blad tussen de verschillende behandelingen, waarbij bron met hard, ijzerhoudend water een hogere gehalte ijzer heeft, is er geen effect hiervan terug te vinden in zetmeelopbrengst en zetmeelgehalte.



## Resultaten 2022

2022 was een jaar waarin de beregeningsproef vaak gedraaid heeft, namelijk zes keer. Aan de hand van het resultaten kan er geconcludeerd worden dat er een significant effect is van behandeling op de netto-opbrengst. Er is een significant lagere opbrengst gevonden voor onbehandeld in vergelijking met de andere behandelingen. De hoogste opbrengst is gevonden voor het oppervlaktewater, met een relatieve opbrengst van 160% ten opzichte van onberegend. Het lijkt er dus op dat beregenen met oppervlaktewater de beste keuze is. Dit kan onderbouwd worden door de lage natrium-, chloor- en voornamelijk ijzergehaltes in het bladsap. Van de beregende objecten scoort behandeling 'Bronwater' het slechtst, deze heeft een relatieve opbrengst van 138,9% ten opzichte van onberegend. Bij behandeling 'Bronwater' is een relatief hoge waarde gevonden van ijzer in het bladsap. Beregenen met bronwater, met een toevoeging van zout en met hard, ijzerhoudend water lijken niet zoveel van elkaar te verschillen met respectievelijk een relatieve opbrengst van 155% en 153,4%. De verschillen tussen de beregende objecten zijn echter niet significant verschillend. Van de druppelirrigatie objecten lijkt object 'Drip in de rij, 55% (2020: 60%)' van de beregende gift de hoogste opbrengst te geven met een relatieve opbrengst van 151,6% ten opzichte van het onberegende object. De verschillen tussen de druppelirrigatie objecten zijn echter niet significant verschillend. Er lijkt dus geen effect te zijn van in de rij of tussen de rij druppelirrigatie.

Uit de resultaten voor de zetmeelopbrengst komt naar voren dat de zetmeelopbrengst voor onberegend de laagste is in vergelijking met de andere objecten. Beregenen met oppervlaktewater geeft de hoogste zetmeelopbrengst in vergelijking met de andere objecten. Drip in de rij geeft de hoogste zetmeelopbrengst bij de druppelobjecten. De hoge zetmeelopbrengst komt voornamelijk door de hoge netto-opbrengst van de aardappelen. Voor het zetmeelpercentage is er een significant hoger zetmeelpercentage gevonden voor 'Onberegend' in vergelijking met alle andere objecten. Er lijkt dus een effect te zijn van water op het zetmeelpercentage. Echter, omdat de opbrengst van onberegend dusdanig lager is, compenseert deze hoge zetmeelgehalte niet dusdanig dat de zetmeelopbrengst van onberegend bijgetrokken wordt.

Er lijkt een effect te zijn van beregenen met verschillende waterkwaliteiten op het afsterven van het loof. Uit de dronebeelden van 2022 kwam duidelijk naar voren dat onberegende velden zichtbaar verder afgestorven waren dan de beregende objecten. Wat betreft het verschil tussen de verschillende waterkwaliteiten, was het duidelijk te zien dat de velden van behandeling 'Bronwater', behandeling 'Bron met toevoeging van zout' en 'Bron met hard, ijzerhoudend water' bruiner kleurden dan de andere velden. Dit effect was ook terug te zien in de bladsapanalyses, waar deze velden een significant hoger ijzergehalte lieten zien.

## Resultaten 2023

In 2023 is ook, net als in 2021, relatief veel neerslag gevallen waardoor de beregeningsproef maar twee keer gedraaid heeft. Uit de resultaten van het bladsap valt op dat de ijzergehaltes in de objecten beregend met bronwater veel hoger liggen dan de objecten onberegend en beregend met oppervlaktewater. Of hier significante verschillen tussen zitten is niet getest.

De verschillende objecten verschillen in netto-opbrengst en zetmeelopbrengst weinig tot niet met elkaar. Doordat de objecten relatief weinig met elkaar verschillen kan er in het jaar 2023 geconcludeerd worden dat beregenen geen meerwaarde heeft gehad ten opzichte van niet beregenen.

