

Irrigatie van Zeeuwse Uien

Vergelijkingsproef met verschillende irrigatietechnieken



Auteur: Willem van Dijk
Opleiding: Tuin-Akkerbouw
Afstudeerdocent: Evert Los
Plaats: 's-Gravenpolder
Datum: 10-08-2023

Titelblad

Titel: Irrigatie van Zeeuwse uien

Ondertitel: Vergelijkingsproef met verschillende irrigatietechnieken

Versie: 1

Auteur: Willem van Dijk

Opleiding: Tuin-Akkerbouw

In opdracht van: Aeres Hogeschool Dronten

Afstudeerdocent: Evert Los

Datum publicatie: 10 augustus 2023

Plaats: 's-Gravenpolder

Voorwoord

De scriptie die voor u ligt is geschreven door Willem van Dijk. De scriptie is, na vier jaar studeren, de laatste opdracht van de opleiding Tuin-Akkerbouw van de Aeres Hogeschool te Dronten. Irrigatie, en zuinig omgaan met water zijn, in Zeeland, vanwege steeds vaker voorkomende droge jaren, belangrijke onderwerpen rondom de strijd tegen verzilting. De irrigatiemethodes moeten echter wel rendabel blijven. Het leek mij interessant om op een uienperceel in Zeeland, een vergelijkingsproef uit te voeren met verschillende irrigatietechnieken. De hoofdvraag luidt als volgt: *“Welke irrigatietechniek kunnen Zeeuwse akkerbouwers het beste toepassen in de uienteelt?”* Vanwege het droge voorjaar was de teler genoodzaakt te beregenen waardoor ik mooie resultaten heb weten te bemachtigen.

Ik wil mijn afstudeercoach Evert Los, van Aeres Hogeschool Dronten bedanken voor alle hulp en feedback. Zijn hulp en begeleiding heeft positief bijgedragen aan het eindresultaat. Verder wil ik het bedrijf Kesselaar BV bedanken voor het beschikbaar stellen van een perceel eerstejaars plantuien en het financieren van een hectare druppelirrigatie en alle andere gemaakte kosten omtrent de proef.

Veel leesplezier toegewenst bij het lezen van deze scriptie.

Willem van Dijk
's-Gravenpolder, 09 augustus 2023

Inhoudsopgave

VOORWOORD.....	2
SAMENVATTING	4
SUMMARY	6
HOOFDSTUK 1. INLEIDING	8
1.1 AANLEIDING	8
1.1.1 <i>De Zeeuwse akkerbouw</i>	8
1.1.2 <i>Lage uienopbrengsten</i>	8
1.2 THEORETISCH KADER	9
1.2.1 <i>De uienteelt</i>	9
1.2.2 <i>Waterbeschikbaarheid in Zeeland</i>	12
1.2.3 <i>Zoetwateronttrekking</i>	13
1.2.4 <i>Irrigatietechnieken</i>	14
1.2.5 <i>Bodemvochtsensoren</i>	17
1.3 KNOWLEDGE GAP	19
1.4 HOOFD- EN DEELVRAGEN	19
1.4.1 <i>Hoofdvraag</i>	19
1.4.2 <i>Deelvragen</i>	20
HOOFDSTUK 2. MATERIAAL EN METHODE.....	21
2.1 <i>Onderbouwing deelvragen</i>	21
DOEL	23
2.2 PERCEELKEUZE	23
2.3 PERCEELINDELING	25
2.3.1 <i>Verdeling druppelslangen</i>	25
2.3.2 <i>Proefindeling</i>	26
HOOFDSTUK 3. RESULTATEN	27
3.1 DEELVRAAG 1	27
3.2 DEELVRAAG 2	29
3.3 DEELVRAAG 3	35
3.3.1 <i>Haspel met kanon</i>	35
3.3.2 <i>Haspel met beregeningsboom</i>	37
3.3.3 <i>Druppelirrigatie</i>	40
HOOFDSTUK 4. DISCUSSIE.....	44
HOOFDSTUK 5. CONCLUSIE	47
BIBLIOGRAFIE	50

Samenvatting

Verzilting is een steeds groter wordend probleem. Wereldwijd is een miljard hectare grond te zout om gewassen te telen. Deze oppervlakte groeit met 2000 hectare per dag. Door de droge jaren wordt het verziltingsprobleem ook in Zeeland steeds groter. Om verzilting tegen te gaan moet zoet water zoveel mogelijk in de bodem worden gehouden. Verzilting neemt echter toe in tijden van droogte, terwijl juist dan veel water uit de bodem wordt onttrokken voor irrigatie. Verliezen door verdamping en verwaaiing moeten daarom zoveel mogelijk beperkt worden. Een haspel met een beregeningsboom is op dat gebied efficiënter dan een haspel met een kanon. Druppelirrigatie is weer veel efficiënter dan beregenen met een haspel met een beregeningsboom.

Efficiënter beregenen kan in droge tijden extra kilo's verkoopbaar product opleveren omdat er gewoonweg meer water bij de wortels terecht komt. Echter brengt het ook extra kosten met zich mee. Zo is een beregeningsboom duurder dan een kanon en bij druppelirrigatie lopen de kosten per hectare sterk op. Voor de teler blijft de belangrijkste vraag: "Wat levert het extra op ten opzichte van niet beregenen?" Er zijn wel wat cijfers over de efficiëntie, kosten en baten bekend, maar dit betreft vaak verschillende onderzoeken onder verschillende omstandigheden wat de kosten en opbrengsten kan beïnvloeden. Daarom is er in dit onderzoek gekeken naar de efficiëntie, kosten per hectare en de opbrengst per hectare van de verschillende technieken, onder gelijke omstandigheden. De hoofdvraag is als volgt: "Welke irrigatietechniek kunnen Zeeuwse akkerbouwers het beste toepassen in de uienteelt?"

Hiervoor is een perceel eerstejaars plantuien beschikbaar gesteld waarop vier plots zijn aangelegd en als volgt ingedeeld: 1: beregeningsboom, 2: nulmeting, 3: druppelirrigatie, 4: beregeningskanon. Om de efficiëntie te bepalen is er gebruik gemaakt van bodemvochtsensoren. De kosten zijn opgehaald bij het bedrijf waar de proef werd uitgevoerd en de opbrengsten zijn aan het einde van het seizoen, doormiddel van opbrengstmetingen door de student bepaald.

Uit het onderzoek blijkt dat druppelirrigatie het meest efficiënt is, 77% van het water beland ook daadwerkelijk bij de wortels. Bij de haspel met kanon is dat 59% en bij de beregeningsboom 66%. Dat betekent dat wanneer men wenst om 20 millimeter water daadwerkelijk bij de wortels te krijgen op een areaal van 8,7 hectare, wat een gemiddelde grootte is van een uienperceel in Zeeland is, dat er 365,4 kuub meer voor de haspel met beregeningsboom benodigd is ten opzichte van druppelirrigatie. Voor de haspel met kanon is dat 687,3 kuub. Met druppelirrigatie wordt dus veel water in de bodem vastgehouden wat verdroging en daarbij verzilting tegen gaat.

Druppelirrigatie brengt wel de meeste kosten met zich mee, namelijk +/- €2.000 per hectare en daar komt bij dat schaalvergroting niet leidt tot lagere kosten per hectare. Bij beregenen met een kanon kost een gift van 15mm €358 per hectare, mits de haspel op 40 hectare wordt ingezet. Als de haspel op 20 hectare wordt ingezet, stijgen deze kosten naar €578 per hectare. Voor een haspel met beregeningsboom zijn deze kosten €406 op 40 hectare en €675 op 20 hectare. Dat de kosten per hectare stijgen is geen probleem als ook de opbrengsten voldoende meestijgen.

Druppelirrigatie behaalde in dit onderzoek 32,3 ton verkoopbaar product. De haspel met beregeningsboom 26,7 ton, de haspel met beregeningskanon 25,5 ton en niet beregenen 20 ton. Vertaald naar euro's per hectare en verrekend met de kosten van het beregenen en de opbrengsten van de nulmeting van deze bedragen af te trekken levert druppelirrigatie €2.060 op, de beregeningsboom €2.251 en het kanon €1.862. De opbrengsten zijn statistisch vergeleken met elkaar waaruit blijkt dat alle opbrengsten significant van elkaar verschillen, behalve de opbrengsten van beide haspels. Er is niet met 95% betrouwbaarheid te zeggen dat de haspel met beregeningsboom een meeropbrengst oplevert ten opzichte van het kanon.

Als eindconclusie en antwoord op de hoofdvraag geldt het volgende: Op een te beregenen areaal van 0-15 hectare wordt druppelirrigatie aangeraden vanwege de hoge kosten van een eigen beregeningsinstallatie, maar ook in het kader van verdroging en verzilting. Er wordt voorafgaand aan de teelt een risico wordt genomen door hoge kosten en bij een haspel liggen die kosten lager, maar leveren ook minder verkoopbaar product op.

Op een te beregenen areaal van 15-40 hectare wordt een haspel met kanon aangeraden. Deze is overal in te zetten en vanwege het grote schaalvoordeel aantrekkelijk. Binnen een week tijd kan alles beregend worden.

Op een te beregenen areaal van 40-55 hectare is het aan te raden om op één perceel, met bijvoorbeeld een duurdere teelt zoals uien, druppelirrigatie te leggen om water te besparen en meer kilo's opbrengst en daarmee meer euro's per hectare te realiseren. Op het overige areaal kan dan een haspel met kanon worden ingezet. Het areaal kan dan worden gezien als 40 + 0-15 hectare.

Het is per bedrijf verschillend en 'niet met een schaarstje te knippen', maar voor grotere te beregenen arealen wordt aangeraden, naast een haspel één perceel met druppelirrigatie aan te leggen in een duurdere teelt zoals uien. Dit om een meeropbrengst te realiseren en water te besparen, maar ook om het te beregenen areaal van de beregeningshassel te verkleinen om te voorkomen dat de gewassen verdrogen tijdens langdurende droogte. Daarbij wordt de arbeidspiek van beregenen verlaagd. Worden de arealen dusdanig groot dat een tweede haspel moet worden aangeschaft, kan deze uitgevoerd worden met beregeningsboom om water te besparen. Met de haspel met kanon kunnen percelen met bijvoorbeeld een geer beregend worden.

Summary

Salinization is an increasing problem. Worldwide, one billion hectares of soil is too salty to grow crops. This area is growing at 2000 hectares per day. Due to the dry years, the salinization problem is also increasing in Zeeland. To prevent salinization, fresh water must be kept in the soil as much as possible. Salinization increases in times of drought, when a lot of water is extracted from the soil for irrigation. Losses through evaporation and drift must therefore be limited as much as possible. A reel with an irrigation boom is more efficient in that respect than a normal irrigation reel with a cannon sprayer. Drip irrigation is much more efficient than a reel with an irrigation boom.

More efficient irrigation can yield extra kilos of salable product in dry times, simply because more water reaches the roots before evaporated. However, it also entails additional costs. For example, an irrigation boom is more expensive than a reel with a cannon sprayer and with drip irrigation the costs per hectare rise sharply. For the farmer, the most important question remains: "What is the extra yield compared to not irrigating?" Some figures on efficiency, costs and benefits are known, but these often concern different studies under different circumstances, which can influence costs and revenues. That is the reason why this study looked at the efficiency, costs per hectare and the yield per hectare of the various techniques, under equal conditions. The main question is as follows: "Which irrigation technique can farmers in Zeeland best apply in onion cultivation?"

For this purpose, a plot of first-year onion sets has been made available on which four have been laid out and divided as follows: 1: irrigation boom, 2: zero measurement, 3: drip irrigation, 4: cannon sprayer. Soil moisture sensors were used to determine the efficiency. The costs were collected from the company where the test was carried out and the yields were determined by the student at the end of the season by means of yield measurements.

The research shows that drip irrigation is the most efficient, 77% of the water actually ends up at the roots. This is 59% for the reel with a cannon sprayer and 66% for the reel with an irrigation boom. This means, compared to drip irrigation, that if someone wishes to actually get 20 millimeters of water to the roots on an area of 8,7 hectares, which is the average size of an onion field in Zeeland, that 365,4 more cubic meters is required for the reel with irrigation boom. For the reel with a cannon sprayer, that is 687,3 cubic meters. With drip irrigation, a lot of water can be retained in the soil, which prevents desiccation and salinization.

Drip irrigation does entail the most costs, namely +/- €2.000 per hectare, and an increase in scale does not lead to lower costs per hectare. Irrigating with a reel with a cannon sprayer, a gift of 15mm costs €358 per hectare, provided that the reel is used on 40 hectares. If the reel is used on 20 hectares, these costs increase to €578 per hectare. For a reel with an irrigation boom, these costs are €406 on 40 hectares and €675 on 20 hectares. The fact that the costs per hectare are rising is not a problem if the yields also rise sufficiently.

Drip irrigation achieved 32,3 ton of salable product in this study. The reel with irrigation boom 26,7 tons, the reel with cannon sprayer 25,5 tons and no irrigation 20 tons. Translated into euros per hectare and settled with the costs of irrigation and deducting the revenues from the zero measurement from these amounts, drip irrigation yields €2.060, the irrigation

boom €2.251 and the cannon €1.862. The yields have been statistically compared with each other, showing that all yields differ significantly from each other, except the yields of both reels. It cannot be said with 95% reliability that the reel with an irrigation boom produces a higher yield compared to the cannon. The following applies as a final conclusion and answer to the main question: Drip irrigation is recommended on an area of 0-15 hectare to be irrigated because of the high costs of an own installation, but also in the context of desiccation and salinization. Prior to cultivation, a risk is taken due to high costs and with a reel those costs are lower, but also produce less salable product.

A reel with a cannon is recommended on an area to be irrigated of 15-40 hectares. It can be used anywhere and is attractive because of the large economies of scale. Everything can be irrigated within a week.

On an area to be irrigated of 40-55 hectares, it is advisable to install drip irrigation on one plot, for example a more expensive crop like onions, to save water and to realize more kilos and with thus more euros per hectare. A reel with a cannon sprayer can then be used on the remaining area. The acreage can then be seen as 40 + 0-15 hectares.

It differs per company, but for larger areas to be irrigated it is recommended to install one plot with drip irrigation in a more expensive crop such as onions, in addition to a reel. This is to realize a higher yield and save water, but also to reduce the area to be irrigated by the irrigation reel to prevent the crops from dying out during prolonged drought. In addition, the work peak of irrigation is reduced. If the areas become so large that a second reel has to be purchased, it can be equipped with an irrigation boom to save water. With the reel with a cannon sprayer, plots with, for example, an oblique side can be irrigated.

Hoofdstuk 1. Inleiding

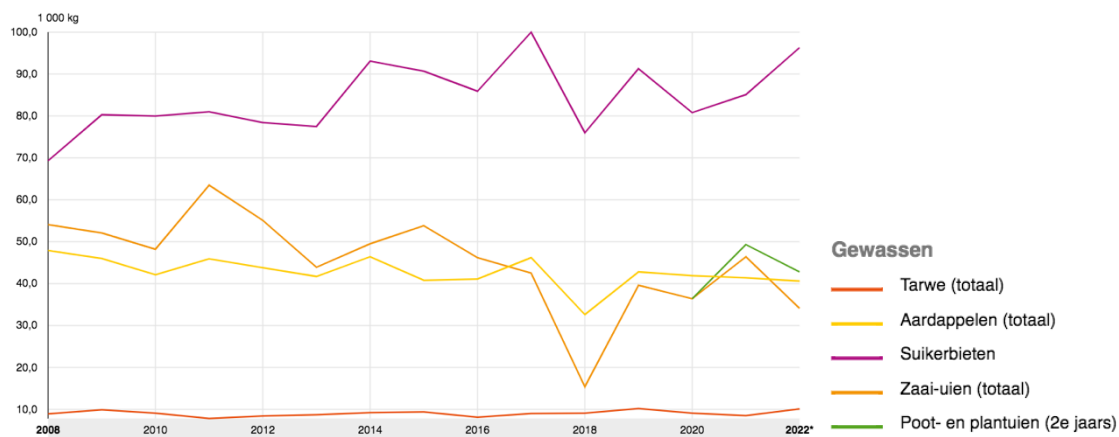
1.1 Aanleiding

1.1.1 De Zeeuwse akkerbouw

Zeeland is met 118.707 hectare, één van de grootste landbouwprovincies van Nederland. In 2022 was hiervan 82.308 hectare, of 69%, akkerbouwgrond (CBS, 2023). Dat maakt Zeeland de grootste akkerbouwprovincie van het land (Provincie Zeeland, 2023). Met name de uienteelt is, vanwege de geschikte grond, belangrijk voor Zeeland. Van oudsher is Zeeland een echte uienprovincie (Agrio, 2020). In 2015 werd er een recordareaal van 8.378 hectare uien geteeld. Alleen de provincie Flevoland teelde dat jaar meer uien, namelijk 10.392 hectare (CBS, 2023).

1.1.2 Lage uienopbrengsten

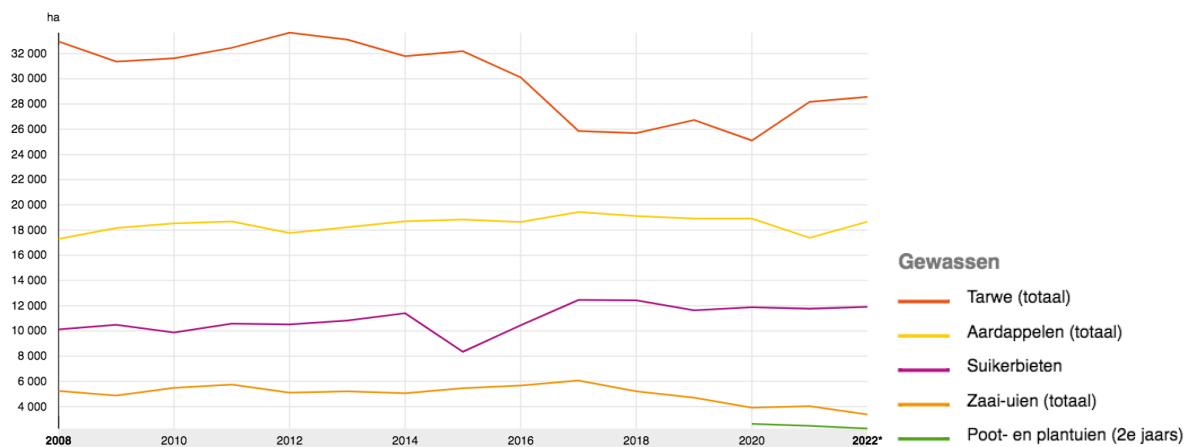
Echter neemt dit areaal af omdat de Zeeuwse uienopbrengst door steeds extremere weersomstandigheden in gevaar komt (Agrio, 2020). Uit gegevens van (CBS, 2023) blijkt dat de uienteelt, de afgelopen jaren regelmatig heeft geleden door droge seizoenen. Op figuur 1 zijn de droge seizoenen dan ook goed te herkennen aan de lage hectareopbrengsten van uien. Vooral 2018 springt eruit, maar ook 2019, 2020 en 2022 waren extreem droog voor uien (KNMI, sd). Dat is een bedreiging voor de sector en voor Zeeland. Figuur 1 weergeeft een lijngrafiek met de opbrengsten per hectare van de afgelopen 15 jaar.



Figuur 1: Hectareopbrengsten van de belangrijkste gewassen in Zeeland in de afgelopen 15 jaar. (Bron: www.cbs.nl)

Naast de teelt is ook de uienverwerking groot in Zeeland. Totaal wordt in Nederland 30-40.000 hectare (CBS, 2023) uien geteeld, waarvan meer dan 80% via Zeeland wordt afgezet (investinzeeland). Naast Flevoland heeft Zeeland de meeste verwerkingsbedrijven (Zeeland 23, Flevoland 30) (CBS, 2021). Het grote akkerbouwareaal en de aanwezigheid van de verwerkingsbedrijven zorgen samen voor veel werkgelegenheid. De gehele keten van landbouw- en visserijbedrijven zorgen voor 15% van de werkgelegenheid in Zeeland (Provincie Zeeland, 2023). Doordat verwerkingsbedrijven groot zijn, is ook de techniek en transportsector groot waardoor het eerdergenoemde percentage oploopt. De Zeeuwse akkerbouw, maar ook zeker de Zeeuwse uienteelt is dus belangrijk voor Zeeland.

Vanwege de kans op lage opbrengsten minderen veel telers met het telen van uien (Vos, 2022). Op figuur 2 is te zien dat het Zeeuwse areaal zaaiuien in de periode 2017-2022 met meer dan 2.000 ha is afgenomen. Dat is een afname van 8% ten opzichte van het Nederlands gemiddelde van de afgelopen 15 jaar wat 24.270 hectare zaaiuien betreft (CBS, 2023).



Figuur 2: Het areaal uien in Zeeland neemt af. (Bron: www.cbs.nl)

Om te voorkomen dat het uienareaal blijft afnemen wordt er in Zeeland veel onderzoek gedaan naar irrigatie en zuinig omgaan met water. Beregenen brengt kosten met zich mee, maar het is belangrijk dat ook in droge jaren een goede opbrengst gehaald wordt voor een rendabele teelt (Agrio, 2020). Beregeningskosten worden terugbetaald door hoge uienprijzen als het aanbod wereldwijd laag is door droogte. Zo heeft de droogte in 2018 en 2022 geleid tot extreem hoge prijzen van 60 cent en hoger per kilo uien (Agrimatie, 2023).