Na de eerste beregeningsbeurt was er een duidelijk verschil te zien in het loof tussen de verschillende objecten. Naarmate het later werd in het seizoen trokken deze verschillen weer bij en waren er geen verschillen meer te zien tussen de objecten.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

Doordat elk jaar van de beregeningsproef anders was, is het erg lastig om conclusies te trekken over de proef na vier jaar. Wanneer alle omstandigheden hetzelfde waren geweest elk jaar was dit makkelijker geweest. Bij een jaar waarin veel beregend wordt zullen er eerder verschillen te zien zijn tussen het wel of niet beregenen. In twee van de vier jaren is er een significant lagere netto-opbrengst te zien bij het niet beregenen. Deze netto-opbrengsten zijn weergegeven in bijlage 4. In beide jaren waarin de netto-opbrengst lager lag is ook vaker beregend dan in de andere twee jaren. Hierdoor is er wel een link te leggen tussen het aantal keer dat er beregend moet worden en de resultaten van de opbrengst die hieruit komen. In drie van de vier jaren is gebleken dat er geen significante verschillen zijn in de zetmeelopbrengst. In het ene jaar waarin er wel een significant verschil is in zetmeelopbrengst komt dit voornamelijk door het grote verschil in netto-opbrengst tussen de verschillende objecten. De resultaten van de zetmeelopbrengst van de voorgaande jaren wordt weergegeven in bijlage 5.

In het jaar 2023 was er aan het eind van het seizoen niet te zien dat het loof bij de beregende objecten eerder afgestorven was ten opzichte van de onberegende objecten. Er viel juist op dat tegen het einde van het seizoen de onberegende objecten juist egalier groen waren dan de beregende objecten. Waarschijnlijk heeft dit er mee te maken dat de onberegende objecten een langere groeiperiode hebben gehad dan de beregende objecten. Na de eerste keer beregenen eind juni was wel een verschil te zien tussen de verschillende objecten. De onberegende objecten gaven een veel donkere kleur weer bij de dronefoto's. Daarnaast waren de beregende objecten met bronwater 'roestiger' van kleur dan de andere beregende objecten. In dit jaar is er dus ook geen conclusie te trekken dat de waterkwaliteit een effect heeft gehad op het versneld afsterven van het loof.

In 2023 zijn er geen verschillen aangetoond tussen de verschillende waterkwaliteiten en de opbrengst. Doordat de opbrengsten van alle verschillende objecten erg dicht bij elkaar lagen is er niet naar voren gekomen dat de waterkwaliteit effect heeft gehad op de opbrengst.

Doordat in het jaar 2023 geen verschil is gemaakt in watergebruik bij de dripslangen is het moeilijk iets te zeggen over de efficiëntie van de dripslangen. Wel is te zien dat de dripslangen goed kunnen meekomen qua resultaten ten opzichte van de andere beregende objecten. Er is wel te zien dat de drip tussen de rij iets hogere opbrengsten geeft dan de andere objecten, toch is dit verschil te klein om er conclusies over te trekken. Wat betreft de aanleg is het makkelijker om de drip tussen de rijen te plaatsen. Toch kan dit nadelig zijn met het oog op gediertes die zich op/ in de percelen bevinden, deze kunnen de dripslangen namelijk makkelijker aantasten. Hierdoor ontstaan er lekkages en werkt de drip niet meer optimaal.

## 5.2 Aanbevelingen

### 1. Meer bladsanalyses

In het vervolgonderzoek is het verstandig om vaker te plukken, om zo meer data te krijgen. Hierdoor krijg je een betrouwbaarder beeld van het effect van de waterkwaliteiten op het bladsap. Aan de hand van de bladsanalyses kan bijbemest worden, waardoor het gewas optimaal groeit.

### 2. Dripslangen in verhoogde goot

Bij drip tussen de rij worden de dripslangen tussen de twee opgerugde rijen neergelegd. In de praktijk zijn er op andere locaties goede ervaringen met drip welke neergelegd is in een 'verhoogde' goot. Bij het opruggen wordt de goot tussen de twee rijen hoger neergelegd, waardoor het water meer boven de aardappel terecht komt. Hierdoor zou er een betere opname kunnen ontstaan voor de aardappelplant. Daarnaast blijft er een kostenvoordeel aan ten opzichte van drip in de rij, er kan namelijk de helft minder slangen gebruikt worden.