Irrigatie en het efficiënte gebruik van water in de uienteelt staan dan ook centraal in dit afstudeerwerkstuk, waarbij onder andere gekeken wordt naar verschillende irrigatietechnieken en de invloed hiervan op de uienteelt. Alvorens daar dieper op ingegaan wordt, zal in paragraaf 1.2 eerst een bredere omschrijving over de ui als akkerbouwgewas gegeven worden. Tevens wordt de achtergrond en problematiek omtrent de beschikbaarheid van zoetwater in Zeeland uiteengezet. Aangezien de ui een belangrijk gewas is voor het saldo van de Zeeuwse akkerbouwer, maar tegelijkertijd erg gevoelig is voor droogte, wordt er in dit onderzoek specifiek gekeken naar mogelijkheden om de uienteelt te laten renderen met een efficiënt gebruik van zoetwater.

1.2 Theoretisch kader

1.2.1 De uienteelt

De ui (*Allium cepa*) behoort tot de lookgewassen en tot de Allium-familie die uit meer dan 600 soorten bestaat. De ui komt uitsluitend voor op het noordelijk halfrond en is een tweejarige plant. In het eerste jaar wordt een bol ontwikkeld waarin voedingsstoffen worden opgeslagen om in het tweede jaar opnieuw uit te kunnen lopen en zaad te ontwikkelen. De bol bestaat uit vlezige rokken welke beschermd worden door droge rokken welke uit drie verschillende kleuren kunnen bestaan; geel, rood en wit (Uienteelt.nl). Deze verschillende kleuren zijn te zien op figuur 3.

Er zijn drie verschillende varianten van uienteelten welke in dit hoofdstuk eerst worden beschreven. Daarna wordt gericht op de verschillende ziektes en plagen die in uien kunnen voorkomen. Ten laatste wordt gericht op de verschillende ontwikkelingsstadia van uien.

Teeltvarianten

De zaaiuien beslaan het grootste areaal in Zeeland. Er werd in de periode 2020-2022 gemiddeld 3500-4000 hectare zaaiuien gezaaid (CBS, 2022). Zaaiuien worden in het voorjaar gezaaid en in de nazomer geoogst. Vanuit een zaadje ontstaat er een plantje wat ondergronds een bol, en bovengronds blad (loof) vormt. Vlak voor de oogst gaat het loof strijken en sterft de plant af. Doordat de ui in het eerste jaar wordt geoogst, geeft de plant geen zaad (PPO, 2003).



Figuur 3: Gele, rode en witte uien.
(Bron: www.foodandfriends.nl)

Naast zaaiuien zijn tweedejaars plantuien het grootst in Zeeland. Er werd in de periode 2020-2022 gemiddeld rond de 2500 hectare tweedejaars plantuien geteeld (CBS, 2022). Tweedejaars plantuien worden als kleine uitjes (eerstejaars plantuien, figuur 4) in het voorjaar geplant en rond juli geoogst. Sommige rassen kunnen overwinteren en worden in het najaar al geplant. Dat zorgt voor een nog vroegere oogst, vaak al in juni (Kesselaar, 2023).



Figuur 4: Eerstejaars plantuien.
(Bron: www.qualityinside.nl)

Eerstejaars plantuien beslaan het kleinste areaal in Zeeland. Exacte gegevens hierover zijn niet bekend. Eerstejaars plantuien worden in het voorjaar gezaaid en rond juli/ augustus geoogst. Deze worden bewaard tot het nieuwe seizoen. Net daarvoor worden ze uitgelezen op tarra en op maat gesorteerd. Het eindproduct zijn uitjes in de maat 8-21 mm (figuur 4), het uitgangsmateriaal voor tweedejaars plantuien (Kesselaar, 2023).

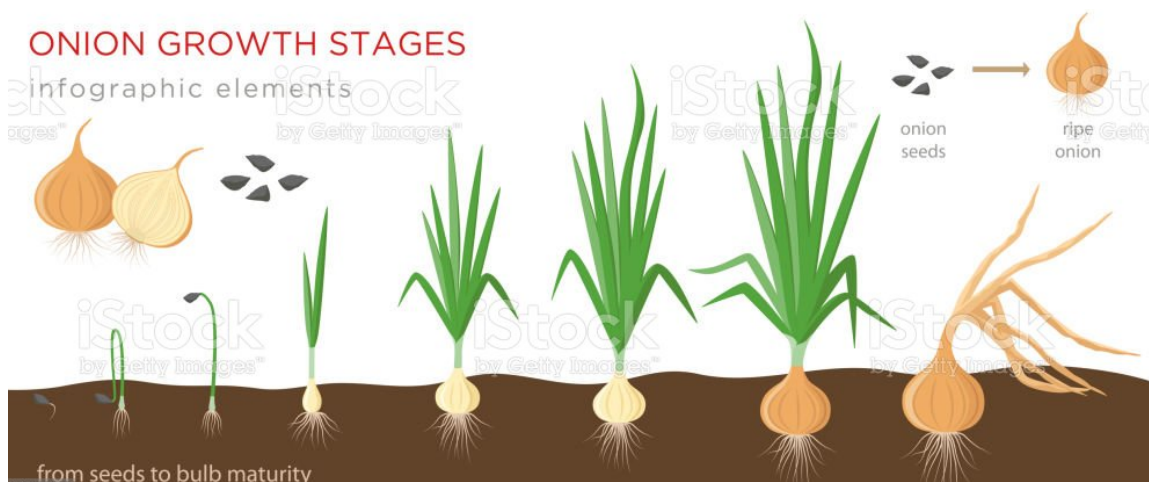
Ziekten en plagen

Twee belangrijke grondgebonden schimmels bij bovengenoemde teelten zijn witrot en fusarium. Fusarium kan tot 15 jaar in de grond achterblijven, witrot tot 20 jaar (Groeipartners, sd). Andere schimmels en ziektes die voorkomen in uien zijn: Bladvlekkenziekte, penicillium, purpervlekkenziekte, papiervlekkenziekte, valse meeldauw, stemphylium, smet, koprot, pinkroot en uienbrand (De Groot en Slot & Bejo Zaden, 2016). Naast ziektes kunnen insecten voor schade aan de uien zorgen. Het belangrijkste insect is de uienvlieg (Uienteelt.nl). Naast de uienvlieg is trips een lastig beheersbaar insect. Verder kunnen ritnaalden, uiensnuitboorkever, preimot en uienmineervlieg voor problemen zorgen (Janmaat, 2021).

In de volgende paragrafen wordt de ontwikkeling van uien verder uitgediept. Hierbij wordt specifiek ingegaan op de waterbehoefte van het gewas. Vanwege de kleine verschillen tussen de verschillende teeltvarianten, wordt alleen ingegaan op zaaiuien. Het grootste verschil tussen de teelten is dat tweedejaars plantuien al zijn gekiemd in het voorafgaande jaar en dus minder lang hoeven te groeien waardoor de oogst vervroegd wordt. Eerstejaars plantuien hebben dezelfde beginontwikkeling als zaaiuien maar sterven eerder af.

Ontwikkeling zaaiui

De gehele ontwikkeling van zaaiuien is van zaadje tot volwassen ui, te zien op figuur 5. Bij de zaaiuien is tijdens de periode tot en met het bollen, beschikbaarheid van water en nutriënten van groot belang. De ui probeert voor het bollen begint (figuur 5, 5^e plaatje vanaf links) zoveel mogelijk blad aan te maken en voedingsstoffen op te slaan. Vanwege de ondiepe worteling van het gewas, is voldoende neerslag in deze periode daarom van groot belang. Bladmeststoffen kunnen helpen om ijzer, mangaan, magnesium en stikstof, welke belangrijke elementen zijn voor de groei, voldoende ter beschikking te stellen (Soiltech, sd).



Figuur 5: Ontwikkelingsstadia zaaiui. (Bron: www.istockphoto.com)

De hoeveelheid blad wat de ui tot die tijd aanmaakt heeft is bepalend voor de grootte van de bol. Vanaf de langste dag stopt de aanmaak van blad en gaat de ui bollen. De sapstroom loopt dan, samen met de opgenomen voedingsstoffen en groeihormonen, vanuit het blad naar de bol. Hoge temperatuur, lange dagen en de beschikbaarheid van water stimuleren de bolvorming. Tijdens de bolling heeft de plant veel kalium nodig omdat deze stof belangrijk is voor het transport van voedingsstoffen en suikers in de sapstroom. Omdat kalium makkelijk uitspoelt en uien een klein wortelstelsel hebben kan het opnemen hiervan een probleem zijn. Een kaliumgebrek kan leiden tot kwaliteitsvermindering. Een bladbemesting met kalium kan dat voorkomen (Soiltech, sd).

Uienoogst

Als de ui 'rijp' is, gaat het loof strijken en wordt het bruin. Dat is te zien op het laatste plaatje van figuur 5. Weersomstandigheden zoals wind en temperatuur, maar ook de beschikbaarheid van water en voedingsstoffen bepalen de snelheid van het afrijpingsproces. Als de bol niet meer groeit kan er worden geoogst (Soiltech, sd). De oogstmachine, te zien op figuur 6, heeft voorop een machine die met een zuigende werking het loof omhoog zuigt, afslaat en zijwaarts afvoert. Achterop hangt een machine die de uien uit de grond wipt. De uien gaan over een spijlenband waar grond en los afval doorheen valt. De machine drukt de grond aan en creëert daarmee een schoon 'bed' waar de uien als zwad op komen te liggen (Uienteelt.nl).



Figuur 6: Het oogsten van uien. (Bron: www.vssmachinebouw.com)

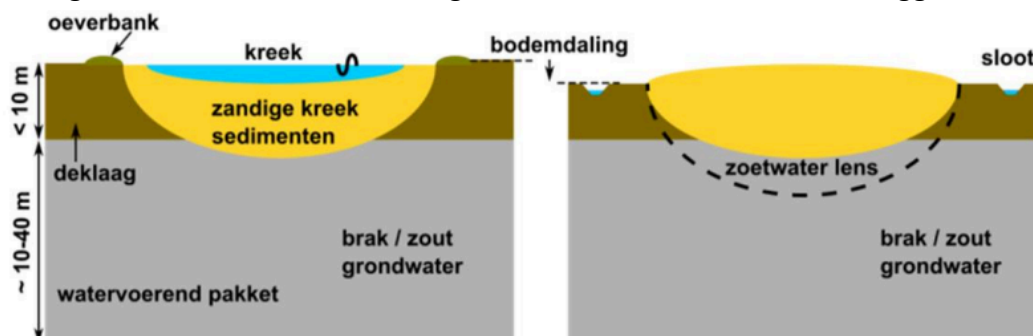
1.2.2 Waterbeschikbaarheid in Zeeland

Zoals alvorens in sectie 1.2.1 beschreven, is beschikbaar water gedurende het seizoen bepalend voor de grootte van de bol. De ui is een gewas wat gevoelig is voor droogte. Dat komt door de oppervlakkige, schaarse en ondiepe worteling (Kumar, Imtiyaz, Kumar, & Singh, 2007). De wortels zitten 0-60 cm diep. Uit proeven blijkt zelfs dat 90% van de wortels zich tot maar 18 cm diep bevinden (PPO, 2003). Voor een goede loof- en bolontwikkeling zijn uien dan ook sterk afhankelijk van voldoende regen. Wanneer de toplaag van de grond uitdroogt kunnen er al snel verliezen ontstaan (Smith, et al., 2011). De beschikbaarheid van zoetwater is van groot belang om te kunnen beregenen in tijden van door droogte om verliezen te voorkomen.

Echter is de beschikbaarheid van zoetwater in een groot deel van Zeeland niet vanzelfsprekend. Zoet oppervlaktewater is vaak beperkt, en zoet grondwater is vaak te zout vanwege zoute kwel onderdoor de dijken en door indringing van zout grondwater (Scheldestromen, sd). Door de droogte van de afgelopen jaren dringt de zoute kwel steeds verder landinwaarts. Het zoutgehalte van het grondwater neemt hierdoor toe en blijft naar verwachting toenemen (Iplo.nl). Dat wordt verzilting genoemd, wat een wereldwijd probleem is. Wereldwijd is een miljard hectare grond te zout om gewassen te telen. Deze oppervlakte groeit volgens (Groenkennisnet) met 2000 hectare per dag. Om verzilting tegen te gaan, is zoveel mogelijk zoetwater in de bodem behouden een belangrijk advies. Tevens zijn het bergen en aanvoeren van zoetwater twee belangrijke adviezen, maar deze brengen hoge kosten met zich mee (Donkers, 2018). In de gebieden waar het zoutgehalte toeneemt is een zuinige irrigatietechniek van groot belang.

Ontstaan van zoetwaterbellen

De variatie in de Zeeuwse bodem is al van oudsher ontstaan. Her en der verdeeld over Zeeland zijn zanderige, hoger gelegen gebieden te vinden. Deze gebieden worden kreekruigen genoemd (Zeeuwse Ankers, 2023). Deze zandplekken zijn vaak geïnfiltreerd met veel zoetwater en zijdelings afgebakend door, voor water, ondoordringbare kleilagen en door het zwaardere, zoute water. Dat zoete water kan gebruikt worden om te beregenen. Kreekruigen zijn ontstaan toen men na de stormvloed in 1134 zich beter ging beschermen tegen de zee. Dijken werden verhoogd en de afwatering werd verbeterd waardoor het grondwaterpeil verlaagde. De veenlagen werden hierdoor blootgesteld aan zuurstof waardoor het rottingsproces op gang kwam met inklinking van het maaiveld tot wel twee centimeter per jaar als gevolg (Nooijer, 2021). De zanderige bodems van de kreken kwamen hierdoor hoger dan het maaiveld te liggen waardoor het kreekruigen worden genoemd. Op deze, natuurlijke, wijze zijn zoetwaterbellen ontwikkeld (Scheldestromen, sd). Figuur 7 weergeeft een schematische weergave van het ontstaan van kreekruigen.

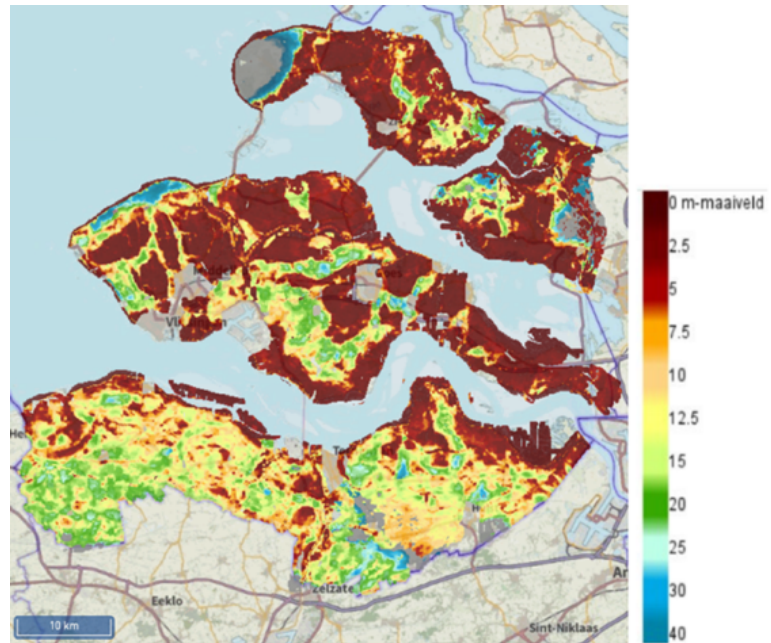


Figuur 7: Het ontstaan van zanderige kreekruigen in Zeeland. (Bron:www.zeeland.nl)

Verdeling in Zeeland

Naast de hoger gelegen kreekkrug-gebieden bevat Zeeland ook gebieden onder zeeniveau. Het grootste deel van Zeeland ligt echter ongeveer op zeeniveau waardoor de ondergrond de ene keer geïnfiltreerd door zoet regenwater, terwijl de andere keer de zoute kwel overheerst. De gebieden beneden zeeniveau kunnen vanwege de zoute kwel slecht infiltreren. Deze gebieden beschikken niet over zoet grondwater en zijn daardoor volledig afhankelijk van regenwater om gewassen te kunnen telen (Scheldestromen, sd). Als telers in deze gebieden willen beregenen moet het water worden aangevoerd of op worden geslagen in een bassin. Een zuinige irrigatietechniek kan dan van groot belang zijn.

Om erachter te komen hoe het zoete water in Zeeland is verdeeld heeft het bedrijf BGR de zoet-zoutverdeling van de Zeeuwse bodem in kaart gebracht. Op de zoetwaterkaart die hiermee is ontwikkeld is te zien waar, en tot op welke diepte het zoete water zich bevindt (Scheldestromen, sd). Rasafhankelijk kunnen uien met een chloridegehalte tussen de 0,23 en 1,2 gram Cl per liter beregend worden (Stuyt, Blom-Zandstra, & Kselik, 2016). Op figuur 8 is de kaart te zien, hier staat deze ingesteld op 0,3 gram chloor per 1 liter water. Met behulp van de legenda is te zien



Figuur 8: Zoet-zout verdeling Zeeland met een grenswaarde van 300mg Cl/l. (Bron www.scheldestromen.nl)

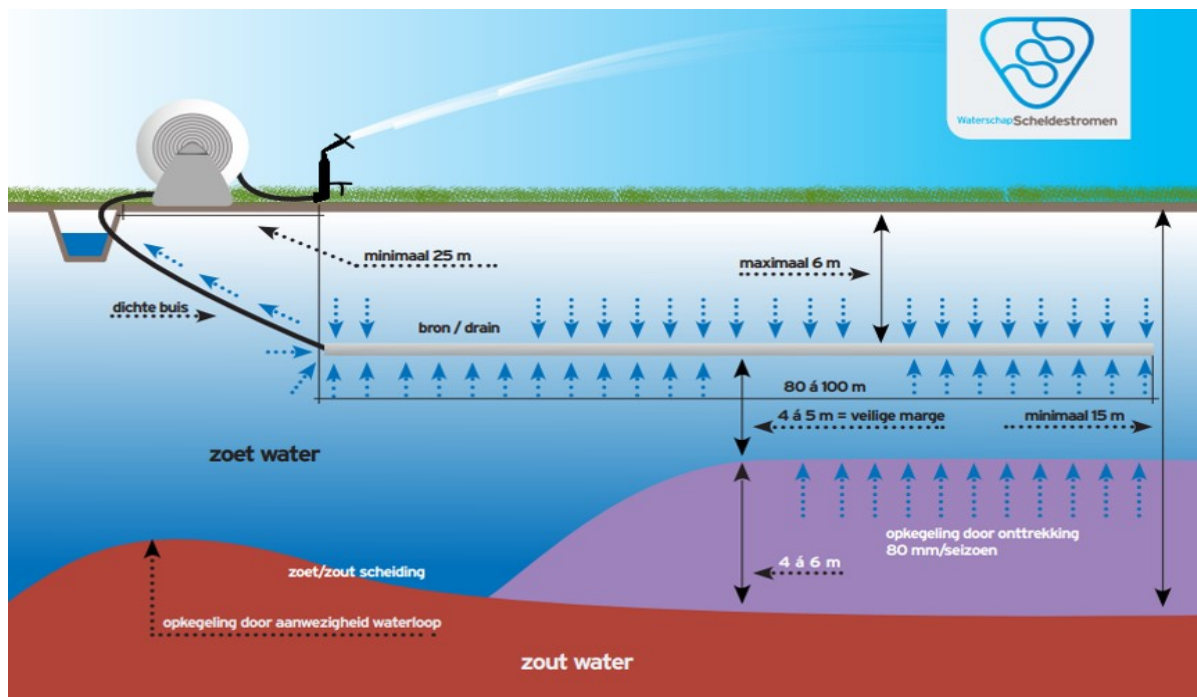
hoe diep de scheidelijn van dat gehalte ligt. Oftewel, tot welke diepte het water onttrokken kan worden om uien zonder zoutschade te kunnen beregenen zonder dat de bodem wordt uitgeput. Op de kaart is veel rood te zien, dit zijn gebieden met weinig beschikbaar zoetwater in de bodem. Als er in dit gebied uien beregend worden met grondwater zal de voorraad zoetwater snel uitputten waardoor zoutschade ontstaat. Deze gebieden zijn daardoor volledig afhankelijk van regenwater. De blauwe, groene en gele gebieden zijn echter wel potentieel te gebruiken voor het onttrekken van zoetwater doormiddel van een diepdrain. Een voorwaarde is wel dat het water makkelijk aanloopt naar een aanzuigpunt (Scheldestromen, sd).

Voordat ingegaan wordt op de verschillende mogelijkheden van irrigatie wordt in sectie 1.2.3 eerst ingegaan op de onttrekking van zoetwater in Zeeland.

1.2.3 Zoetwateronttrekking

Het is in Zeeland gebruikelijk om water te onttrekken uit een zoetwaterbron, in de vorm van een horizontale diepdrain. Diepdraains mogen in Zeeland tot zes meter diep gelegd worden. De diepdrain wordt omringt door grind om een buffer van water rondom de buis te creëren. Vaak liggen de drains over een lengte van 50-200 meter. Voor voldoende aanvoer van

zoetwater is het van belang dat er genoeg grof materiaal in de grond zit waardoor het water makkelijk aanloopt. (Drainagebedrijf Scaldis, sd). Op figuur 9 is een diepdrain schematisch weergegeven.



Figuur 9: Schematische weergave zoetwaterbron met horizontale drain. (Bron: www.scheldestromen.nl)

Naar verwachting bevatten de randgebieden, van de eerdergenoemde blauwe, groene en gele gebieden in figuur 8, een kleinere zoetwatervoorraad ten opzichte van middenin deze gebieden. Daarom is daar in tijden van droogte, efficiënt watergebruik bij beregenen van groot belang. Volgens (Deltaexpertise, 2021) dreigt bij jaarlijks onttrekken van 80 mm per hectare ($=800 \text{ m}^3$) of meer, het gevaar van voorraaduitputting. Daarnaast is efficiënte irrigatie in het kader van verzilting van groot belang.

In de volgende paragraaf wordt daarom ingegaan op de verschillende irrigatietechnieken die gebruikt worden om uien te voorzien van zoetwater en hoe efficiënt deze zijn. Voor veel telers is efficiëntie van groot belang, maar nog belangrijker is de rendabiliteit. Daarom worden beide factoren meegenomen in het onderzoek.

1.2.4 Irrigatietechnieken

In de Nederlandse akkerbouw wordt volgens inschattingen van experts 95% tot 98% van de beregening doormiddel van haspels toegepast. Hiervan is het grootste deel uitgevoerd met een kanon, slechts een paar procent is uitgevoerd met een beregeningsboom, maar de belangstelling voor deze techniek groeit. Een andere opkomende techniek is druppelirrigatie (Voort, 2019). Ook in Zeeland zijn dit de drie meest voorkomende irrigatietechnieken. Qua werking en efficiëntie verschillen deze technieken sterk van elkaar. Hieronder is de werking en voor- en nadelen van de technieken uitgewerkt.

Haspel met beregeningskanon

Beregenen doormiddel van een haspel met beregeningskanon is te zien op figuur 10. Met behulp van een trekker wordt het wagentje met het kanon door een spuitspoor naar de andere kant van een perceel getrokken. Het kanon verspreid het water door een links en rechtsgaande beweging. De pomp levert het water met een druk van rond de tien bar aan de haspel.



Figuur 10: Beregenen met beregeningskanon. (Bron: www.deltaexpertise.nl)

Doormiddel van een regelbare waterturbine draait de haspel de slang op en wordt het kanon met de juiste snelheid ingetrokken. De snelheid en de druk bepalen de afgifte (LV Vlaanderen, 2023).

Een groot voordeel is de flexibiliteit. De haspel wordt eenvoudig getransporteerd over de weg en in het veld geplaatst (Deltaexpertise, 2021). Er is dus relatief weinig arbeid benodigd (LV Vlaanderen, 2023). De lengte van de aanvoer is echter wel per locatie verschillend. Een ander voordeel is de grote capaciteit van 50m³ per uur (Deltadrip, 2020). Echter is de verspreiding van het water doormiddel van een kanon niet optimaal. De zon zorgt voor verdamping en de wind zorgt voor een slechte verdeling van de straal (LV Vlaanderen, 2023). Volgens (Deltaexpertise, 2021) is 40% van het water, onder gunstige omstandigheden, dus in de avond of nacht zonder zon en wind, al verdampt voordat het de wortels bereikt. Bij slechte infiltratie spoelt veel water over de grond weg naar de sloot. Bij te goede infiltratie, door scheuren in de grond, ontstaat percolatie. Het water stroomt dan naar de ondergrond wat zorgt voor uitspoeling van voedingsstoffen (Doorn, 2019). Ten laatste is de hoge neerslagintensiteit en de grove druppels een groot nadeel omdat ze voor verslamping van de bodem en beschadiging van de gewassen kunnen zorgen. Het kanon is daarom minder geschikt voor gevoelige gewassen of om te beregenen bij opkomst (LV Vlaanderen, 2023).

Haspel met beregeningsboom

Beregenen doormiddel van een haspel met beregeningsboom is ongeveer gelijk aan het beregenen met een kanon. Het verschil is dat het water wordt verdeeld doormiddel van druk regulerende spuitdoppen welke bevestigd zijn aan een boom. De installatie is te zien op figuur 11. Ten



Figuur 11: Beregenen met beregeningsboom. (Bron: www.wur.nl)

opzichte van een kanon vraagt een beregeningsboom minder druk. Er is namelijk geen grote druk nodig om het water ver te kunnen verspreiden (LV Vlaanderen, 2023).

Het werken met een lage druk (1,4 bar per dop) heeft als voordeel dat er gesproeid kan worden met kleine druppels. Door de kleine druppels wordt de structuur na het zaaien gespaard en is de kans op slemp en gewasbeschadiging minder. Tevens zorgt de lagere druk voor een brandstofbesparing van de pomp tot 30% in vergelijking met een

beregeningskanon (Hoenderken, 2013). Het water valt bij een beregeningsboom vrijwel direct naar beneden waardoor de wind minder invloed kan uitoefenen. Het verlies van water door wind en verdamping, ligt tussen de 12 en 29% (Burgt & Verstand, 2021). Er is dus minder verlies wat leidt tot een hogere effectiviteit van het watergebruik (Voort, 2019). Volgens (Rovadi, sd) levert het beregenen met een sproeiboom een waterbesparing op van 20% ten opzichte van een beregeningskanon. Een ander voordeel van een beregeningsboom is de gelijkmatige verdeling van het water (LV Vlaanderen, 2023).

De arbeid van het installeren en verzetten ligt hoger ten opzichte van beregenen met een kanon omdat de boom met de hand moet worden in- en uitgekapt (LV Vlaanderen, 2023). Een haspel met ingeklapte beregeningsboom is een brede machine, wat op de weg voor problemen kan zorgen (Voort, 2019). Het water dat gebruikt wordt moet schoon zijn om verstopte doppen te voorkomen. De aanschaf van een spuitboom ligt wel aanzienlijk hoger dan een beregeningskanon (Hoenderken, 2013).

Druppelirrigatie

Druppelirrigatie, te zien op figuur 12, is een systeem wat water direct bij de planten druppelt doormiddel van slangen tussen het gewas. Deze slangen bevatten om de 20 á 25 cm een druppelaar welke onder een bepaalde druk open gaan (Voort, 2019). Druppelslangen kunnen permanent, 40 cm diep, net onder de ploegzool gelegd worden (Deltadrip, 2020). De meest voorkomende manier is echter om druppelslangen in de werkgang bij het zaaien of poten, een paar centimeter diep te leggen en aan het einde van de teelt weer te verwijderen (Voort, 2019).



Figuur 12: Uien beregenen doormiddel van druppelirrigatie. (Bron: www.deltaexpertise.nl)

Druppelirrigatie kent voor de uienteelt veel voordelen. Doordat uien ondiep wortelen zijn ze volledig afhankelijk van regen of beregening. Minimale watertekorten kunnen al stress opleveren en daardoor opbrengst verlagend werken of zorgen voor tweewassigheid (Smith, et al., 2011). Voor de optimale ontwikkeling van uien is een frequente en lichte irrigatie een vereiste. De beste opbrengsten worden gehaald als de grond constant vochtig wordt gehouden (Kumar, Imtiyaz, Kumar, & Singh, 2007). Dat is mogelijk met druppelirrigatie. Volgens (Burgt & Verstand, 2021) is per hectare, een 'paar kuub' water per uur voldoende. Door deze lage irrigatiesnelheid zijn de verliezen van water minimaal omdat een groot deel direct opgenomen wordt en niet wordt beïnvloed door wind en de zon (Enciso, Wiedenfeld, Jifon, & Nelson, 2008). Jan Franje, van Franje Onions, beweert dat bij druppelirrigatie maar een derde van het water wordt gebruikt ten opzichte van beregenen met een haspel. Ook komt het water bij druppelslangen niet op het product maar precies op de plaats waar het benodigd is, namelijk bij de wortels. Franje geeft aan dat het echter wel een dure oplossing is (Vries, 2023). Dat het gewas niet nat wordt is een groot voordeel omdat ziekteverwekkers minder kans krijgen om het gewas aan te tasten (Voort, 2019). Ook (Burgt & Verstand, 2021)

beweren dat de zon en wind minimaal van invloed zijn op de watervoorziening doormiddel van druppelirrigatie waardoor de verliezen geminimaliseerd worden. Uit een praktijkproef van (Uireka, 2021) blijkt dat druppelirrigatie ook efficiënter is dan beregenen met een haspel met een beregeningsboom.

(Deltaexpertise, 2021) beweert dat het verlies van water bij druppelirrigatie 5-25% is. Doordat er minder verliezen zijn, is de effectiviteit hoger en kan er ten opzichte van beregenen met een haspel met dezelfde hoeveelheid water, meer oppervlakte beregend worden (Deltadrip, 2020). Daarnaast krijgt elk plantje evenveel water wat belangrijk is voor een egale groei. Een egale groei leidt tot een uniform gewas wat ten goede komt bij de verkoop omdat er weinig onder- en bovenmaats is (Smith, et al., 2011).

Tevens zorgt druppelirrigatie voor een piekdaling qua arbeid in het beregeningsseizoen. Beregenen met een haspel kan bij lang aanhoudende droogte veel tijd en stress kosten. Druppelirrigatie is dan minder arbeidsintensief. Als er weinig areaal beregent hoeft te worden is beregenen met een haspel echter wel in het voordeel (Burgt & Verstand, 2021).

Ten laatste is een voordeel van druppelirrigatie dat meststoffen meegegeven kunnen worden, ook wel fertigatie genoemd. Kunstmest strooien is dan niet nodig. Door verdeeld over het seizoen kleine giften te geven, met voldoende vocht en direct in de wortelzone van de plant zijn stoffen snel opneembaar en is de kans op uitspoelen na zware regen kleiner. Daardoor kan er op meststoffen worden bespaard. Fertigatie zorgt dus voor besparing op mest- en brandstoffen en een lage milieulast (Deltadrip, 2020).

Een groot nadeel is dat de kosten vooraf, voor het seizoen uitgegeven moeten worden wat zorgt voor een groot risico omdat het nog niet zeker is of beregening dat seizoen wel nodig is (Voort, 2019), maar volgens Jan Boone, van Bowa is druppelirrigatie nu al rendabel: “Natuurlijk is dat voor de boer een investering, maar hij kan vervolgens wel altijd beregenen, heeft veel minder ziektedruk en veel meer energie in zijn uien. Boeren zeggen weleens dat er ook jaren zijn dat ze het niet nodig hebben, maar in de laatste vijf jaar hebben ze het één jaar niet nodig gehad en in die vier jaar dat ze de druppelirrigatie wel goed konden gebruiken, waren de prijzen ook goed. Ik ben ervan overtuigd dat ze die investering eruit halen.” (Heyboer, 2022). Naast de kosten vraagt druppelirrigatie enige arbeid om de druppelslangen aan te leggen en op te ruimen, maar ook de hoge milieudruk van wegwerpslangen is een nadeel (Burgt & Verstand, 2021).

Alvorens ingegaan wordt op de relevantie van het onderzoek wordt eerst ingegaan op het watervasthoudend vermogen van grond, het juiste tijdstip van beregenen en hoe dat geoptimaliseerd kan worden met behulp van bodemvochtsensoren. Bodemvochtsensoren zijn tijdens het onderzoek benodigd om optimaal te kunnen beregenen en de efficiëntie van de verschillende irrigatietechnieken met elkaar te kunnen vergelijken.

1.2.5 Bodemvochtsensoren

Grond kan water vasthouden in de kleine poriën tot 0,03mm groot. De grotere poriën dienen vooral voor snelle waterafvoer, lucht en worteling van gewassen, maar minder voor vochtvoorziening van gewassen. Als de poriën tot 0,03mm grootte gevuld zijn, dan is de bodem verzadigd voor plant beschikbaar bodemvocht, dat punt wordt ook wel

veldcapaciteit genoemd. Het punt dat het gewas geen vocht meer op kan nemen, heet het verwelkingspunt. Er zit nog wel vocht in de bodem, maar alleen in de poriën die kleiner zijn dan 0,0003 mm. Het verschil tussen deze twee punten is het makkelijk beschikbaar bodemvocht. Voordat het verwelkingspunt bereikt wordt treedt er al groeivertraging op, daarom is het juiste tijdstip van beregenen van groot belang (Goedbodembeheer, sd).

Niet alleen te laat, maar ook te vroeg, te weinig en te veel beregenen is nadelig. Te vroeg beregenen kan leiden tot beperkte worteldiepte omdat de plant niet gestimuleerd wordt om te wortelen. Bij aanhoudende droogte treedt er dan sneller groeivertraging op. Als er wel op het juiste tijdstip, maar te weinig water per beregeningsbeurt gegeven wordt, leidt dat tot onvolledig aangevuld bodemvocht. De teler moet dan eerder op het perceel terugkomen. Ten laatste kan er te veel worden beregend per keer. Dat heeft een nadelig effect op het bodemleven en zorgt voor onnodig uitspoelen van nutriënten (Irridelta, sd). Daarnaast kan een te hoge gift leiden tot afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen over de grond naar de sloot (Braam, 2020).

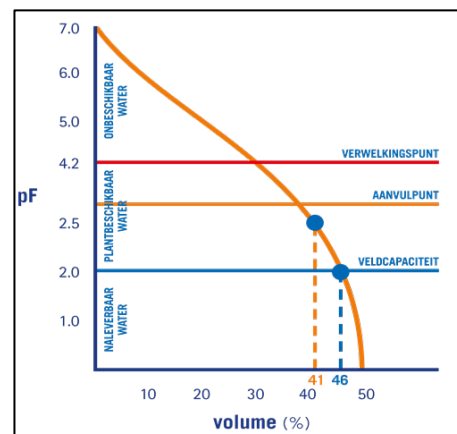
Een bodemvochtsensor, te zien op figuur 13, kan helpen om op het juiste moment de juiste hoeveelheid te beregenen. Dit met behulp van de pF-curve die op het bodemonmonster van (Eurofins, sd) staat weergegeven. De pF-curve staan samen met het verwelkingspunt en de veldcapaciteit, specifiek voor de bemonsterde grond weergegeven. Een voorbeeld pF-curve is te zien op figuur 14. Het aanvulpunt, dat meestal op 2,7 wordt gezet is er ook in verwerkt. Vanaf dat punt moet er water toegediend worden om droogteschade te voorkomen. Met een haspel moet er rekening gehouden worden met het feit dat niet overal op het zelfde tijdstip beregend kan worden. Het duurt vaak een dag of nog langer voordat het laatste stuk van een perceel wordt beregend (Eurofins, sd). Bij druppelirrigatie is dat wel mogelijk.

Met de volgende formule kan het benodigde water in millimeters berekend worden: (percentage veldcapaciteit – percentage gemeten vocht) * wortelzone in mm = benodigd vocht in mm.

Dit kan worden verduidelijkt aan de hand van het volgende voorbeeld: stel de vochtmeter weergeeft 41%, veldcapaciteit is 46%, en de wortelzone is 250mm. De formule is dan als volgt: $(46\% - 41\%) = 5\%$. $0,05 * 250 = 12,5$ mm. Dus 12,5 mm beregenen leidt tot veldcapaciteit. Door de aantal millimeters te vermenigvuldigen met 10 kan het aantal benodigde kuub berekend worden. Met het beregenen met een haspel moet vervolgens rekening gehouden worden met verliezen die optreden door wind en zon. Er is dus meer kuub nodig dan berekend.



Figuur 13: Bodemvochtsensor. (Bron: www.irridelta.nl)



Figuur 14: Voorbeeld pF-curve. (Bron: www.eurofins-agro.com)

1.3 Knowledge gap

Als besproken is de uienteelt een belangrijk gewas in de Zeeuwse akkerbouw. Tegelijkertijd staat de toekomst hiervan onder druk vanwege de droogtegevoeligheid en de geringe mogelijkheid in Zeeland tot het onttrekken van zoetwater. Zoals uiteengezet in paragraaf 1.2.4 zijn er al veel proeven gedaan met verschillende irrigatietechnieken, waaruit blijkt dat druppelirrigatie, maar ook het beregenen met een beregeningsboom methodes zijn om zoetwaterverbruik te reduceren ten opzichte van het beregenen met een kanon. Het bewijs hiervoor is tot op heden echter veelal anekdotisch van aard, en structurele studies waarbij op hetzelfde perceel systematisch de effecten van de drie verschillende irrigatietechnieken worden vergeleken zijn niet direct voorhanden. Daardoor zijn de verschillende technieken lastig met elkaar te vergelijken. Zo is het nog de vraag welke irrigatietechniek nu het meest rendabel is. Hoeveel kuub water is er per irrigatietechniek, per hectare nodig om het bodemvochtpercentage van de bovenste 30 centimeter met 1% te verhogen? En wat is de meeropbrengst van elke irrigatietechniek ten opzichte van de nulmeting? En ten laatste, hoeveel brandstof en arbeid kosten de verschillende methoden nu exact? Wegen de extra kosten op tegen de baten? Dat is alleen te achterhalen doormiddel van een vergelijkingsproef op hetzelfde bedrijf, in hetzelfde perceel, in het zelfde gewas, onder dezelfde omstandigheden.

Om deze verschillen te achterhalen wordt er voor dit afstudeeronderzoek een praktijkproef aangelegd in eerstejaars plantuien. Door de ondiepe worteling van dit gewas zijn droogteverschillen relatief snel zichtbaar. De verwachting is dat de resultaten van de verschillende technieken snel uiteen kunnen lopen. Tevens wordt gekeken naar de ontwikkeling van het gewas. Zo wordt alles buiten de maat 8-21 mm gezien als boven- of ondermaats, de maatsortering komt dus erg nauw, waardoor een egale beregening van groot belang is. Om de proef tot een goed einde te leiden worden de volgende Hoofd- en deelvragen worden gesteld:

1.4 Hoofd- en deelvragen

1.4.1 Hoofdvraag

De hoofdvraag luidt als volgt:

“Welke irrigatietechniek kunnen Zeeuwse akkerbouwers het beste toepassen in de uienteelt?”

De in paragraaf 1.2.4 beschreven drie irrigatietechnieken worden met elkaar, en met een nulmeting vergeleken. Het betreft dus de twee haspelmethodes (met beregeningskanon en beregeningsboom), als ook de druppelirrigatie. Tevens wordt het gewas in een deel van het perceel niet beregend.

1.4.2 Deelvragen

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen gesteld;

1. Hoeveel kuub water is per irrigatietechniek, per hectare nodig om het bodemvochtpercentage van de bovenste 30 centimeter met 1% te verhogen?
2. Welk effect hebben de verschillende irrigatietechnieken op de opbrengst van de uien in de vorm van kilo's per strekkende meter als egale maatsortering gedurende de gewasontwikkeling?
3. Wat zijn de vaste en variabele kosten per hectare van de te onderzoeken irrigatietechnieken?

Waarom deze deelvragen zijn gesteld wordt verder toegelicht in hoofdstuk 2.1. Tevens wordt hierbij uitleg gegeven over de methode die gebruikt zal worden om de deelvragen te beantwoorden. Verder zal in hoofdstuk 2 ingegaan worden op de perceelkeuze en proefindeling.

Hoofdstuk 2. Materiaal en methode

Dit hoofdstuk beschrijft hoe het onderzoek wordt uitgevoerd. Door de methode vooraf zo ver mogelijk uit te werken worden verrassingen in het veld voorkomen. Zoals in hoofdstuk 1.4 besproken zullen eerst de deelvragen onderbouwd worden.

2.1 Onderbouwing deelvragen

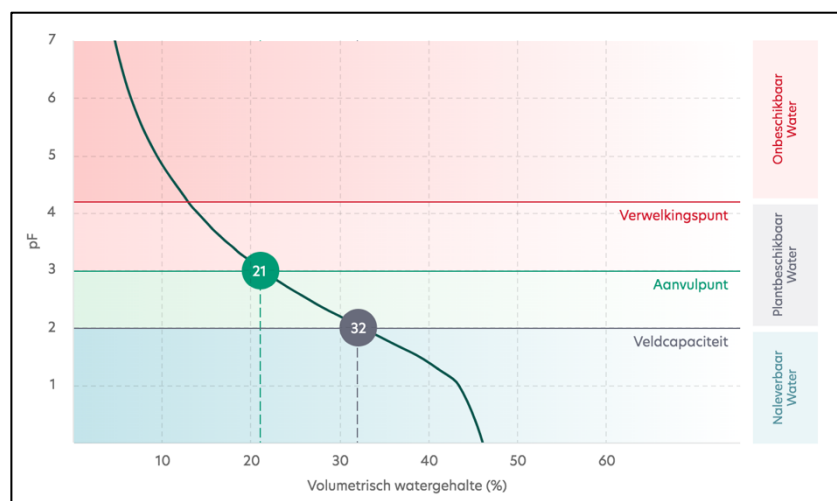
2.1.1 Deelvraag 1 'Hoeveel kuub water is per irrigatietechniek, per hectare nodig om het bodemvochtpercentage van de bovenste 30 centimeter met 1% te verhogen?'

Deze vraag wordt gesteld om de effectiviteit van de verschillende technieken onder dezelfde omstandigheden met elkaar te kunnen vergelijken. Nu worden er nog verschillende beweringen gedaan rondom effectiviteit (paragraaf 1.2.4), maar de gegevens over bijvoorbeeld het waterverbruik van deze irrigatietechnieken zijn onder verschillende omstandigheden verkregen. Pas wanneer de effectiviteit van de verschillende technieken gemeten wordt onder dezelfde omstandigheden, op dezelfde grondsoort, in hetzelfde gewas kunnen de technieken met elkaar worden vergeleken qua watergebruik.

Tijdens de proef wordt er berekend aan de hand van het bodemvochtgehalte. Het aantal liters water dat wordt verbruikt per irrigatietechniek wordt bijgehouden doormiddel van flowmeters. De bodemvochtsensoren zijn nodig om het percentage vocht voor en na het beregenen in te kunnen zien. Zo kan de hoeveelheid water die benodigd is om het bodemvochtgehalte met 1% te laten stijgen uitgerekend worden. Als dat bekend is kan de effectiviteit van de verschillende technieken, eerlijk met elkaar vergeleken worden. Er is gekozen voor 1% omdat de druppelslangen eerder aangezet zullen worden dan een beregeningsinstallatie met een haspel. Dat komt omdat druppelirrigatie weinig capaciteit heeft. Dat is ook niet nodig omdat deze elke dag aangezet kan worden. Zo kan er bijvoorbeeld elke dag 0,5 mm gegeven worden. Bij een haspel wordt er langer gewacht om arbeid te besparen. Een gift van 15-25 mm is efficiënter dan 3-5 keer een gift van 5 mm.