### 3. Druppelgrootte in combinatie met neerslaan van ijzer

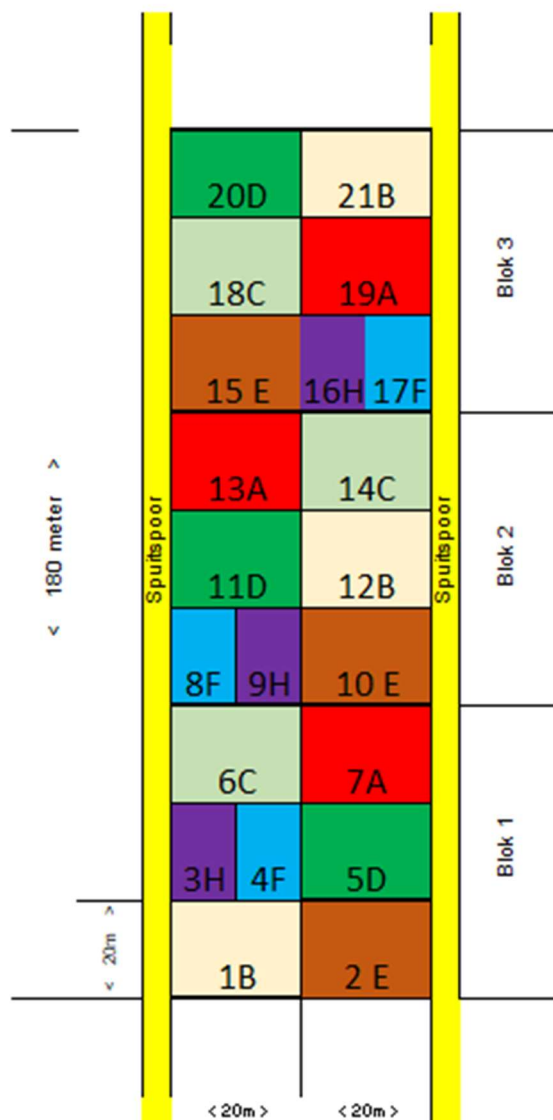
Afgelopen jaar was het na de eerste keer beregenen goed zichtbaar welke objecten met bronwater waren beregend, deze kleurden namelijk erg 'roestig'. Deze roestige kleur kwam vooral voor dicht bij de sproeiërs, waar de druppels het fijnst waren. Voor een vervolg proef kan het interessant zijn om te onderzoeken wat het effect van de druppelgrootte is op het neerslaan van het ijzer op het blad. In de praktijk is ook te zien dat bij centerpivot systemen de grootste schade in het midden van de draaicirkel is, daar blijft het gewas langer nat en zijn de druppels (nozzle) kleiner. Idee voor een vervolg proef kan zijn om het binnenste deel met een grotere nozzle uit te rusten. Daarnaast ook een timer plaatsen om de waterhoeveelheid weer gelijk te trekken

### 4. Zout toevoeging oppervlaktewater

Hoewel er in de meeste jaren geen statistische verschillen kunnen worden aangetoond dat een zouttoevoeging voor een opbrengstderiving moet leiden, is er wel te zien dat deze toch vaak iets lager uitkomen dan de andere beregende objecten. Daarnaast wordt er vermoed dat rasverschillen ook een verschil kunnen geven in de opbrengst na het toevoegen van zout aan het water.

## Bijlage 1 Proefschema

### Beregeningsproef 2023



A	Onberegend
B	Bron
C	Bron + magneet
D	Oppervlakte water
E	bron + zout
F	Drip in de rij, 100% van de beregende gift
H	Drip tussen de ruggen, 100% van de beregende gift.

## Bijlage 2 Gegevens berekening en drip

### Programma drip:

Tabel 6 Totaal uren drppen per behandeling.

Object	Behandeling	Uren draaien	Watergift (mm)
F	In de ruggen 100%	24:00:00	25
H	Tussen de ruggen 100%	24:00:00	25

Bij de dripslangen draaide de installatie niet constant. Doormiddel van een tijdschakelaar werd de installatie om het uur aan- en uitgezet. Op deze manier kreeg het water meer kans om zich horizontaal te verplaatsen.

### Hoeveelheden berekening

Tabel 7 De hoeveelheden water per watergift voor de beregende objecten.

Object nr.	Behandeling	Watergift (mm)
B, C, D, E	Bron; Bron + Magneet; Oppervlaktewater; Bron + Zout	25

## Bijlage 3 Teelt- en perceelsgegevens

Teeltjaar	2023
Proeftitel	Zuinig beregenen en waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen
Regio	Veenkoloniën
Locatie	1 <sup>e</sup> Exloërmond
Perceel	11 N 54 NZ
Gewas	Aardappelen
Ras	Avamond
Grondsoort	Dalgrond
Datum bodemanalyse	29-03-2021
- % o.s.	7,2 %
- Pw-getal	63
- K-getal	14
- pH	4,9
Hoofdgrondbewerking	Spitmachine
Voorvrucht vorig jaar	Suikerbieten
Zaai-/pootdatum	20 April
Zaaizaad-/pootgoedhoeveelheid	2600
Veldgrootte	20*20 meter
Aantal herhalingen	3
Rijenafstand (cm)	75 cm
Organische bemesting	Silomix
Stikstofbemesting	132 kg
Fosfaatbemesting	72 kg
Kalibemesting	180 kg
Onkruidbestrijding	Standaard onkruidbestrijding, zelfde als de rest van het perceel (registratie aanwezig)
Schimmelbestrijding	Standaard schimmelbestrijding, zelfde als de rest van het perceel (registratie aanwezig)
Insectenbestrijding	Standaard insectenbestrijding, zelfde als de rest van het perceel (registratie aanwezig)
Oogstdatum	23-10-23