Het bodemvochtpercentage wordt bepaald met behulp van bodemvochtsensoren van het merk Farm21. Om de gegevens uit de sensoren op de juiste manier te interpreteren zoals beschreven in paragraaf 1.2.5 is een pF-curve van het perceel benodigd. Deze staat op het grondmonster, maar die is helaas niet beschikbaar voor dit perceel. Farm21 beschikt over standaard pF-

curves voor specifieke grondsoorten en zo ook voor de grondsoort 'zavel'. Het percentage veldcapaciteit en aanvulpunt is in deze pF-curve naar wens aan te passen. Omdat het



Figuur 15: pF-curve lichte zavel. (Bron: www.app.farm21.com)

perceel voor 94% bestaat uit lichte zavel is de pF-curve aangepast. Op basis van (Hoving & Booij, 2021) is het percentage veldcapaciteit ingesteld op 32 en het percentage aanvulpunt op 21. Op figuur 15 is de pF-curve voor lichte zavel te zien. Het aanvulpunt is voor beregenen met een haspel belangrijk om efficiënt te beregenen. Voor druppelirrigatie is het aanvulpunt niet van belang, de bodem wordt gedurende het seizoen rond veldcapaciteit gehouden.

2.1.2 Deelvraag 2 ‘Welk effect hebben de verschillende irrigatietechnieken in de vorm van kilo’s per strekkende meter als egale maatsortering gedurende de gewasontwikkeling?’

De gewenste maatsortering van eerstejaars plantuien ligt tussen minimaal 8 en maximaal 21 mm. Alles onder de 8 is tarra en alles boven 21 zorgt voor een prijsdaling. Daarom is een egale berekening van groot belang. Hoe egalier een partij hoe eenvoudiger het rooimoment te bepalen is. Bij een partij met grote verschillen in maatsortering kan dit lastig zijn. Dat kan veroorzaakt zijn door bijvoorbeeld twee- of driewassigheid. Er moet dan vaak een afweging gemaakt worden om, of te rooien wanneer de grove uien de juiste maat hebben en de fijne uien nog ondermaats zijn, of te wachten tot de fijne uien de juiste maat hebben en de grove uien bovenmaats zijn. Gezien de planning is het niet mogelijk om pas na het oogsten opbrengstmetingen uit te voeren, maar er kan wel vergeleken worden hoe egaal de partijen zijn. Daarom worden de partijen tijdens het groeiseizoen met elkaar vergeleken op basis van maatsortering. Tevens wordt de opbrengst in kilo’s per hectare vergeleken. Vanuit alle vier de velden (zie ook figuur 20 ter verduidelijking) zullen per veld tenminste drie herhaalmetingen worden gedaan. De resultaten kunnen dan ook worden geanalyseerd met een ANOVA-analyse (Analyses of Variance) om zo ook uitspraken te kunnen doen over de verschillende resultaten van de verschillende irrigatietechnieken.

De resultaten worden verkregen door tussentijds, verschillende monsters te nemen. Vanaf opkomst zal iedere week het aantal, en de lengte van de stengels geteld worden om de groei te bepalen. Vanaf het moment dat de uitjes gaan bollen wordt wekelijks een monster genomen en het gewicht van de uien per hectare berekend en de egaliteit van de partijen bepaald. De tussentijdse monsters worden op een vaste plek genomen. Deze plekken zullen afgebakend worden.

2.1.3 Deelvraag 3 ‘Wat zijn de vaste en variabele kosten per hectare van de te onderzoeken irrigatietechnieken?’

De kosten van beregenen met een kanon, met gebruik van een dieselpomp en een zoetwaterbron zijn volgens (Spruijt & Russchen, 2015), €275,63 per hectare. Hierbij werd uitgegaan van 2,5 keer beregenen met 25 mm per keer op een oppervlakte van 36 hectare. Volgens (Burgt & Verstand, 2021) liggen de kosten voor een oppervlakte van 10 hectare, bij 2 keer beregenen tussen €135 en €296 per hectare. Bij beide berekeningen zijn zowel de variabele als vaste kosten meegenomen. Volgens (LV Vlaanderen, 2023) liggen de kosten van beregenen met een beregeningsboom €28 per hectare hoger. De vaste kosten kunnen variëren door verschillende aanschafwaardes van de haspel en/ of pomp, en het aantal te beregenen hectares (hoe meer hectares hoe lager de kosten per hectare). De variabele kosten kunnen variëren door variërend brandstofgebruik van de pomp en de hoeveelheid water er per hectare beregend wenst te worden. De kosten van druppelirrigatie variëren

volgens (Voort, 2019) tussen €1.000 en €1.500 per hectare. (Burgt & Verstand, 2021) liggen de kosten tussen €1.300 en €2.050

Veel verschillende beweringen dus. De beweringen zijn van verschillende partijen en variëren dusdanig sterk van elkaar waardoor de verschillende irrigatietechnieken niet met elkaar zijn te vergelijken. Tevens is er over de benodigde arbeid weinig te vinden. (STOWA, 2023) heeft het over €50 per hectare per beregeningsbeurt voor arbeid en energiekosten. Waar deze kosten op gebaseerd zijn is onduidelijk. Om erachter te komen welke techniek het meest rendabel is, is het van belang dat in dit onderzoek alle kosten worden meegenomen. Door de kosten op hetzelfde bedrijf, met soortgelijke machines te vergelijken, ontstaat er een eerlijke kostenvergelijking. Onder kosten worden de volgende variabelen verstaan;

- Aanschafwaarde, onderhoud en afschrijving
- Aantal liters brandstof
- Aantal uren arbeid

De aanschafwaardes, onderhoudskosten en afschrijving worden opgevraagd bij het bedrijf waar de proef plaatsvindt. Dit bedrijf beschikt over drie soortgelijke beregeningshaspels waarvan twee haspels zijn uitgevoerd met een beregeningskanon en één met een beregeningsboom. De pompsets zijn van het merk 'Euromachines'. Voor de druppelirrigatie is maar een kleine pomp nodig. Deze pomp wordt geleend bij het bedrijf dat de druppelslangen levert. De kosten hiervan, en van de andere benodigdheden zoals de druppelslangen worden bij dit bedrijf opgevraagd.

Wanneer de jaarlijkse kosten bekend zijn kan er over meerdere jaren gekeken worden naar de kosten. Beregenen is namelijk niet elk jaar van belang. Een beregeningsinstallatie kan uit als deze over meerdere jaren (combinatie van natte en droge jaren), rendabel is. Deze gegevens worden verkregen op basis van gemiddeldes van de afgelopen 5 jaar. Zoals in 1.1.2 beschreven was alleen 2021 nat genoeg waardoor beregenen niet van belang was.

Als al de bovengenoemde gegevens bekend zijn, kunnen de verschillende irrigatietechnieken op een eerlijke manier met elkaar worden vergeleken. Het uiteindelijke doel van het onderzoek staat hieronder beknopt beschreven.

Doel

Op een eerlijke manier, onder gelijke omstandigheden onderzoeken welke irrigatietechniek het meest rendabel is, wegen de kosten op tegen de baten? Hoe verhouden de technieken zich ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de nulmeting.

2.2 Perceelkeuze

De proef wordt uitgevoerd op een 12 hectare groot perceel gelegen in de gemeente Kapelle (ZLD). Het perceel is in figuur 16 weergegeven met daarbij informatie over de grondsoort. Figuur 16 is een schermafbeelding van (Boerenbunder, 2023). Dit perceel is gekozen vanwege de mogelijkheid tot beregenen uit een zoetwaterbron en vanwege de egaliteit van de grondsoort. Het perceel bestaat voor 94% uit lichte zavel, tegen de westkant wordt het perceel zwaarder en veranderd de grondsoort naar lichte klei, dat gedeelte wordt niet voor

de proef gebruikt. Door de gelijkheid van de grondsoort wordt variatie in opbrengst door verschillende grondkwaliteit zoveel mogelijk vermeden. Om verdere beïnvloeding te voorkomen worden de proefvelden niet direct tegen de slootkant gelegd. Een vaak bereden kopakker of opgevoerde grond vanuit de sloot kunnen de resultaten beïnvloeden.



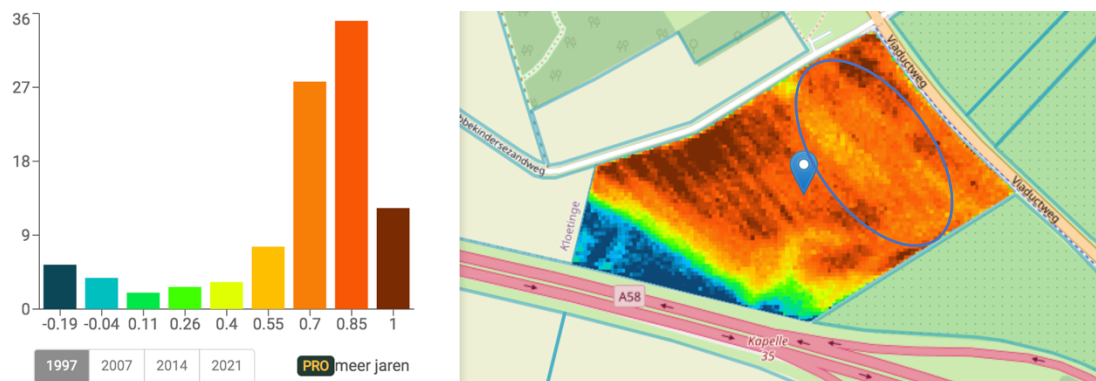
Figuur 16: Proefperceel met informatie over grondsoort. (Bron: www.boerenbunder.nl)

Op de satellietbeelden hieronder (figuur 17) van de jaren 2017 (links), en 2020 (rechts) is te zien dat het perceel ook op het oostelijke deel varieert, maar vooral in de omgeving van het zwaardere gedeelte aan de westkant. Het oranje omcirkelde gedeelte is egaal groen, de verwachting is dat dit gebied weinig variatie kent in grondsoort en opbrengst. Ook qua afstand naar de zoetwaterbron is deze plek geschikt. Daarom is dit gebied potentieel om de proef uit te voeren. Alvorens dat beslist wordt, wordt eerst de hoogteligging beoordeeld.



Figuur 17: Satellietbeelden 2017 en 2020. (Bron: www.satellietdateportaal.nl)

Het potentiële gebied is in figuur 18 blauw omcirkeld. De hoogte varieert hier volgens (Boerenbunder, 2023) tussen de 0,4 en 0,7 meter ten opzichte van NAP in 1997. De verwachting is dat hier tijdens hevige regenval weinig sprake zal zijn van afspoeling van water over de grond naar lagergelegen plekken wat plasvorming veroorzaakt. Daarom wordt het omcirkelde gebied gebruikt voor de aanleg van de proef.



Figuur 18: Hoogteligging perceel. (Bron: www.boerenbunder.nl)

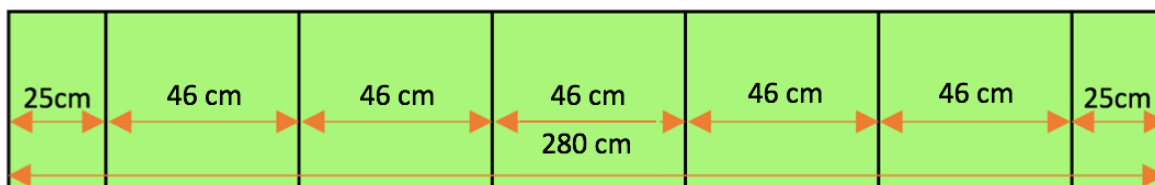
Plasvorming kan de structuur beschadigen en leiden tot ontbinding van bodemdeeltjes waardoor de structuur beschadigd en nutriënten uitspoelen (Reubens, D'Haene, D'Hose, & Ruyschaert, 2010). Tevens kan het zaad wegspoelen. Plasvorming zorgt dus voor een grote kans op opbrengstverliezen en kan daarmee de resultaten beïnvloeden. De gele plekken zijn de laagste punten, deze zullen daarom gemonitord worden gedurende het seizoen. Mochten er toch plassen vormen, dan worden deze plekken vermeden bij het nemen van monsters.

2.3 Perceelindeling

In 2.2 staat de perceelkeuze met, specifiek de plaats waar de proef komt te liggen beschreven. Deze paragraaf richt zich op de indeling van de proef.

2.3.1 Verdeling druppelslangen

Op het perceel worden eerstejaars plantuien van het ras Sturon, volvelds gezaaid op bedden van 2,8 meter breed, met tussen de bedden een kale strook van 20 cm. De werkbreedte is dus 3 meter. De uien worden gespoten met een 33 meter brede spuitmachine. Het kanon en de beregeningsboom hebben beide een werkbreedte van 66 meter en kunnen door 1 spuitspoor worden uitgetrokken en dan 2 vlakken van 33 meter besproeien. Per zaaibed worden 6 druppelslangen, op 8 centimeter diep gelegd. Deze diepte is gekozen omdat de slangen vooraf worden gelegd, en na het rooien pas worden verwijderd. De uien worden op 2 á 3 centimeter diep gezaaid en op 3 á 4 centimeter diep gerooid. Tijdens deze werkzaamheden mogen ze niet beschadigen. De afstand tussen de slangen bedraagt 46 centimeter, de verdeling is op figuur 19 weergegeven. Voor de aanleg van druppelslangen zijn 12 rollen van 2100 meter beschikbaar. Hiermee worden 16 zaaibedden voorzien. $16 \times 3 = 48$ meter. De indeling van de proeven wordt in de volgende sectie beschreven.



Figuur 19: Verdeling van 6 druppelslangen per zaaibed van 2,8 meter.

2.3.2 Proefindeling

Figuur 20 weergeeft het perceel, met deels ingetekende spuitsporen (oranje). De rode pijl wijst naar de plaats van de zoetwaterbron. Het is dus een logische gedachte om vanaf die kant te beregenen om zo min mogelijk buizen en slangen naar de haspel, en naar de hoofdleiding van de druppelslangen te moeten leggen.

De proefvelden zijn blauw omcirkeld en als volgt ingedeeld:

- Veld 1: Beregeningsboom
- Veld 2: Nulmeting
- Veld 3: Druppelslangen
- Veld 4: Beregeningskanon

Westenwind is de meest voorkomende windrichting. Daarom wordt op veld 1 beregend met de haspel met beregeningsboom. De verwachting is dat de beïnvloeding hiervan op de nulmeting (veld 2) minimaal zal zijn. Het is mogelijk, als het waait tijdens het beregenen, om doppen uit te schakelen zodat de nulmeting minimaal wordt beïnvloed. De beregeningsboom zal uitgetrokken worden over het spuitspoor links naast nummer 1 waardoor maar de helft van de boom het proefveld bedekt. Zo wordt het proefveld zo klein mogelijk gehouden en randeffecten door wind zoveel mogelijk buiten het proefveld gehouden. Op veld 2 wordt niet beregent, dit is de nulmeting. Door de nulmeting aan de westkant van veld 3 te plaatsen worden de resultaten van veld 3, waar de druppelslangen liggen, minimaal beïnvloed. Veld 4 wordt beregend met de haspel met kanon om met behulp van de verstelbare breedte de geer te kunnen beregenen. Beïnvloeding van veld 3 is naar verwachting minimaal vanwege de veel voorkomende westenwind. Tevens is veld 3 aanzienlijk breed waardoor ervoor gekozen kan worden om geen metingen te doen tegen de grens van veld 4.



Figuur 20: Perceel met spuitsporen en proefveldjes.

Hoofdstuk 3. Resultaten

De resultaten van het onderzoek worden uitgewerkt per deelvraag. Deelvraag 1 heeft betrekking op de efficiëntie, deelvraag 2 op de opbrengsten en deelvraag 3 op de kosten van de verschillende irrigatietechnieken. Aan de hand van de resultaten worden verschillende conclusies getrokken welke de deelvragen en hoofdvraag beantwoorden.

De resultaten vloeien voort uit de resultaten van de bodemvochtsensoren, opbrengstmetingen en de verkregen gegevens rondom kosten, arbeid en brandstof. Drie dagen na opkomst viel er 30 mm regen in een kwartier tijd waardoor plasvorming ontstond. De schade hiervan was goed te herkennen, die plekken zijn vermeden voor monsternamen.

3.1 Deelvraag 1

De eerste deelvraag luidt als volgt: Hoeveel kuub water is per irrigatietechniek, per hectare nodig om het bodemvochtpercentage van de bovenste 30 centimeter met 1% te verhogen?

De resultaten zijn verkregen doormiddel van bodemvochtsensoren. Er is gekeken naar het gemiddelde vochtpercentage van de bovenste 30 centimeter van de bodem. Hieronder zijn de resultaten per irrigatietechniek weergegeven. Onder tabel 1 staat een toelichting.

Tabel 1: Resultaten effectiviteit beregeningsproef.

Haspel met kanon		Haspel met beregeningsboom		Druppelirrigatie	
Beginpercentage	39,7%	Beginpercentage	36,4%	Beginpercentage	31,5%
Eindpercentage	44,6%	Eindpercentage	41,9%	Eindpercentage	36,1%
Gestegen percentage	4,9%	Gestegen percentage	5,5%	Gestegen percentage	4,6%
Gewenste stijging	8,33%	Gewenste stijging	8,33%	Gewenste stijging	6%
Effectiviteit	59%	Effectiviteit	66%	Effectiviteit	77%
Benodigde m3	51,0	Benodigde m3	45,5	Benodigde m3	39,1

Het beginpercentage is het percentage vocht in de bodem direct voordat er een beregeningsbeurt wordt uitgevoerd. Hierbij is het belangrijk dat deze percentages tussen de verschillende technieken niet veel variëren. Te zien is dat de percentages variëren tussen de 31,5 en 39,7%. Dat zijn waarden die niet beïnvloed zijn door de verschillende technieken omdat ze voor de toepassing al werden gevonden. De verschillen mogen niet te groot zijn omdat bij een hoger beginpercentage, het vocht van de beregening moeilijker kan worden vast gehouden dan bij een laag beginpercentage. Er is dan al een deel van de capaciteit om vocht vast te houden gebruikt. Naar verwachting is een verschil van 8,2% klein genoeg.

De gift doormiddel van beide haspels was 25mm. De gift met druppelirrigatie was 18mm. Na deze giften veranderden de percentages naar wat in de tabel het eindpercentage wordt genoemd. Voor het kanon was dat 44,6 voor de beregeningsboom 41,9 en voor druppelirrigatie 36,1. Van druppelirrigatie ligt het percentage dus lager vanwege de lagere gift. Het gestegen percentage wordt berekend door het beginpercentage van het eindpercentage af te trekken.

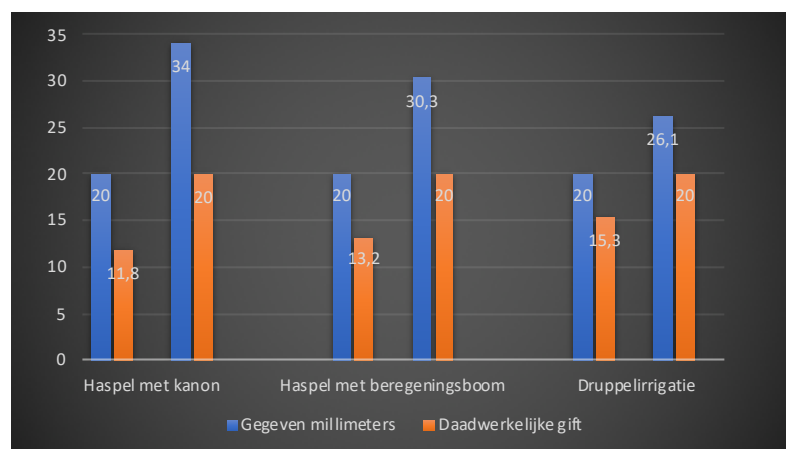
De gewenste stijging is dat percentage wat gehaald zou worden als al het water van een beregeningsgift effectief zou zijn, dus een effectiviteit van 100%. De gewenste stijging is berekend op basis van de hoeveelheid water die gegeven is per beregeningsbeurt. Bij de

berekening is het volgende belangrijk: 100 m^3 water per hectare = 10 millimeter water en is daarom gelijk aan 10% vocht in 10 centimeter grond. Omdat er gekeken is naar het gemiddelde percentage vocht van 30 centimeter, is het aantal gegeven millimeters gedeeld door drie. De formule is daarom als volgt: Hoeveelheid gegeven millimeters/3. Voor de giften van beide haspels is dat dus $25/3 = 8,33\%$ en voor de druppelirrigatie is dat $18/3 = 6\%$.

De effectiviteit is berekend door het gestegen percentage te delen door de gewenste stijging vermenigvuldigd met 100. Voor de haspel met kanon resulteert dat in $4,9/8,33 * 100 = 59\%$, voor de haspel met beregeningsboom $5,5/8,33 * 100 = 66\%$ en bij druppelirrigatie $4,6/6 * 100 = 77\%$. Hierbij is het belangrijk te vermelden dat de windsnelheid bij de verschillende giften ongeveer gelijk was, namelijk rond de 10-15km/u. De temperatuur lag rond de 20 graden met wat bewolking. De lichtintensiteit van de zon is hierbij niet gemeten.

Nu de effectiviteit bekend is kan het aantal kuub water dat nodig is om het vochtpercentage met 1% te laten stijgen berekend worden. Zoals eerder aangegeven is 1mm, gelijk aan 1% in 10 cm grond, dus 1% in 30cm grond is 3mm. Om het aantal kuub per hectare te berekenen moeten de aantal millimeters vermenigvuldigd worden met 10: $3 * 10 = 30$ kuub per hectare. Er is dus 30 kuub nodig bij een effectiviteit van 100%. Bij een lager percentage effectiviteit is de berekening als volgt: $30/\text{effectiviteit}$. Bij de haspel met het kanon is dat $30/59 = 51$ kuub, bij de haspel met beregeningsboom is dat $30/66 = 45,5$ kuub en bij de druppelirrigatie is dat $30/77 = 39,1$ kuub. Het verschil tussen druppelirrigatie en beregenen met kanon betreft 11,9 kuub en bij beregenen met beregeningsboom 6,4 kuub.

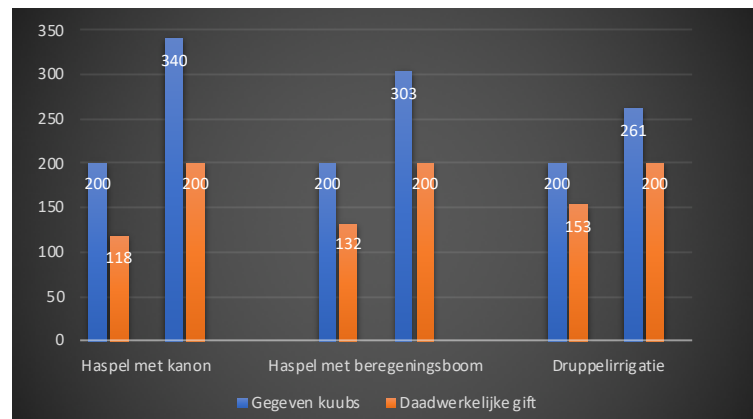
Omdat in de landbouw vaker gesproken wordt over giften in millimeters dan over een stijging van het bodemvochtpercentage kan het zo zijn dat de resultaten hierboven niet direct te interpreteren zijn voor bijvoorbeeld akkerbouwers en adviseurs. Daarom worden de gegevens nog op een andere manier verduidelijkt. Figuur 21 weergeeft de hoeveelheid



Figuur 21: Verschil gegeven aantal millimeters en daadwerkelijke gift.

millimeters die daadwerkelijk bij de wortels komen bij een voorbeeldgift van 20 millimeter, maar ook hoeveel millimeter er nodig is om daadwerkelijk 20 millimeter bij de wortels te krijgen. Per irrigatietechniek, weergeeft de oranje balk links, het aantal millimeters die daadwerkelijk bij de wortels komt, bij een gift van 20 millimeter. De blauwe balk rechts, weergeeft het aantal benodigde millimeters om 20 millimeter bij de wortels te krijgen. Voor de haspel met kanon geldt bij een gift van 20 millimeter dat er 11,8 millimeter bij de wortels terecht komt en dat er 34 millimeter nodig is om 20 millimeter bij de wortels te krijgen. Voor de haspel met beregeningsboom is dat 13,2 millimeter en 30,3 bij druppelirrigatie 15,3 en 26,1. Hieruit blijkt dat er bij de haspel met kanon 3,5 millimeter minder bij de wortels belandt ten opzichte van druppelirrigatie bij een gift van 20 millimeter. Bij de haspel met beregeningsboom is dat 2,1 millimeter minder.

Datzelfde is in figuur 22 vertaald naar het aantal kuub. Hieruit blijkt dat bij een gift van 20 millimeter, of 200 kuub, 118 kuub per hectare bij de wortels beland en 340 kuub benodigd is om 200 kuub bij de wortels te krijgen bij een haspel met kanon, dat is 132 en 303 bij een haspel met beregeningsboom en 153 en 261 bij druppelirrigatie.



Figuur 22: Verschil gegeven aantal kuub en daadwerkelijke gift.

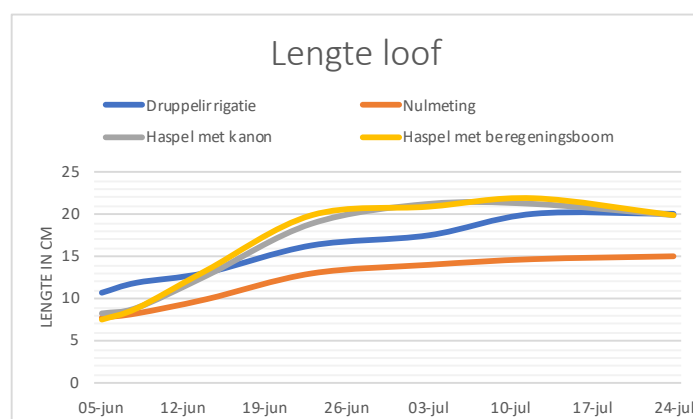
Hieruit blijkt dat er bij de haspel met kanon 35 kuub per hectare minder bij de wortels beland ten opzichte van druppelirrigatie. Bij de haspel met beregeningsboom is dat 21 kuub per hectare minder ten opzichte van druppelirrigatie. Hieruit blijkt ook dat er bij een haspel met kanon 79 kuub meer gegeven moet worden ten opzichte van druppelirrigatie om 200 kuub bij de wortels te krijgen. Bij de haspel met beregeningsboom is dat 42 kuub meer. Op een perceel van 8,7 hectare, wat een gemiddelde grootte is van een uienperceel in Zeeland, is dat 687,3 kuub voor de haspel met kanon en 365,4 kuub voor een haspel met beregeningsboom wat aanzienlijk grote hoeveelheden zijn. Met druppelirrigatie kan dus veel water in de bodem worden vastgehouden om verdroging en daarbij verzilting tegen te gaan.

Druppelirrigatie is dus de meest duurzame irrigatietechniek wat het gebruik van water betreft. Dat maakt druppelirrigatie echter niet per definitie de beste irrigatietechniek. Om daarover een eerlijke conclusie te schrijven, spelen ook de daadwerkelijke verschillen in opbrengsten van het gewas een belangrijke rol. In de volgende paragraaf worden daarom de opbrengsten met elkaar vergeleken.

3.2 Deelvraag 2

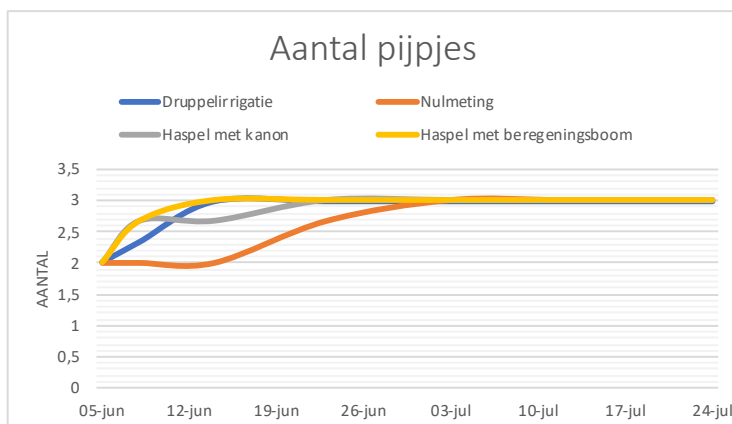
Welk effect hebben de verschillende irrigatietechnieken in de vorm van kilo's per strekkende meter als egale maatsortering gedurende de gewasontwikkeling?

Gedurende het seizoen is de lengte van het loof gemeten en de aantal stengels geteld. De resultaten hiervan zijn in de twee grafieken hieronder te zien.



Figuur 23: Grafiek looflengte.

Er is begonnen met meten aan het einde van het vlaggenbladstadium. Te zien in de grafiek is dat druppelirrigatie op dat moment het meeste loof heeft, namelijk 11 centimeter. Dit komt omdat hier al vroeg in het seizoen werd beregend en beregenen met een haspel als overbodig werd beschouwd vanwege de geringe vochtbehoefte. Echter bleef het erg droog en werd er op 8 juni beregend met beide haspelmethodes. Vlak daarvoor werd kunstmest gestrooid. Door het beregenen loste de kunstmest op en spoelde de grond in. Daardoor waren de meststoffen direct beschikbaar. Bij druppelirrigatie duurde dat langer, pas toen het 13 mm regende op 23 juni. Daarom groeit de hoeveelheid loof in die periode, maar is pas eind juni vergelijkbaar met de beregende delen. De nulmeting blijft sterk achter. De laatste metingen zijn uitgevoerd op 24 juli. Te zien is dat het loof van de drie technieken wat verminderd of gelijk blijft. Vermindering komt doordat de punten van het loof verwelken door de droogte. Er groeit geen loof meer bij vanwege de tijd in het seizoen.



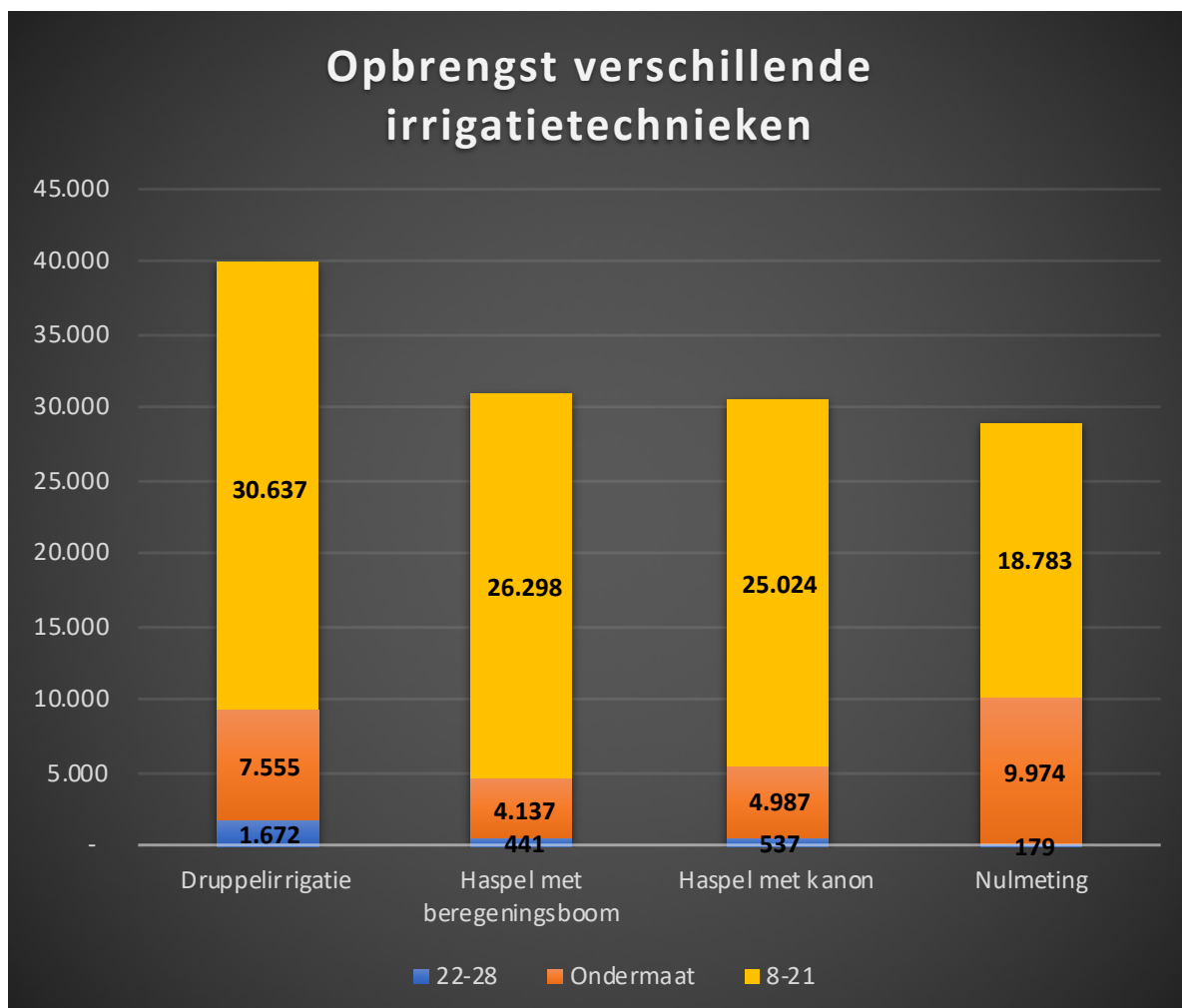
Figuur 24: Grafiek aantal pijpjes.

Het aantal pijpjes kwam niet boven drie stuks. Dat komt waarschijnlijk omdat er pas op 3 mei werd gezaaid en het seizoen te kort was om verder te ontwikkelen. Bij de nulmeting duurde het langer voordat dit aantal werd bereikt. Dat is te verklaren door de watergiften.

Naast de lengte van het loof en het aantal pijpjes is het gewicht en de maatsortering bemonsterd. Plantuitjes hebben een optimale maatsortering tussen 8 en 21 mm, alles wat hierbuiten valt is boven- of ondermaat. Alles onder de 8 mm is tarra en alles boven de 21 daalt sterk in prijs. Er is gekozen om de opbrengsten op te splitsen in 8-21 en 21+. Op 1 augustus zijn de opbrengsten per hectare op de volgende wijze bepaald. Per plot zijn er drie keer, twee rijtjes van een meter gewogen. Dit op dezelfde plaatsen waar de metingen van het loof plaatsvonden. Op 3 meter staan 43 rijtjes. De formule om de opbrengsten per hectare te berekenen is daarom als volgt: $(\text{Opbrengst in kilo's}/6) \times 43 \times 3333,3333$. De gemiddelde opbrengsten van de monsters staan in tabel 2 per plot, per hectare weergegeven en in figuur 25 zichtbaar gemaakt in een staafdiagram.

Tabel 2: Opbrengsten per hectare.

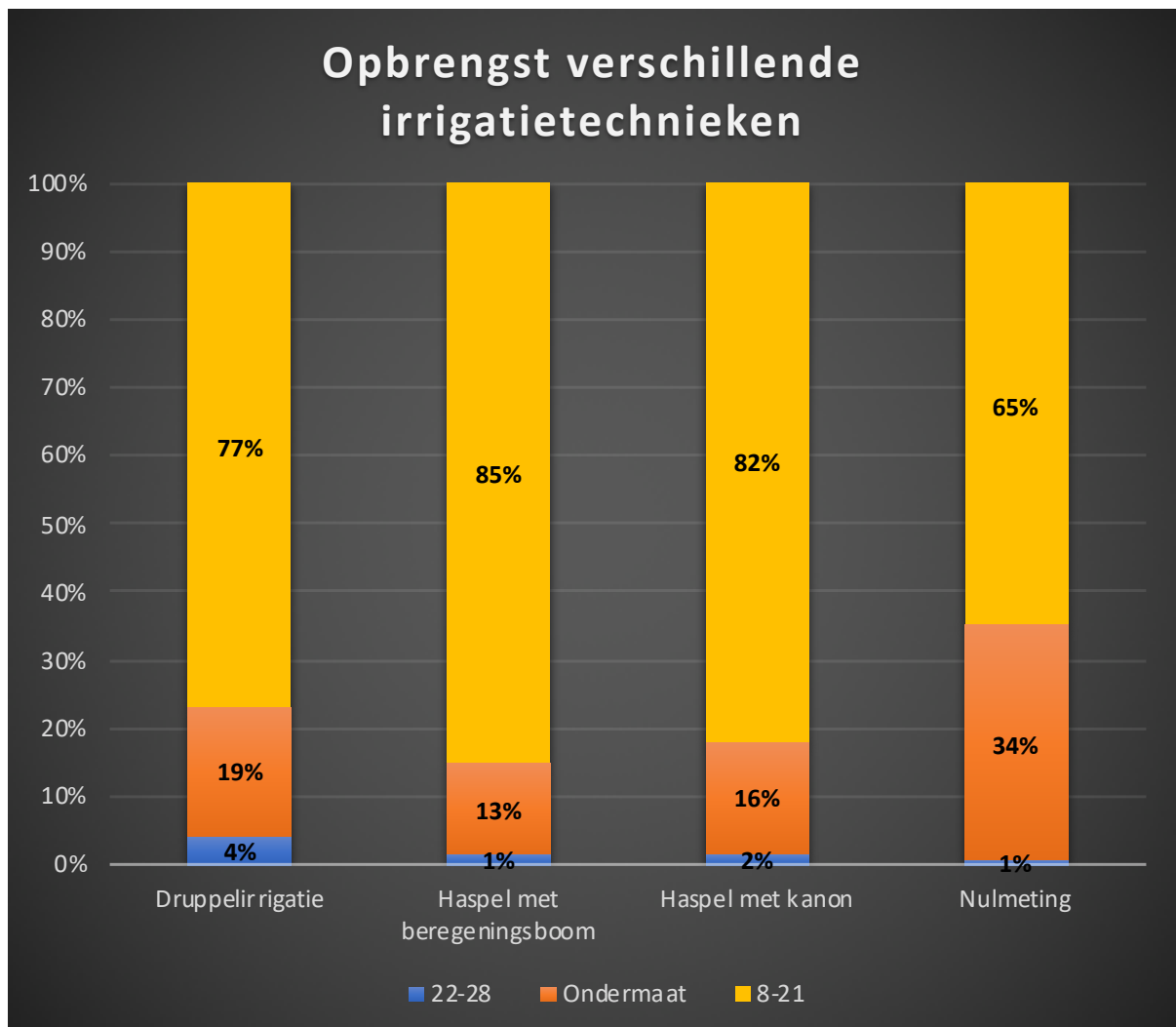
	Totaal	Ondermaat	(8-21)	(21-28)
Druppelirrigatie	39.865	7.555	30.637	1.672
Haspel met beregeningsboom	30.876	4.137	26.298	441
Haspel met kanon	30.548	4.987	25.024	537
nulmeting	28.935	9.974	18.783	179



Figuur 25: Staafdiagram opbrengsten per hectare.

Te zien is dat druppelirrigatie zorgt voor de hoogste opbrengsten. Van de 39,9 ton valt bijna 31 ton binnen de gewenste maatsortering. De haspel met beregeningsboom behaalt een opbrengst van 30,8 ton, totaal 0,3 ton meer dan de haspel met kanon, maar 1,3 ton meer in de gewenste maatsortering. Van de 30,8 ton van de haspel met beregeningsboom valt 26,3 ton binnen de gewenste maatsortering. Van de 30,5 ton van de haspel met kanon valt 25 ton binnen de gewenste maatsortering. De nulmeting leverde 29 ton op, met 18,8 ton binnen de gewenste maatsortering. Vanaf de monsternamen kunnen de uien nog één week doorgroeien wat ten goede komt van het gewicht van de gewenste maatsortering. Er is nu namelijk nog meer ondermaat dan bovenmaat.

Door de opbrengsten te normaliseren naar 100% wordt inzichtelijk hoeveel procent er van elke irrigatietechniek onder de verschillende maatsorteringen valt. Dat is te zien in figuur 26. Onder de figuur staat een toelichting.



Figuur 26: Opbrengsten genormaliseerd naar 100%.

Te zien is dat druppelirrigatie niet het hoogste percentage maatsortering heeft terwijl het wel de hoogste opbrengst heeft. De haspel met beregeningsboom heeft 8%, en de haspel met kanon heeft een 5% hogere opbrengst 8-21. Daarbij ligt het percentage ondermaat van druppelirrigatie met 19%, 6% hoger dan bij de haspel met beregeningsboom en 3% hoger dan de haspel met het kanon. Hieruit blijkt dat het percentage 'egale maatsortering' van druppelirrigatie niet hoger blijkt te liggen dan bij de andere technieken, het ligt zelfs lager. Vooraf werd juist een egalere maatsortering verwacht bij druppelirrigatie. Ten opzichte van de nulmeting scoren alle drie de irrigatietechnieken beter ten opzichte van de nulmeting.

Om er zeker van te zijn dat de opbrengsten betrouwbaar zijn is ervoor gekozen om de ruwe data van de maatsortering 8-21 millimeter te analyseren doormiddel van een ANOVA-analyse. Elk monster bevat drie metingen waardoor het kan voorkomen dat bijvoorbeeld één van de drie metingen erg hoog is waardoor het gemiddelde wordt beïnvloed. Met behulp van de ANOVA-analyse wordt dat ontdekt of juist uitgesloten. Daarnaast kan er worden bepaald of er een significant verschil zit tussen de opbrengsten van de irrigatietechnieken met een betrouwbaarheid van 95%. Hieronder in tabel is de ruwe data weergegeven. Per monster zijn de opbrengsten doorgerekend naar tonnen per hectare.

Tabel 3: Ruwe opbrengsten maatsortering 8-21.

Irrigatietechniek	Meting	Opbrengst in tonnen per hectare
Druppelirrigatie	1	30,88
Dripirrigatie	2	31,21
Dripirrigatie	3	29,82
Kanon	1	24,90
Kanon	2	25,60
Kanon	3	24,58
Boom	1	25,76
Boom	2	27,35
Boom	3	25,78
Nulmeting	1	18,17
Nulmeting	2	19,53
Nulmeting	3	18,65

De ruwe data is ingevoerd in het programma (JASP, 2023). Met behulp van dit programma is de ANOVA-analyse uitgevoerd waarvan de resultaten in figuur 26 staan weergegeven.

ANOVA - Opbrengst

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Irrigatietechniek	215.923	3	71.974	136.469	< .001
Residuals	4.219	8	0.527		

Note. Type III Sum of Squares

Descriptives ▼

Descriptives - Opbrengst ▼

Irrigatietechniek	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
Beregeningsboom	3	26.298	0.915	0.528	0.035
Beregeningskanon	3	25.024	0.524	0.303	0.021
Druppelirrigatie	3	30.637	0.726	0.419	0.024
Nulmeting	3	18.783	0.687	0.397	0.037

Post Hoc Tests

Standard

Post Hoc Comparisons - Irrigatietechniek

		Mean Difference	SE	t	Ptukey
Nulmeting	Beregeningsboom	-7.515	0.593	-12.674	< .001
	Beregeningskanon	-6.241	0.593	-10.526	< .001
	Druppelirrigatie	-11.854	0.593	-19.991	< .001
Beregeningsboom	Beregeningskanon	1.274	0.593	2.148	0.217
	Druppelirrigatie	-4.339	0.593	-7.318	< .001
Beregeningskanon	Druppelirrigatie	-5.613	0.593	-9.465	< .001

Figuur 27: Resultaten ANOVA-analyse.