## Bijlage 4 Resultaten netto-opbrengst voorgaande jaren

Netto-opbrengst resultaten 2020:

Behandeling	Netto-opbrengst (kg/ha)
A. Drip	47315 a
B. Bron met ijzerhoudend water, niet geoxideerd	53333 b
C. Oppervlaktewater met natrium en chloorhoudend water	53148 b
D. Oppervlaktewater	57269 b
E. Kraanwater	57361 b
F. Geen water	40278 c
	F-prob <0.001
	LSD 5472.5

Netto-opbrengst resultaten 2021:

Behandeling	Netto-opbrengst (kg/ha)
A. Onberegend	52083 a
B. Bron, ijzerhoudend water	51204 a
C. Bron, ijzerhoudend water met toevoeging van zout (NaCl)	51713 a
D. Oppervlaktewater	52037 a
E. Bron met hard, ijzerhoudend water	52731 a
F. Drip in de rij, 100%	51157 a
G. Drip tussen de rij, 60%	51296 a
H. Drip tussen de rij, 100%	50926 a
I. Drip in de rij, 60%	52639 a
	Gemiddelde 51754
	F-prob 0,816
	LSD 2712,4
	CV% 3,0

Netto-opbrengst resultaten 2022:

Behandeling	Netto-opbrengst (kg / ha)	Relatieve opbrengst
A. Onberegend	29.722 a	100,0
B. Bronwater	41.296 bcd	138,9
C. Bronwater met toevoeging van zout (NaCl)	46.065 cd	155,0
D. Oppervlaktewater	47.546 d	160,0
E. Bron met hard, ijzerhoudend water	45.602 bcd	153,4
F. Drip in de rij, 64% (2020: 100%)	40.741 bc	137,1
G. Drip tussen de rij, 43% (2020: 60%)	39.491 bc	132,9
H. Drip tussen de rij, 64% (2020: 100%)	39.120 b	131,6
I. Drip in de rij, 55% (2020: 60%)	45.046 bcd	151,6
Gemiddelde	41.626	NVT
F-prob	0,001	NVT
LSD	6.707,3	NVT
CV%	9,3	NVT



## Bijlage 5 Resultaten zetmeelopbrengst voorgaande jaren

Resultaten zetmeelopbrengst 2020:

Behandeling	Zetmeel opbrengst (kg/ha)	Zetmeel (%)
A. Drip	9338 a	19.79 a
B. Bron met ijzerhoudend water, niet geoxideerd	10665 ab	19.99 a
C. Oppervlaktewater met natrium en chloorhoudend	9981 ab	18.68 a
D. Oppervlaktewater	11024 b	19.25 a
E. Kraanwater	11317 b	19.77 a
F. Geen water	7695 c	19.26 a
	F-prob	<0.001
	LSD	1.328

Resultaten zetmeelopbrengst 2021:

Behandeling	Zetmeelopbrengst (kg/ha)	Zetmeelgehalte (%)
A. Onberegend	12232 a	23,50 a
B. Bron, ijzerhoudend water	12017 a	23,45 a
C. Bron, ijzerhoudend water met toevoeging van zout (NaCl)	12116 a	23,43 a
D. Oppervlaktewater	12054 a	23,15 a
E. Bron met hard, ijzerhoudend water	12397 a	23,51 a
F. Drip in de rij, 100%	12040 a	23,55 a
G. Drip tussen de rij, 60%	11926 a	23,26 a
H. Drip tussen de rij, 100%	11838 a	23,26 a
I. Drip in de rij, 60%	12424 a	23,60 a
	Gemiddelde	12116
		23,41
	F-prob	0,703
	LSD	726,7
	CV%	3,5

Resultaten zetmeelopbrengst 2022:

Behandeling	Zetmeelopbrengst (kg/ha)	Relatieve zetmeelopbrengst	Zetmeelgehalte (%)
A. Onberegend	6.940 a	100,0	23,52% a
B. Bronwater	8.251 ab	118,9	19,93% b
C. Bronwater met toevoeging van zout (NaCl)	9.192 bc	132,4	19,98% b
D. Oppervlaktewater	9.785 c	141,0	20,59% b
E. Bron met hard, ijzerhoudend water	9.366 bc	135,0	20,54% b
F. Drip in de rij, 64% (2020: 100%)	8.309 ab	119,7	20,40% b
G. Drip tussen de rij, 43% (2020: 60%)	8.043 ab	115,9	20,34% b
H. Drip tussen de rij, 64% (2020: 100%)	8.167 ab	117,7	20,90% b
I. Drip in de rij, 55% (2020: 60%)	9.440 bc	136,0	20,93% b
Gemiddelde	8.610	NVT	20,79%
F-prob	0,012	NVT	0,001
LSD	1.401,1	NVT	1,32%
CV%	9,4	NVT	3,7