De ANOVA-analyse bestaat uit verschillende onderdelen. Het eerste onderdeel is de ANOVA - opbrengst. Hier wordt bepaald of er een significant verschil zit tussen de opbrengstmetingen. H0 is dat de verschillende technieken dezelfde opbrengst hebben en H1 is dat er verschil zit tussen de irrigatietechnieken. Omdat de P-waarde hier kleiner is dan 0.05 wordt H0 verworpen en H1 aangenomen. Er kan dus met 95% betrouwbaarheid gezegd worden dat er significante verschillen zijn gevonden tussen de opbrengst van de verschillende irrigatietechnieken.

Bij het tweede onderdeel staan de gemiddeldes weergegeven. Deze komen overeen met de opbrengsten in tabel 2. Verder biedt onderdeel 2 geen resultaten met weerwaarde.

Onderdeel 3 is de Post-hoc test, deze weergeeft een afzonderlijke vergelijking van de verschillende irrigatietechnieken met elkaar. Te zien is dat bijna alle technieken significant van elkaar verschillen, behalve de haspel met beregeningsboom ten opzichte van een haspel met beregeningskanon. Er kan dus geconcludeerd worden dat druppelirrigatie een meeropbrengst levert ten opzichte van de nulmeting en de andere twee technieken. Van de beide haspelmethodes kan geconcludeerd worden dat ze een meeropbrengst leveren ten opzichte van de nulmeting, maar niet ten opzichte van elkaar. Er kan dus niet met 95% betrouwbaarheid gezegd worden dat een haspel met beregeningsboom meer oplevert dan een haspel met kanon. De gemiddeldes van deze twee technieken liggen ook erg dicht bij elkaar, namelijk 25 en 26 ton.

Nu bekend is wat de meeropbrengsten zijn in kilo's per hectare kunnen de opbrengsten in euro's per hectare voor dit seizoen worden berekend. De contractprijzen voor eerstejaars plantuien zijn dit jaar voor de maatsortering 8-21 millimeter, €0,35 per kilo, en 22-28 millimeter levert €0,10 per kilo op (Kesselaar L. , 2023). In tabel 4 zijn de opbrengsten vermenigvuldigd met deze bedragen.

Tabel 4: Opbrengst per hectare in euro's.

	Opbrengst
Druppelirrigatie	€ 10.890,35
Haspel met beregeningsboom	€ 9.248,49
Haspel met kanon	€ 8.812,01
Nulmeting	€ 6.591,84

Opvallend is dat druppelirrigatie ruim de hoogste opbrengst haalt, namelijk €10.890.

Druppelirrigatie is dus significant de beste irrigatietechniek wat opbrengsten betreft. Dat maakt druppelirrigatie echter nog steeds niet per definitie de beste irrigatietechniek. Om daarover een eerlijke conclusie te schrijven, spelen ook de kosten een cruciale rol. In de volgende paragraaf worden daarom de kosten van de irrigatietechnieken berekend zodat de kosten en baten van de verschillende irrigatietechnieken met elkaar verrekend kunnen worden.

3.3 Deelvraag 3

Wat zijn de vaste en variabele kosten per hectare van de te onderzoeken irrigatietechnieken?

De kosten per hectare van de verschillende irrigatietechnieken zijn erg variabel vanwege verschillende uienarealen per teler. Daarom is er ten eerste gekozen om de kosten te berekenen voor het Nederlands gemiddelde uienareaal, namelijk 8,7 hectare (Bakker, 2018). Daarnaast is er gekozen om de kosten ook te berekenen voor 20 en 40 hectare. Dit vanwege het feit dat een haspel in meerdere gewassen kan worden ingezet op een gemiddeld akkerbouwbedrijf. Per hectare zullen de kosten dan afnemen. Het is reëel om 8,7 hectare druppelirrigatie te vergelijken met een haspel die voor 20 of zelfs 40 hectare kan worden ingezet. De kosten van druppelirrigatie worden alleen berekend voor de uienteelt omdat deze niet variabel kan worden ingezet.

De vaste kosten zijn opgevraagd bij het bedrijf. Arbeid en brandstofverbruik zijn tijdens de duur van de proef genoteerd. De investeringen van de haspelinstallaties werden gedaan in de periode 2019 tot en met 2021. De verwachting is dat de kosten in 2023 hoger liggen vanwege de inflatie. Boven op de investeringen is een rente berekend. Ook al worden de investeringen zonder lening gedaan is het logisch om een rente te berekenen. De rente is berekend over het gemiddeld geïnvesteerd vermogen zodat er niet te veel rente wordt berekend. De rente is als volgt berekend: $(\text{aanschafwaarde} + \text{restwaarde}) / 2 * 0,055$. Er wordt dus gerekend met 5,5 procent rente. Hieronder staan de resultaten van de drie technieken bij een gift van 15 mm achtereenvolgend uitgewerkt. Te beginnen met een beregeningshaspel met kanon. Onder elke tabel staat een korte toelichting.

3.3.1 Haspel met kanon

Tabel 5: Haspel met kanon, 8,7 hectare.

Beregeningshaspel met kanon		Merk: Bauer	Type: Rainstar 110-570						
Vaste kosten									
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Restwaarde	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Beregeningshaspel	€ 40.000,00	1	€ 40.000,00	€ 1.320,00	7	€ 8.000,00	€ 4.760,00	8,7	€ 547,13
Beregeningspomp	€ 18.000,00	1	€ 18.000,00	€ 605,00	7	€ 4.000,00	€ 2.086,43	8,7	€ 239,82
Buizen 300m (6m/stuk)	€ 25,00	50	€ 1.250,00	€ 48,13	10	€ 500,00	€ 79,81	8,7	€ 9,17
Slangen 300m	€ 8,00	300	€ 2.400,00	€ 66,00	7	-	€ 352,29	8,7	€ 40,49
Haspel voor slangen	€ 5.000,00	1	€ 5.000,00	€ 165,00	8	€ 1.000,00	€ 520,63	8,7	€ 59,84
Buizenwagen	€ 3.500,00	1	€ 3.500,00	€ 118,25	10	€ 800,00	€ 281,83	8,7	€ 32,39
Totaal			€ 70.150,00	€ 2.322,38		€ 14.300,00	€ 8.080,98		€ 928,85
Variabele kosten 1x beregenen 15 mm									
	Prijs per liter/ uur	aantal	totaal	Aantal ha	kosten per hectare				
Brandstof	€ 1,00	435	€ 435,00	8,7	€ 50,00				
Arbeid installeren	€ 35,00	6	€ 210,00	8,7	€ 24,14				
Arbeid verzetten	€ 35,00	11,6	€ 406,00	8,7	€ 46,67				
Arbeid opruimen	€ 35,00	6	€ 210,00	8,7	€ 24,14				
Onderhoud haspel	€ 100,00	1	€ 100,00	8,7	€ 11,49				
Onderhoud pomp	€ 120,00	1	€ 120,00	8,7	€ 13,79				
Totaal			€ 1.481,00		€ 170,23				
1x beregenen per ha	€ 1.099,08								
2x beregenen per ha	€ 1.244,02								
3x beregenen per ha	€ 1.388,96								
4x beregenen per ha	€ 1.533,91								

Hierboven in tabel 5 staan de gegevens van een haspel met kanon op een areaal van 8,7 hectare. Vanwege de hoge investering zijn de vaste kosten per hectare erg hoog, namelijk €929. Bij de eerste beregeningsbeurt stijgt dit bedrag met €170 aan variabele kosten tot €1.099 per hectare. Per extra beregeningsbeurt stijgen de kosten met €145 per hectare. De variabele kosten zijn berekend met een brandstofgebruik van 12,5 liter per uur. Het perceel waarop de proef is uitgevoerd was 230 meter lang. $230\text{m} \times 66\text{m} = 15.180\text{m}^2$ wat overeenkomt met +/- 1,5 hectare. De tijd die benodigd is om te verzetten kost ongeveer 1 uur werk met 2 mensen. Daarom is de formule om de arbeid voor het verzetten uit te rekenen als volgt: $((2 \times \text{aantal hectare perceel}) / 1,5)$. Het installeren van een haspel bestaat uit het leggen en aansluiten van slangen en buizen. Dat kost inclusief reistijd ongeveer 2 uur arbeid met drie personen, daarom is er uitgegaan van 6 uur. Voor het opruimen is hetzelfde tijdsbestek als het installeren benodigd. Onderhoudskosten zijn jaarlijkse kosten en bestaan uit doorspoelen van water en olie verversen, deze zijn verkregen bij het bedrijf waar de proef is uitgevoerd.

Tabel 6: Haspel met kanon, 20 hectare.

Beregeningshaspel met kanon		Merk: Bauer	Type: Rainstar 110-570						
Vaste kosten									
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Restwaarde	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Beregeningshaspel	€ 40.000,00	1	€ 40.000,00	€ 1.320,00	7	€ 8.000,00	€ 4.760,00	20	€ 238,00
Beregeningspomp	€ 18.000,00	1	€ 18.000,00	€ 605,00	7	€ 4.000,00	€ 2.086,43	20	€ 104,32
Buizen 300m (6m/stuk)	€ 25,00	50	€ 1.250,00	€ 48,13	10	€ 500,00	€ 79,81	20	€ 3,99
Slangen 300m	€ 8,00	300	€ 2.400,00	€ 66,00	7	-	€ 352,29	20	€ 17,61
Haspel voor slangen	€ 5.000,00	1	€ 5.000,00	€ 165,00	8	€ 1.000,00	€ 520,63	20	€ 26,03
Buizenwagen	€ 3.500,00	1	€ 3.500,00	€ 118,25	10	€ 800,00	€ 281,83	20	€ 14,09
Totaal			€ 70.150,00	€ 2.322,38		€ 14.300,00	€ 8.080,98		€ 404,05
Variabele kosten 1x beregenen 15 mm									
	Prijs per liter/ uur	aantal	totaal	Aantal ha	kosten per hectare				
Brandstof	€ 1,00	1000	€ 1.000,00	20	€ 50,00				
Arbeid installeren	€ 35,00	18	€ 630,00	20	€ 31,50				
Arbeid verzetten	€ 35,00	26,7	€ 933,33	20	€ 46,67				
Arbeid opruimen	€ 35,00	18	€ 630,00	20	€ 31,50				
Onderhoud haspel	€ 100,00	1	€ 100,00	20	€ 5,00				
Onderhoud pomp	€ 180,00	1	€ 180,00	20	€ 9,00				
Totaal			€ 3.473,33		€ 173,67				
1x beregenen per ha	€ 577,72								
2x beregenen per ha	€ 737,38								
3x beregenen per ha	€ 897,05								
4x beregenen per ha	€ 1.056,72								

Een gemiddelde akkerbouwer heeft vaak meerdere gewassen, bijvoorbeeld aardappelen, waarvoor een haspel kan worden ingezet. Hierdoor kunnen de vaste kosten worden verspreid over een groter areaal. In tabel 6 hierboven wordt daarom niet met enkel 8,7 hectare uien gerekend, maar met een totaal areaal van 20 hectare aan potentieel te beregenen gewassen. Voor de doorberekening in de uien heeft dit als gevolg dat de vaste kosten over een groter teeltareaal worden verspreid. Er is gekozen om het areaal te verdelen over 3 percelen waardoor de arbeidsuren van installeren en opruimen vermenigvuldigd zijn met 3. Te zien is dat de vaste kosten per hectare meer dan gehalveerd zijn ten opzichte van een areaal van 8,7 hectare, namelijk €404. Een eerste beregeningsbeurt kost €577 per hectare. De kosten per extra beregeningsbeurt bedragen €160 extra per hectare. Dat is hoger dan bij 8,7 hectare omdat de buizen en slangen in plaats van één keer, nu drie keer wordt geïnstalleerd en opgeruimd.

Tabel 7: Beregeningshaspel met kanon, 40 hectare.

Beregeningshaspel met kanon		Merk: Bauer	Type: Rainstar 110-570						
Vaste kosten									
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Restwaarde	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Beregeningshaspel	€ 40.000,00	1	€ 40.000,00	€ 1.320,00	7	€ 8.000,00	€ 4.760,00	40	€ 119,00
Beregeningspomp	€ 18.000,00	1	€ 18.000,00	€ 605,00	7	€ 4.000,00	€ 2.086,43	40	€ 52,16
Buizen 300m (6m/stuk)	€ 25,00	50	€ 1.250,00	€ 48,13	10	€ 500,00	€ 79,81	40	€ 2,00
Slangen 300m	€ 8,00	300	€ 2.400,00	€ 66,00	7	-	€ 352,29	40	€ 8,81
Haspel voor slangen	€ 5.000,00	1	€ 5.000,00	€ 165,00	8	€ 1.000,00	€ 520,63	40	€ 13,02
Buizenwagen	€ 3.500,00	1	€ 3.500,00	€ 118,25	10	€ 800,00	€ 281,83	40	€ 7,05
Totaal			€ 70.150,00	€ 2.322,38		€ 14.300,00	€ 8.080,98		€ 202,02
Variabele kosten 1x beregenen 15 mm									
	Prijs per liter/ uur	aantal	totaal	Aantal ha	kosten per hectare				
Brandstof	€ 1,00	2000	€ 2.000,00	40	€ 50,00				
Arbeid installeren	€ 35,00	30	€ 1.050,00	40	€ 26,25				
Arbeid verzetten	€ 35,00	53,3	€ 1.866,67	40	€ 46,67				
Arbeid opruimen	€ 35,00	30	€ 1.050,00	40	€ 26,25				
Onderhoud haspel	€ 100,00	1	€ 100,00	40	€ 2,50				
Onderhoud pomp	€ 180,00	1	€ 180,00	40	€ 4,50				
Totaal			€ 6.246,67		€ 156,17				
1x beregenen per ha	€ 358,19								
2x beregenen per ha	€ 507,36								
3x beregenen per ha	€ 656,52								
4x beregenen per ha	€ 805,69								

Uit de metingen van de bodemvochtsensoren blijkt dat het ongeveer 8-9 dagen duurt voordat het gemiddelde bodemvochtpercentage van de bovenste 30 centimeter weer op het oude niveau is bij een gift van 15-25 mm. Het is dus belangrijk dat het areaal binnen dat tijdsbestek kan worden beregend om verdroging tegen te gaan. Met één haspel kan er één hectare in 4-5 uur worden beregend. Op een areaal van 40 hectare kost het dus inclusief arbeid 190-230 uur om alles te beregenen. $210/24=8,75$, dus bijna 9 dagen. Met één haspel kan dus maximaal 40 hectare beregend worden tijdens langdurende droogte. Daarom wordt in tabel 7 met een totaal areaal van 40 hectare aan potentieel te beregenen gewassen gerekend. In de tabel is te zien dat de vaste kosten per hectare gehalveerd zijn ten opzichte van 20 hectare, namelijk €202. De kosten per beregeningsbeurt extra zijn €123 per hectare. Er is gekozen om het areaal te verdelen over 5 percelen waardoor de arbeidsuren van het installeren en opruimen nu vermenigvuldigd zijn met 5. De extra kosten zijn dus hoger dan bij 20 hectare, maar doordat ze door 40 hectare worden gedeeld zijn ze alsnog lager.

In de volgende paragraaf staan de kosten van het beregenen met een beregeningsboom uitgewerkt. Ook hier wordt gerekend met een areaal van 8,7, 20 en 40 hectare.

3.3.2 Haspel met beregeningsboom

Deze paragraaf bevat tabellen met de berekeningen rondom het beregenen met een beregeningsboom. Onder elke tabel staat een toelichting. Bij deze techniek is er minder waterdruk nodig dan bij het beregenen met een kanon. Daardoor gaat het brandstofverbruik van 12,5 naar 9 liter per uur. Vanwege de lagere druk is de waterafgifte lager en duurt een trek dus langer. Toch zijn de kosten per hectare van het verbruik alsnog lager. De capaciteit in oppervlakte per uur ligt dus wel lager ten opzichte van beregenen met een kanon.

Tabel 8: Haspel met beregeningsboom, 8,7 hectare.

Beregeningshaspel met boom		Merk: Bauer	Type: Rainstar 110-570						
Vaste kosten									
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Restwaarde	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Beregeningshaspel	€ 40.000,00	1	€ 40.000,00	€ 1.320,00	7	€ 8.000,00	€ 4.760,00	8,7	€ 547,13
Beregeningsboom	€ 15.000,00	1	€ 15.000,00	€ 467,50	7	€ 2.000,00	€ 1.923,93	8,7	€ 221,14
Beregeningspomp	€ 18.000,00	1	€ 18.000,00	€ 605,00	7	€ 4.000,00	€ 2.086,43	8,7	€ 239,82
Buizen 300m (6m/stuk)	€ 25,00	50	€ 1.250,00	€ 48,13	10	€ 500,00	€ 79,81	8,7	€ 9,17
Slangen 300m	€ 8,00	300	€ 2.400,00	€ 66,00	7	€ -	€ 352,29	8,7	€ 40,49
Haspel voor slangen	€ 5.000,00	1	€ 5.000,00	€ 165,00	8	€ 1.000,00	€ 520,63	8,7	€ 59,84
Buizenwagen	€ 3.500,00	1	€ 3.500,00	€ 118,25	10	€ 800,00	€ 281,83	8,7	€ 32,39
Totaal			€ 85.150,00	€ 2.789,88		€ 16.300,00	€ 10.004,91		€ 1.149,99
Variabele kosten 1x beregenen 15 mm									
	Prijs per liter/ uur	aantal	totaal	Aantal ha	kosten per hectare				
Brandstof	€ 1,00	391,5	€ 391,50	8,7	€ 45,00				
Arbeid installeren	€ 35,00	6,5	€ 227,50	8,7	€ 26,15				
Arbeid verzetten	€ 35,00	11,6	€ 406,00	8,7	€ 46,67				
Arbeid opruimen	€ 35,00	6,5	€ 227,50	8,7	€ 26,15				
Onderhoud haspel	€ 100,00	1	€ 100,00	8,7	€ 11,49				
Onderhoud boom	€ 80,00	1	€ 80,00	8,7	€ 9,20				
Onderhoud pomp	€ 120,00	1	€ 120,00	8,7	€ 13,79				
Totaal			€ 1.552,50		€ 178,45				
1x beregenen per ha	€ 1.328,44								
2x beregenen per ha	€ 1.472,40								
3x beregenen per ha	€ 1.616,37								
4x beregenen per ha	€ 1.760,33								

In tabel 8 is te zien dat de vaste kosten per hectare erg hoog zijn, namelijk €1.150. De variabele kosten verhogen dit bedrag met €178 tot €1.328. Per extra beregeningsbeurt worden de kosten per hectare met €144 verhoogd. De arbeidsduur van het installeren en opruimen zijn met een half uur verhoogd. Dat is de tijd van het in- en uitklappen van de beregeningsboom. Verder zijn de kosten gelijk aan het beregenen met een kanon.

Tabel 9: Haspel met beregeningsboom, 20 hectare.

Beregeningshaspel met boom		Merk: Bauer	Type: Rainstar 110-570						
Vaste kosten									
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Restwaarde	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Beregeningshaspel	€ 40.000,00	1	€ 40.000,00	€ 1.320,00	7	€ 8.000,00	€ 4.760,00	20	€ 238,00
Beregeningsboom	€ 15.000,00	1	€ 15.000,00	€ 467,50	7	€ 2.000,00	€ 1.923,93	20	€ 96,20
Beregeningspomp	€ 18.000,00	1	€ 18.000,00	€ 605,00	7	€ 4.000,00	€ 2.086,43	20	€ 104,32
Buizen 300m (6m/stuk)	€ 25,00	50	€ 1.250,00	€ 48,13	10	€ 500,00	€ 79,81	20	€ 3,99
Slangen 300m	€ 8,00	300	€ 2.400,00	€ 66,00	7	€ -	€ 352,29	20	€ 17,61
Haspel voor slangen	€ 5.000,00	1	€ 5.000,00	€ 165,00	8	€ 1.000,00	€ 520,63	20	€ 26,03
Buizenwagen	€ 3.500,00	1	€ 3.500,00	€ 118,25	10	€ 800,00	€ 281,83	20	€ 14,09
Totaal			€ 85.150,00	€ 2.789,88		€ 16.300,00	€ 10.004,91		€ 500,25
Variabele kosten 1x beregenen 15 mm									
	Prijs per liter/ uur	aantal	totaal	Aantal ha	kosten per hectare				
Brandstof	€ 1,00	900	€ 900,00	20	€ 45,00				
Arbeid installeren	€ 35,00	19,5	€ 682,50	20	€ 34,13				
Arbeid verzetten	€ 35,00	26,7	€ 933,33	20	€ 46,67				
Abeid opruimen	€ 35,00	19,5	€ 682,50	20	€ 34,13				
Onderhoud haspel	€ 100,00	1	€ 100,00	20	€ 5,00				
Onderhoud boom	€ 80,00	1	€ 80,00	20	€ 4,00				
Onderhoud pomp	€ 120,00	1	€ 120,00	20	€ 6,00				
Totaal			€ 3.498,33		€ 174,92				
1x beregenen per ha	€ 675,16								
2x beregenen per ha	€ 835,08								
3x beregenen per ha	€ 995,00								
4x beregenen per ha	€ 1.154,91								

Tabel 9 weergeeft de kosten per hectare op een areaal van 20 hectare. Ook hier zijn de vaste kosten meer dan gehalveerd ten opzichte van 20 hectare en bedragen €500 per hectare. De eerste beregeningsbeurt kost €675 en elke extra beregeningsbeurt kost €160 per hectare extra. Het areaal is verdeeld over 3 percelen waardoor de kosten van het installeren en opruimen met een factor 3 stijgen ten opzichte van één perceel van 8,7 hectare.

Tabel 10: Haspel met beregeningsboom, 40 hectare.

Beregeningshaspel met boom		Merk: Bauer	Type: Rainstar 110-570						
Vaste kosten									
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Restwaarde	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Beregeningshaspel	€ 40.000,00	1	€ 40.000,00	€ 1.320,00	7	€ 8.000,00	€ 4.760,00	40	€ 119,00
Beregeningsboom	€ 15.000,00	1	€ 15.000,00	€ 467,50	7	€ 2.000,00	€ 1.923,93	40	€ 48,10
Beregeningspomp	€ 18.000,00	1	€ 18.000,00	€ 605,00	7	€ 4.000,00	€ 2.086,43	40	€ 52,16
Buizen 300m (6m/stuk)	€ 25,00	50	€ 1.250,00	€ 48,13	10	€ 500,00	€ 79,81	40	€ 2,00
Slangen 300m	€ 8,00	300	€ 2.400,00	€ 66,00	7	€ -	€ 352,29	40	€ 8,81
Haspel voor slangen	€ 5.000,00	1	€ 5.000,00	€ 165,00	8	€ 1.000,00	€ 520,63	40	€ 13,02
Buizenwagen	€ 3.500,00	1	€ 3.500,00	€ 118,25	10	€ 800,00	€ 281,83	40	€ 7,05
Totaal			€ 85.150,00	€ 2.789,88		€ 16.300,00	€ 10.004,91		€ 250,12
Variabele kosten 1x beregenen 15 mm									
	Prijs per liter/ uur	aantal	totaal	Aantal ha	kosten per hectare				
Brandstof	€ 1,00	1800	€ 1.800,00	40	€ 45,00				
Arbeid installeren	€ 35,00	32,5	€ 1.137,50	40	€ 28,44				
Arbeid verzetten	€ 35,00	53,3	€ 1.866,67	40	€ 46,67				
Arbeid opruimen	€ 35,00	32,5	€ 1.137,50	40	€ 28,44				
Onderhoud haspel	€ 100,00	1	€ 100,00	40	€ 2,50				
Onderhoud boom	€ 80,00	1	€ 80,00	40	€ 2,00				
Onderhoud pomp	€ 120,00	1	€ 120,00	40	€ 3,00				
Totaal			€ 6.241,67		€ 156,04				
1x beregenen per ha	€ 406,16								
2x beregenen per ha	€ 554,71								
3x beregenen per ha	€ 703,25								
4x beregenen per ha	€ 851,79								

Tabel 10 weergeeft de kosten van het beregenen met een beregeningsboom op een areaal van 40 hectare, verdeeld over 5 verschillende percelen. De kosten van het installeren en opruimen stijgen dus met een factor 5 ten opzichte van één perceel van 8,7 hectare. Te zien is dat de vaste kosten €250 bedragen. De eerste beregeningsbeurt kost €406 per hectare. Per extra gift komt hier €122 bij. De kosten zijn dus in grote lijnen gelijk aan het beregenen met een kanon.

Druppelirrigatie is de volgende en laatste irrigatietechniek die meegenomen wordt in dit onderzoek. In de volgende paragraaf staan de kosten van druppelirrigatie uitgewerkt.

3.3.3 Druppelirrigatie

Tabel 8, 9 en 10 weergeven de kosten van druppelirrigatie. De kosten zijn overgenomen van het bedrijf Powerplastics. De kosten zoals arbeid en brandstof zijn genoteerd tijdens de proef.

Voor deze proef werden er per 3 meter uienbed, 6 driptapes gelegd. De driptape zit op rollen van 2100 meter lang. Voor 1 hectare is dus 6x 1,6 rollen nodig ($2100 \times 1,6 \times 3 = 10.080 \text{m}^2$). Doormiddel van een gaatjestang worden er gaatjes in de aanvoerslang geknipt zodat hierin start koppelingen kunnen worden aangebracht waaraan de driptape wordt aangesloten. De aanvoerslang en koppelingen zijn herbruikbaar en worden daarom afgeschreven. Ook hier wordt 5% rente berekend over de investeringen. Verder is er een kleine pomp en wat koppelingen voor de aanvoerslang benodigd.

Tabel 11: Druppelirrigatie, 8,7 hectare.

Druppelirrigatie	Merk: Rivulis	Type: D900 22mm						
Vaste kosten								
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Drip tape 2100 m	€ 160,00	83,52	€ 13.363,20	€ 367,49	1	€ 13.730,69	8,7	€ 1.578,24
Pomp	€ 338,32	1	€ 338,32	€ 12,05	5	€ 50,07	8,7	€ 5,76
Aanvoerslang in m	€ 2,66	400	€ 1.064,00	€ 29,26	5	€ 218,65	8,7	€ 25,13
Eindkap aanvoerslang	€ 8,50	1	€ 8,50	€ 0,23	5	€ 1,75	8,7	€ 0,20
Koppeling aanvoerslang	€ 14,50	1	€ 14,50	€ 0,40	5	€ 2,98	8,7	€ 0,34
Start koppelingen	€ 0,54	870	€ 466,32	€ 12,82	5	€ 95,83	8,7	€ 11,01
Gaatjestang	€ 78,00	1	€ 78,00	€ 2,70	5	€ 12,14	8,7	€ 1,40
Machine klaarmaken	€ 35,00	10	€ 350,00			€ 350,00	8,7	€ 40,23
Drips leggen	€ 35,00	26,1	€ 913,50			€ 913,50	8,7	€ 105,00
Drips aansluiten	€ 35,00	34,8	€ 1.218,00			€ 1.218,00	8,7	€ 140,00
Testen, gaten dichten	€ 35,00	26,1	€ 913,50			€ 913,50	8,7	€ 105,00
opruimen	€ 35,00	26,1	€ 913,50			€ 913,50	8,7	€ 105,00
Totaal			€ 19.641,34	€ 424,95		€ 18.420,61		€ 2.117,31
Variable kosten 1x beregenen 15 mm								
	Prijs per liter/ uur	Aantal uur/ aantal liters	Aantal hectare	Kosten per jaar	Kosten per hectare			
Brandstof	€ 1,80	9	8,7	€ 140,94	€ 16,20			
Arbeid	€ 35,00	1		€ 35,00	€ 4,02			
Totaal	€ 36,80			€ 175,94	€ 20,22			
1x beregenen per ha	€ 2.137,53							
2x beregenen per ha	€ 2.157,76							
3x beregenen per ha	€ 2.177,98							
4x beregenen per ha	€ 2.198,20							

Tabel 11 weergeeft de kosten van druppelirrigatie op een areaal van 8,7 hectare. Te zien is dat de vaste kosten €2.117 bedragen. De eerste beregeningsbeurt kost dan €2.137 per hectare. Vanwege de minimaal benodigde arbeid en brandstof vraagt komt er per extra gift €20 euro kosten bij.

Tabel 12: Druppelirrigatie, 20 hectare.

Druppelirrigatie	Merk: Rivulis	Type: D900 22mm						
Vaste kosten								
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Drip tape 2100 m	€ 160,00	192	€ 30.720,00	844,8	1	€ 31.564,80	20	€ 1.578,24
Pomp	€ 338,32	3	€ 1.014,96	30,6614	5	€ 189,12	20	€ 9,46
Aanvoerslang in m	€ 2,66	800	€ 2.128,00	58,52	5	€ 437,30	20	€ 21,87
Eindkap aanvoerslang	€ 8,50	3	€ 25,50	0,70125	5	€ 5,24	20	€ 0,26
Koppeling aanvoerslang	€ 14,50	3	€ 43,50	1,19625	5	€ 8,94	20	€ 0,45
Start koppelingen	€ 0,54	2000	€ 1.072,00	29,48	5	€ 220,30	20	€ 11,01
Gaatjestang	€ 78,00	1	€ 78,00	2,695	5	€ 12,14	20	€ 0,61
Machine klaarmaken	€ 35,00	10	€ 350,00			€ 350,00	20	€ 17,50
Drips leggen	€ 35,00	60	€ 2.100,00			€ 2.100,00	20	€ 105,00
Drips aansluiten	€ 35,00	80	€ 2.800,00			€ 2.800,00	20	€ 140,00
Testen, gaten dichten	€ 35,00	60	€ 2.100,00			€ 2.100,00	20	€ 105,00
opruimen	€ 35,00	60	€ 2.100,00			€ 2.100,00	20	€ 105,00
Totaal			€ 44.531,96	€ 968,05		€ 41.887,84		€ 2.094,39
Variable kosten 1x beregenen 15mm								
	Prijs per liter/ uur	Aantal uur/ aantal liters	Aantal hectare	Kosten per jaar	Kosten per hectare			
Brandstof	€ 1,80	9	20	€ 324,00	€ 8,10			
Arbeid	€ 35,00	2		€ 70,00	€ 8,05			
Totaal	€ 36,80			€ 394,00	€ 16,15			
1x beregenen per ha	€ 2.110,54							
2x beregenen per ha	€ 2.126,68							
3x beregenen per ha	€ 2.142,83							
4x beregenen per ha	€ 2.158,98							

In tabel 12 zijn de kosten van druppelirrigatie weergegeven. De vaste kosten bedragen €2.094 en de eerste beregeningsbeurt kost €2.110. Dat is ongeveer gelijk aan de kosten van druppelirrigatie op een areaal van 8,7 hectare. Dat komt omdat de driptape de hoogste kostenpost is en deze maar één jaar wordt gebruikt. De kosten worden dus eerst vermenigvuldigd met het aantal hectare en later weer gedeeld door het aantal hectare. Daardoor worden de kosten per hectare op grotere schaal niet minder. Ook arbeidskosten hebben weinig schaalvoordeel omdat elke hectare voor meer werk zorgt. Wel is het zo dat op grotere percelen de druppelirrigatie efficiënter kan worden ingezet. Dat komt omdat er minder gestopt en opnieuw hoeft worden ingezet. Bij elke stop en start gaat er een paar meter verloren om zeker te zijn dat de driptape niet te kort is bij het aansluiten.

Tabel 13: Druppelirrigatie, 40 hectare.

Druppelirrigatie	Merk: Rivulis	Type: D900 22mm						
Vaste kosten								
	Prijs per stuk/ meter	aantal	totaal	Rente	afschrijving in jaren	Kosten per jaar	Aantal hectare	Kosten per hectare
Drip tape 2100 m	€ 160,00	384	€ 61.440,00	1689,6	1	€ 63.129,60	40	€ 1.578,24
Pomp	€ 338,32	5	€ 1.691,60	49,269	5	€ 328,17	40	€ 8,20
Aanvoerslang in m	€ 2,66	2000	€ 5.320,00	146,3	5	€ 1.093,26	40	€ 27,33
Eindkap aanvoerslang	€ 8,50	5	€ 42,50	1,16875	5	€ 8,73	40	€ 0,22
Koppeling aanvoerslang	€ 14,50	5	€ 72,50	1,99375	5	€ 14,90	40	€ 0,37
Start koppelingen	€ 0,54	4000	€ 2.144,00	58,96	5	€ 440,59	40	€ 11,01
Gaatjestang	€ 78,00	1	€ 78,00	2,695	5	€ 12,14	40	€ 0,30
Machine klaarmaken	€ 35,00	10	€ 350,00			€ 350,00	40	€ 8,75
Drips leggen	€ 35,00	120	€ 4.200,00			€ 4.200,00	40	€ 105,00
Drips aansluiten	€ 35,00	160	€ 5.600,00			€ 5.600,00	40	€ 140,00
Testen, gaten dichten	€ 35,00	120	€ 4.200,00			€ 4.200,00	40	€ 105,00
opruimen	€ 35,00	120	€ 4.200,00			€ 4.200,00	40	€ 105,00
Totaal			€ 89.338,60	€ 1.949,99		€ 83.577,40		€ 2.089,43
Variabele kosten 1x beregenen 15mm								
	Prijs per liter/ uur	Aantal uur/ aantal liters	Aantal hectare	Kosten per jaar	Kosten per hectare			
Brandstof	€ 1,80	9	40	€ 648,00	€ 16,20			
Arbeid	€ 35,00	3		€ 105,00	€ 12,07			
Totaal	€ 36,80			€ 753,00	€ 28,27			
1x beregenen per ha	€ 2.117,70							
2x beregenen per ha	€ 2.145,97							
3x beregenen per ha	€ 2.174,24							
4x beregenen per ha	€ 2.202,51							

Ook uit tabel 13 blijkt dat de kosten per hectare niet veel variëren bij een 40 hectare groot areaal. De vaste kosten bedragen €2.089 en inclusief variabele kosten bedraagt een eerste beregeningsbeurt €2.118. Uit tabellen 8,9 en 10 blijkt dat de kosten van druppelirrigatie rond de €2.100 per hectare bedragen. De kosten zijn voornamelijk jaarlijkse kosten zoals driptape en arbeid.

Voordat er een conclusie getrokken kan worden, worden de resultaten eerst bediscussieerd. Het volgende hoofdstuk betreft dan ook 'discussie'.

Hoofdstuk 4. Discussie

De resultaten uit onderzoek zijn gebaseerd op een specifieke, dure uienteelt met gemiddeld een hoger saldo dan de gewone uienteelten. Daarbij was dit een droog jaar. Meerjarig onderzoek moet dan ook bewijzen dat druppelirrigatie over meerdere jaren nog steeds rendabel is en een hogere winst geeft dan de gangbare beregeningsmethodes. In een nat jaar worden de kosten wel gemaakt omdat de druppelslangen vooraf gelegd moeten worden, maar is het beregenen niet nodig en biedt het dus geen meerwaarde.

Uit eerdere onderzoeken, zoals bijvoorbeeld het onderzoek van (Deltadrip, 2020) blijkt dat druppelirrigatie zorgt voor een uniforme waterafgifte en daardoor een uniformer gewas in vergelijking met beregenen met een haspel. Wat betreft de uniformiteit van dit onderzoek, beschreven in paragraaf 3.2, blijkt dat niet het geval. Beregenen met beide haspelmethodes zorgen een egalere maatsortering. Dat heeft mogelijk de volgende oorzaak: In het begin van de teelt werd er te veel water gegeven met de druppelirrigatie. Daardoor werd het plaatselijk, rondom de druppelslangen dusdanig nat, dat de uien hier het onkruid-bodemmiddel opnamen. Hierdoor werden de uien direct boven de driptape geremd in groei en bleven wat achter in maatsortering en totaalgewicht. De uien tussen de driptape groeiden daarom beter dan erboven. De schade is op figuur 28 goed te zien in loofgroei. Het donkergroen, waar de bodem niet meer te zien is, is tussen de driptape. Het lichtgroen, waar de bodem tussen de uien nog goed te zien is, is waar de driptapes liggen. Er werd dus te snel, teveel water gegeven waardoor een niet-egale maatsortering ontstond. Dat is een leerproces en had voorkomen kunnen worden door de hoeveelheid water over een langere periode te geven en rekening te houden met de infiltratiesnelheid van de bodem. Er was dan geen schade waardoor de opbrengst van de druppelirrigatie naar verwachting hoger was geweest en de maatsortering egalier. Daarom is de verwachting dat druppelirrigatie in de komende jaren wel voor een hogere winst zal zorgen. Mogelijk is de grote waterafgifte ook de reden dat de effectiviteit 77% was en niet 100% zoals door (PCgroenteteelt.be, 2022) wordt beweerd.



Figuur 28: Licht-, en donkergroene ‘banen’ tekenen het achterblijven van de uien door teveel water.

Zo bleek na een gesprek met de leverancier dat er nieuwe techniek in ontwikkeling is. In plaats van, bijvoorbeeld om de 30 centimeter een druppelaar, komen er nu driptapes die over de gehele lengte water afgeven. Het belangrijkste hierbij is dat de afgifte per minuut van deze nieuwe driptapes ongeveer gehalveerd wordt ten opzichte van de huidige driptapes. Daarmee wordt dus rekening gehouden met de infiltratiecapaciteit van de grond en wordt plaatselijke 'plasvorming', wat nu het probleem was, voorkomen.

In het vooronderzoek zijn verder verschillende studies aangehaald over kosten. Figuur 29 hieronder is een screenshot uit het onderzoek van (Burgt & Verstand, 2021) en betreft de kosten van een haspel met kanon. Onder de figuur worden de kosten en baten van de onderzoeken vergeleken met elkaar.

Tabel 1 Uitgangspunten, vaste kosten en variabele kosten van de haspel.

Uitgangspunten	
Te beregenen oppervlakte	10 ha
Aantal keer beregenen worst case	5
Aantal keer beregenen best case	2
Beregeningsgift (mm/beurt)	20
Draaiuren per beregeningsbeurt	3
Brandstof (l/u)	10 - 15
Diesel (€/l)	1,00 - 1,20
Afschrijving	10 jaar
Arbeidskosten (€/uur)	15
Arbeidsuren per beregeningsbeurt	0,5 - 2

VASTE KOSTEN		
Beregeningsmateriaal		
Investeringskosten beregening	Haspelinstallatie	10000 - 20000
Vaste kosten beregeningsmateriaal €/jaar)		1000 - 2000
Vaste kosten beregeningsmateriaal (€/jaar/ha)		100 - 200

VARIABELE KOSTEN	
Energie (verbruik pomp)	
Brandstofkosten worst case	50 - 90
Brandstofkosten best case	20 - 36
Arbeid (per ha)	
Arbeidskosten worst case	37,5 - 150
Arbeidskosten best case	15 - 60
Totale variabele kosten	
Best case	35 - 96
Worst case	87,5 - 240

De totale kosten in het worst case scenario, wanneer er dus vijf keer beregend moet worden, ligt op €187,5 - €440 per hectare per jaar (vaste kosten + variabele kosten*5). De totale kosten in het best case scenario ligt op €135 - €296 per hectare.

Figuur 29: Screenshot uit een WUR onderzoek naar beregenen.

In het WUR-onderzoek is uitgegaan van 10 hectare wat vergelijkbaar met de 8,7 hectare waar in dit onderzoek mee gerekend is. De vaste kosten liggen in dit onderzoek een factor 5-10 hoger, namelijk +/- €1.000. Dat komt mogelijk omdat het WUR-onderzoek uitgaat van alleen een haspel, welke goedkoper wordt geschat dan de huidige nieuwwaarde. Mogelijk gaat het onderzoek uit van een tweedehands haspel. Echter liggen de kosten van een

tweedehands pomp, buizen, slangen, een slangenhaspel en een buizenwagen vele malen hoger dan €10.000-€20.000. Ook is er geen rente berekend. De kosten van dit huidige onderzoek worden daarom als betrouwbaarder geschat, omdat de kosten overgenomen zijn van een bedrijf uit de praktijk. Daarnaast is het WUR-onderzoek uit 2021, wellicht maar twee jaar terug, maar door de hoge inflatie kunnen de kosten van productiemiddelen al flink zijn gestegen.

De variabele kosten van het WUR-onderzoek liggen ook hoger. De grootste verschillen betreffen arbeid en brandstofkosten. Het WUR-onderzoek gaat uit van te lage arbeidskosten. 1-1,5 uur per hectare, per beregeningsbeurt is te weinig. Het lukt niet om met één man personeel de haspel te installeren, te verzetten en op te ruimen in 1,5 uur per hectare. Met twee man lukt dat wel, maar dan moeten de uren wel worden vermenigvuldigd met twee. Daarbij wordt er uitgegaan van €15 per uur. In het huidige onderzoek wordt uitgegaan van €35 per uur. Dat is aan de hoge kant, maar wel een reëel bedrag waarmee voorkomen wordt dat er te weinig kosten worden gerekend. Het bedrijf waarvan de kosten zijn overgenomen geeft aan dat een zzp'er inclusief personeelsvoorzieningen minimaal €30-€35 per uur kost en dat vaste personeelskosten van één werknemer inclusief overige personeelsvoorzieningen ook rond €30-€35 liggen.

De brandstofkosten per hectare kunnen verschillen. Water onttrekken uit een zoetwaterbron kost meer kracht dan water onttrekken uit oppervlaktewater. Doordat water makkelijker onttrekt kan er meer kuub per uur worden verpompt waardoor beregenen sneller gaat en de kosten per hectare lager zijn. De kosten in dit onderzoek zijn verkregen door het brandstofverbruik te meten op het desbetreffende proefperceel en zijn dus reëel.

Naast de kosten en baten zijn er nog voor- en nadelen die meespelen in de keuze van irrigatietechniek. Een nadeel van druppelirrigatie en beregenen met een boom is dat deze technieken niet overal mogelijk zijn. Zo is druppelirrigatie soms moeilijk in de grond te krijgen in een droog voorjaar op zware grond. Beregenen met een beregeningsboom heeft als nadeel dat de boom een vaste werkbreedte heeft. Als er een geer in een perceel zit kan deze niet volledig beregend worden. Met een beregeningskanon is dat wel mogelijk omdat de werkbreedte eenvoudig aan te passen is. Het is bij de beregeningsboom wel mogelijk om een aantal doppen af te sluiten zodat de werkbreedte minder wordt. Een ander nadeel van druppelirrigatie is dat het lang duurt voordat kunstmest beschikbaar komt voor de uien. Bij de beregeningshaspels spoelt kunstmest tijdens de toepassing de grond in en is direct beschikbaar voor de planten. Bij druppelirrigatie duurt dat veel langer omdat er minder vocht bij de kunstmest komt en er weinig inspoeling plaatsvindt. Fertigatie kan dat probleem echter wel oplossen.

In het volgende hoofdstuk staan alle conclusies beschreven. Voor de kosten is er een vergelijkingstabel ingevoegd waarin alle kosten per irrigatietechniek, per hectare met elkaar worden vergeleken. Hierbij zijn ook meerdere beregeningsbeurten meegenomen.

Hoofdstuk 5. Conclusie

Aan de hand van de resultaten wordt een conclusie getrokken die de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag beantwoord.

Uit hoofdstuk 3.1 kan worden geconcludeerd dat druppelirrigatie de hoogste effectiviteit heeft. Met 77% ligt deze 11% hoger dan beregenen met een beregeningsboom en 18% hoger dan beregenen met een kanon. Een soortgelijke proef moet jaarlijks worden herhaald om de behaalde resultaten statistisch vast te kunnen stellen.

Uit hoofdstuk 3.2 blijkt dat de hoogste opbrengsten worden behaald bij druppelirrigatie. Ook blijkt dat beregenen met een beregeningsboom een meeropbrengst biedt ten opzichte van beregenen met een kanon. Mogelijk komt dat door de hogere effectiviteit en dus minder verlies van water.

In tabel 14 zijn alle totale kosten per hectare uit hoofdstuk 3.3 ingevoegd. Dit voor een areaal van 8,7, 20 en 40 hectare. Hieruit blijkt dat het beregenen met een haspel een groot schaalvoordeel heeft naarmate het areaal toeneemt. Bij druppelirrigatie is er nauwelijks schaalvoordeel. Verder blijkt dat de kosten van beregenen met een kanon en met een beregeningsboom steeds dichterbij elkaar komen te liggen naarmate het areaal toeneemt. Op een areaal van 40 hectare is het verschil €48 per hectare bij de eerste beregeningsbeurt.

Tabel 14: Vergelijkingstabel.

Haspel met kanon		Haspel met boom		Druppelirrigatie	
↓ Aantal giften	8,7 hectare	↓		↓	
1x	€ 1.099,08	1x	€ 1.328,44	1x	€ 2.137,53
2x	€ 1.244,02	2x	€ 1.472,40	2x	€ 2.157,76
3x	€ 1.388,96	3x	€ 1.616,37	3x	€ 2.177,98
4x	€ 1.533,91	4x	€ 1.760,33	4x	€ 2.198,20
20 hectare					
1x	€ 577,72	1x	€ 675,16	1x	€ 2.110,54
2x	€ 737,38	2x	€ 835,08	2x	€ 2.126,68
3x	€ 897,05	3x	€ 995,00	3x	€ 2.142,83
4x	€ 1.056,72	4x	€ 1.154,91	4x	€ 2.158,98
40 hectare					
1x	€ 358,19	1x	€ 406,16	1x	€ 2.117,70
2x	€ 507,36	2x	€ 554,71	2x	€ 2.145,97
3x	€ 656,52	3x	€ 703,25	3x	€ 2.174,24
4x	€ 805,69	4x	€ 851,79	4x	€ 2.202,51

Door herbruikbare driptape te gebruiken kan er wel een voordeel gehaald worden. De kosten van de aanschaf worden dan bijvoorbeeld gedeeld door twee bij tweejarig gebruik. Gezien driptape nu €1.578 per hectare kost zullen de vaste kosten met €789 dalen tot €1.300 per hectare. Dat kan uitkomst bieden om druppelirrigatie sneller rendabel te maken. Het probleem is echter dat het lastig is om de driptape netjes op te rollen, maar ook dat het allemaal korte stukjes worden. Op het proefperceel was één vaart 230 meter lang. Een rol van 2100 meter lang wordt dan in 9 stukken gedeeld. Daarbij is het belangrijk dat in het tweede jaar een korter perceel gebruikt wordt zodat voorkomen wordt dat de driptape steeds midden in het perceel aan elkaar verbonden dient te worden.

Nu de kosten en baten bekend zijn kunnen deze met elkaar verrekend worden. De kosten zijn gebaseerd op beregeningsbeurten van 15 mm. Tijdens de proef werd er één keer beregend met zowel het kanon als met de beregeningsboom. Beiden met een gift van 25 mm. De brandstofkosten per hectare zijn dus hoger en in de berekening hieronder in het voordeel. Tabel 15 weergeeft in de eerste kolom de opbrengsten per hectare van het verkoopbaar product, namelijk alles tussen de maatsortering 8 en 21 mm, vermenigvuldigd met €0,35 en alles tussen de maatsortering 22-28 vermenigvuldigd met €0,10. In de tweede

kolom staan de beregeningskosten. Voor de kosten van het beregenen met de beide haspels is uitgegaan van een gebruik op een areaal van 40 hectare met één beregeningsbeurt. Er wordt dus uitgegaan van een situatie waarbij de kosten van het beregenen met een haspel over een groot areaal worden verdeeld en dus zo laag mogelijk zijn. De kosten van druppelirrigatie variëren nauwelijks met een groter areaal. Er is daarom uitgegaan van de meest voor de hand liggende situatie, namelijk één perceel van 8,7 hectare. De druppelirrigatie heeft vaker dienstgedaan, daarom wordt hier gerekend met 6x beregenen.

Tabel 15: Opbrengsten minus kosten van de verschillende irrigatietechnieken, berekend per hectare uien.

	Opbrengst	Beregeningskosten	Opbrengst - kosten
Druppelirrigatie	€ 10.890,35	€ 2.239,00	€ 8.651,35
Haspel met beregeningsboom	€ 9.248,49	€ 406,00	€ 8.842,49
Haspel met kanon	€ 8.812,01	€ 358,00	€ 8.454,01
Nulmeting	€ 6.591,84	€ -	€ 6.591,84

Door de opbrengst van de nulmeting af te trekken van de bedragen uit de laatste kolom wordt inzichtelijk hoeveel de irrigatietechnieken hebben opgeleverd en geven dus inzicht in hoeveel kosten een teler mag maken aan beregenen. Tabel 16 weergeeft het verschil tussen de opbrengsten van de onderzochte irrigatietechnieken ten opzichte van de opbrengst van de nulmeting.

Tabel 16: Opbrengsten irrigatietechnieken ten opzichte van nulmeting.

Druppelirrigatie	€ 2.059,51
Haspel met beregeningsboom	€ 2.250,65
Haspel met kanon	€ 1.862,17

Daaruit blijkt dat één keer beregenen leidde tot een meeropbrengst van €1.862 per hectare voor beregenen met het kanon en €2.251 voor beregenen met een beregeningsboom. Druppelirrigatie levert €2.060 op per hectare. Meerjarig onderzoek moet aantonen of druppelirrigatie over, bijvoorbeeld een 5-jarig gemiddelde rendabel is. Er zullen namelijk ook jaren zijn waar in druppelirrigatie niet rendabel is omdat er veel regen valt. In die jaren zijn de vaste kosten van de beide haspels veel lager, namelijk €200-€930 voor de haspel met kanon en €250-€1150 voor een haspel met beregeningsboom, afhankelijk van het te beregenen areaal.

Nu de deelvragen zijn beantwoord kan er ook een antwoord worden gegeven op de hoofdvraag. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat beregenen, en vooral druppelirrigatie zorgt voor een grote stijging van het verkoopbare deel. De drie irrigatietechnieken leveren +/- €2.000 per hectare extra op ten opzichte van niet beregenen. Echter brengt druppelirrigatie ook hoge kosten met zich mee, waardoor de winst niet hoger ligt dan bij de andere technieken. Qua geldopbrengsten zit er maximaal €200 verschil tussen de verschillende irrigatietechnieken mits de haspels op een areaal van 40 hectare worden gebruikt. Als een haspel in deze situatie maar op 20 hectare kan worden ingezet worden de verschillen groter, namelijk +/- €400 verschil met druppelirrigatie. Op een areaal van 8,7 hectare stijgt dit verschil naar +/- €750.

De kosten van druppelirrigatie zijn voorafgaand aan de teelt. Op grote schaal is dat een te groot risico. Investeren in een haspel is dan veiliger omdat deze meerdere jaren kan worden ingezet en een restwaarde heeft. Op kleine schaal is druppelirrigatie wel aantrekkelijk, zeker nu in de afgelopen jaren het weer extremer wordt. Dat geldt voor zowel te veel, als voor te weinig regen. Bij de start van de teelt viel er zware neerslag wat een korst veroorzaakte. Door de druppelirrigatie aan te zetten werd deze korst zacht en konden de uien er probleemloos doorheen groeien. Dat heeft geleid tot een hoger plantenaantal en daardoor een hogere kilo opbrengst per hectare.

Als eindconclusie en antwoord op de hoofdvraag geldt het volgende. Op een te beregenen areaal van 0-15 hectare wordt druppelirrigatie aangeraden. De kosten van een eigen beregeningsinstallatie zijn dan erg hoog en in het kader van verdroging en verzilting kan er veel water in de bodem worden vastgehouden. Wel is het zo dat er voorafgaand aan de teelt een risico wordt genomen door hoge kosten, namelijk €2.000 per hectare. Bij een gelijke haspel als in dit onderzoek liggen die kosten lager, maar leveren ook minder op.

Op een te beregenen areaal van 15-40 hectare wordt een haspel met kanon aangeraden. Deze is overal in te zetten en vanwege het grote schaalvoordeel aantrekkelijk. Binnen een week tijd kan alles beregend worden.

Op een te beregenen areaal van 40-55 hectare is het aan te raden om op één perceel, met bijvoorbeeld een duurdere teelt zoals uien, druppelirrigatie te leggen om water te besparen en meer kilo's opbrengst per hectare te realiseren. Op het overige areaal kan dan een haspel met kanon worden ingezet. Het areaal kan dan worden gezien als 40 + 0-15 hectare.

Het is per bedrijf verschillend en 'niet met een schaarstje te knippen', maar voor grotere te beregenen arealen wordt aangeraden, naast een haspel één perceel met druppelirrigatie aan te leggen in een duurdere teelt zoals uien. Dit om een meeropbrengst te realiseren en water te besparen, maar ook om het te beregenen areaal van de beregeningshaspel te verkleinen om te voorkomen dat de gewassen verdrogen tijdens langdurende droogte. Daarbij wordt de arbeidspiek van beregenen verlaagd. Worden de arealen dusdanig groot dat een tweede haspel moet worden aangeschaft, kan deze uitgevoerd worden met beregeningsboom om water te besparen. Met de haspel met kanon kunnen percelen met bijvoorbeeld een geer beregend worden.

Bibliografie

- (sd). Opgehaald van Uienteelt.nl: <https://www.uienteelt.nl/home/uienteelt>
- Agrimatie. (2023, 04 18). *Prijontwikkeling consumptieaardappelen en uien*. Opgehaald van www.agrimatie.nl:
<https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2263&indicatorID=3155>
- Agrio. (2020, 08 2020). *Uien telen grote uitdaging in Zeeland*. Opgehaald van www.akkerwijzer.nl: <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/362360-uien-telen-grote-uitdaging-in-zeeland/>
- Bakker, K. (2018, 01 27). *Waar worden de meeste uien geteeld?* Opgehaald van www.boerenbusiness.nl:
<https://www.boerenbusiness.nl/akkerbouw/uien/artikel/10877347/waar-worden-de-meeste-uien-geteeld>
- Boerenbunder. (2023). *Grondsoort*. Opgehaald van www.boerenbunder.nl:
<https://boerenbunder.nl/report/51.47890,3.93130/soil>
- Braam, G. (2020, 07 17). *Bodensensor vergroot inzicht bij beregenen*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/533215>
- Burgt, E. v., & Verstand, D. (2021). *De kosten van irrigatiesystemen in beeld*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/555260>
- CBS. (2021). *Landbouw; bedrijven met verbredingsactiviteiten, hoofdbedrijfstype, regio*. Opgehaald van CBS:
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80807ned/table?ts=1663160283229>
- CBS. (2022). *Akkerbouwgewassen, productie naar regio*. Opgehaald van [www.opendata.cbs.nl](https://opendata.cbs.nl):
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7100oogs/table?dl=314A4>
- CBS. (2023, 01). *Akkerbouwgewassen; productie naar regio*. Opgehaald van [www.opendata.cbs.nl](https://opendata.cbs.nl):
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/7100oogs/table?ts=1680695193400>
- De Groot en Slot, & Bejo Zaden. (2016). *Ziekten en plagen in uien*. Opgehaald van www.degrootenslot.nl:
<https://www.degrootenslot.nl/sites/default/files/media/files/Ziekten%20en%20plagen%20in%20uien.pdf>
- Deltadrip. (2020, 12 31). *Efficiënter omgaan met water voor duurzame klimaatbestendige landbouw in Zeeland*. Opgehaald van www.deltaexpertise.nl:
https://www.deltaexpertise.nl/images/d/dd/Deltadrip_eindrapport.pdf
- Deltaexpertise. (2021). *Water besparen*. Opgehaald van www.deltaexpertise.nl:
https://www.deltaexpertise.nl/wiki/index.php/ZW_Water_besparen_VN
- Donkers, H. (2018, 12 01). *Zoet water in tijden van droogte*. Opgehaald van www.geografie.nl: <https://geografie.nl/artikel/zoet-water-in-tijden-van-droogte>
- Doorn, A. J. (2019, 07 11). *Waar moet je op letten bij beregening*. Opgehaald van www.boerenbusiness.nl: <https://www.boerenbusiness.nl/artikel/10883228/waar-moet-je-op-letten-bij-beregening>
- Drainagebedrijf Scaldis. (sd). *Diepdrainage*. Opgehaald van www.drainagescaldis.nl:
<https://www.drainagescaldis.nl/mogelijkheden-toepassingen/diepdrainage/>
- Enciso, J., Wiedenfeld, B., Jifon, J., & Nelson, S. (2008, 12 17). *Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies*. Opgehaald van

- www.sciencedirect.com:
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423808004548?casa_token=vJTnNswxF4IAAAAA:C8Zs3LNc40Eofe1rpwNdd-WlkCy-3GMMy37jXLEI5hiqR-kmcUN8cT27KJK6jRFeIDqOy04yiOlC
- Eurofins. (sd). *pF-curve*. Opgehaald van www.eurofins-agro.com: <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/pf-curve-vocht-bodem>
- Goedbodembeheer. (sd). *Water in de grond*. Opgehaald van www.goedbodembeheer.nl: <https://www.goedbodembeheer.nl/water-in-de-grond#:~:text=Bij%20meer%20organische%20stof%20en,klei%20is%20evenwel%20niet%20gunstig.&text=Water%20wordt%20in%20de%20grond,water%20de%20grond%20kan%20vasthouden>.
- Groeipartners. (sd). *Sclerotium cepivorum*. Opgehaald van www.groeipartners.nl: <http://www.groeipartners.nl/uien/ziekten-en-plagen-uien/witrot-sclerotium-cepivorum/#:~:text=Witrot%20is%20een%20van%20de,meeste%20schade%20in%20de%20uienteelt.&text=Bladeren%20worden%20geel%20en%20verwelken,de%20wortels%20en%20de%20bolbodem>.
- Groenkennisnet. (sd). *Plantenteelt-op-zilte-grond-is-toch-mogelijk*. Opgehaald van Groenkennisnet: <https://groenkennisnet.nl/nieuwsitem/plantenteelt-op-zilte-grond-is-toch-mogelijk-1>
- Heyboer, I. (2022, 09 16). *Kies een uienras dat past bij je grondsoort en teeltdoel*. Opgehaald van www.uiennieuws.nl: <https://www.uiennieuws.nl/article/9459481/kies-een-uienras-dat-past-bij-je-grondsoort-en-teeltdoel/>
- Hoenderken, J. (2013, 06). *Sproeiboom springt efficient met brandstof om*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/259925>
- Hoving, I., & Booij, J. (2021, 03 24). *Ontsluiting landbouwkennis bodemvochtmanagement*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/547790>
- investinzeeland. (sd). *Waarom Zeeland dé hotspot is voor agri&food*. Opgehaald van www.investinzeeland.com: <https://www.investinzeeland.com/nl/sterke-sectoren/agrifood/akkerbouw>
- Iplo.nl. (sd). *Verziltig - oorzaken, gevolgen en maatregelen*. Opgehaald van <https://iplo.nl/thema/water/beheer-watersysteem/verziltig-oorzaken-gevolgen-maatregelen/>
- Irridelta. (sd). *Geobas bodemvochtsensor*. Opgehaald van www.vlaming-irridelta.nl: <https://www.vlaming-irridelta.nl/geobas-bodemvochtsensor-0>
- Janmaat, L. (2021, 03). *Trips in uien*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/548981>
- JASP. (2023). Opgehaald van jasp.nl: <https://jasp-stats.org/>
- Kesselaar, H. (2023, 04 06). Interview over eerstejaars plantuien aan Huib Kesselaar. (W. v. Dijk, Interviewer)
- Kesselaar, L. (2023, 08 01). Contractprijzen. (W. v. Dijk, Interviewer)
- KNMI. (sd). *Maandsommen, neerslag, normalen, anomalieën*. Opgehaald van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd>
- Kumar, S., Imtiyaz, M., Kumar, A., & Singh, R. (2007, 04 16). *Response of onion (Allium cepa L.) to different levels of irrigation water*. Opgehaald van www.sciencedirect.com: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837740700025X?casa_t

- oken=Y7g-JeSZIzQAAAAA:mCg92W6gF7W86B_-
Ow01ultde7cxSo_gWdSc4htQg_c2QyYszMVSijDzSUvSUJHavlvY1Wm9aV4
LV Vlaanderen. (2023). *Irrigatie met haspels*. Opgehaald van www.lv.vlaanderen.be:
[https://lv.vlaanderen.be/voorlichting-
info/publicaties/praktijkgidsen/water/duurzaam-watergebruik-de-
openluchtgroenteteelt-12](https://lv.vlaanderen.be/voorlichting-info/publicaties/praktijkgidsen/water/duurzaam-watergebruik-de-openluchtgroenteteelt-12)
- Nooijer, S. d. (2021, 05 31). Opgehaald van www.koudekerke.info:
<http://www.koudekerke.info/0600-1200-b.php>
- PCgroenteteelt.be. (2022, 01 04). *Druppelirrigatie*. Opgehaald van
www.berekeningstool.pcgroenteteelt.be:
<https://berekeningstool.pcgroenteteelt.be/factsheets/factsheet%20druppelirrigatie>
- PPO. (2003). *Teelthandleiding zaaiuien*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl:
[https://edepot.wur.nl/119907#:~:text=Uien%20vormen%20praktisch%20alle%20wor-
tels,van%2018%20cm%20aanwezig%20is.](https://edepot.wur.nl/119907#:~:text=Uien%20vormen%20praktisch%20alle%20wortels,van%2018%20cm%20aanwezig%20is.)
- Provincie Zeeland. (2023). *Landbouw en visserij*. Opgehaald van www.zeeland.nl:
<https://www.zeeland.nl/economie/landbouw-en-visserij>
- Reubens, B., D'Haene, K., D'Hose, T., & Ruyschaert, G. (2010, 10). *Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie*. Opgehaald van www.vliz.be:
<https://www.vliz.be/imisdocs/publications/355877.pdf>
- Rovadi. (sd). *Briggs 4-wiel sproeibomen*. Opgehaald van www.rovadi.nl:
<https://www.rovadi.nl/product/briggs-4-wiel-sproeibomen/>
- Scheldestromen. (sd). *Zoet-zoutverdeling Zeeuwse ondergrond*. Opgehaald van
www.scheldestromen.nl: <https://scheldestromen.nl/zoetzout>
- Smith, R., Cahn, M., Cantwell, M., Koike, S., Natwick, E., & Takele, E. (2011). *Green onions production in California*. Opgehaald van www.books.google.nl:
[https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=sc-
HICKS7IoC&oi=fnd&pg=PP1&dq=uniform+irrigation+size+sorting+onion&ots=7U8Hio
58U-&sig=6xSC27N2CH43IXk8HLLoAYbGZ6M&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=sc-HICKS7IoC&oi=fnd&pg=PP1&dq=uniform+irrigation+size+sorting+onion&ots=7U8Hio58U-&sig=6xSC27N2CH43IXk8HLLoAYbGZ6M&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Soiltech. (sd). *Ui*. Opgehaald van www.soiltech.nl: <https://soiltech.nl/gewas/ui>
- Spruijt, J., & Russchen, H. (2015, 06). *Duurzaam elektrisch beregenen*. Opgehaald van
www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/348252>
- STOWA. (2023). *Beregening*. Opgehaald van www.stowa.nl:
<https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/beregening>
- Stuyt, L., Blom-Zandstra, M., & Kselik, R. (2016). *Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens*. Opgehaald van
www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/391931>
- Uireka. (2021). *Irrigatie in uien - Efficiënt omgaan met zoet water*. Opgehaald van
www.uireka.nl: [https://uireka.nl/wp-content/uploads/2022/01/rapport_2021-
07_irrigatie.pdf](https://uireka.nl/wp-content/uploads/2022/01/rapport_2021-07_irrigatie.pdf)
- Voort, M. v. (2019, 11). *Elektrisch beregenen*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl:
<https://edepot.wur.nl/508399>
- Vos, P. (2022, 04 26). *Uienareaal krimpt door concurrerende gewassen*. Opgehaald van
www.boerderij.nl: [https://www.boerderij.nl/uienareaal-krimpt-door-concurrerende-
gewassen#:~:text=%E2%80%9CIn%20sommige%20gevallen%20is%20de,Korstbreken
%20is%20vaak%20risicovol.](https://www.boerderij.nl/uienareaal-krimpt-door-concurrerende-gewassen#:~:text=%E2%80%9CIn%20sommige%20gevallen%20is%20de,Korstbreken%20is%20vaak%20risicovol.)
- Vries, M. d. (2023, 04 04). *Proef in uien met aanleg druppelirrigatie in dezelfde werkgang*.
Opgehaald van www.akkerbouwbedrijf.nl:

<https://www.akkerbouwbedrijf.nl/gewasbescherming/irrigatie/proef-in-uien-met-aanleg-druppelirrigatie-in-dezelfde-werkgang/>
Zeeuwse Ankers. (2023). *Het Zeeuwse polderlandschap*. Opgehaald van www.zeeuwseankers.nl: <https://www.zeeuwseankers.nl/verhaal/het-zeeuwse-polderlandschap>