

‘Toekomst bestendig beregeningsconcept in de teelt van uien.’

Afstudeerwerk

Piet-Jan van der Eijk

4 april 2021

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is geen officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.



Titel: 'Toekomst Bestendig Beregeningsconcept in Uien.'

Auteur: Piet-Jan van der Eijk
Hanzeweg 13
8251 PT Dronten

Telefoon: 06-81976505
E-mail: 3025939@aeres.nl

School: Aeres hogeschool
De Drieslag 4
8251 JZ Dronten

Afstudeerdocent: M. Klaassen
E-mail: m.klaassen@aeres.nl

Opleiding: Agrarisch ondernemerschap Tuin- & Akkerbouw
Minors: Gezonde gewassen & top adviseur
Klas: 4TAO

Datum: 4 april 2021

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerwerkstuk: 'Toekomst bestendig beregeningsconcept in de teelt van uien'. Dit afstudeerwerkstuk heb ik geschreven in het kader van mijn afstuderen voor de opleiding Agrarisch Ondernemerschap Tuin- & Akkerbouw aan de Aeres Hogeschool Dronten.

De onderzoeksvraag heeft betrekking op wat de mogelijkheden zijn van beregening in de toekomst omdat de laatste jaren beregening een hot item is geworden door de droge zomers. Als gevolg hiervan is de volgende onderzoeksvraag ontstaan: Welke beregeningsconcepten bestaan er op de markt en welke van deze beregeningsconcepten is toekomstbestendig?

Graag wil ik CAV Agrotheek bedanken voor het mogelijk maken van de afstudeerstage. Ook wil ik alle betrokken partijen bedanken die mij geholpen hebben aan de informatie die nodig was om dit vooronderzoek te schrijven. Ten slotte wil ik mijn afstudeerdocent, de heer Klaassen, bedanken voor de begeleiding.

Piet-Jan van der Eijk

Dronten, april 2021

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	5
Summary	6
Inleiding.....	7
Hoofdstuk 2 Materiaal en methode.....	13
2.1 Wat zijn de huidige berekeningconcepten en welk beregeningsconcept is toekomstbestendig?	13
2.1.1 Huidige berekeningconcepten:	13
2.1.2 Toekomstbestendige beregeningsconcept:	14
2.3 In hoeverre is het mogelijk om met het toekomstbestendige beregeningsconcept bemesting toe te dienen?	15
2.4 Hoe kun je het toekomstbestendige beregeningsconcept toepassen op locatie?	16
2.4.1 Van aanleg tot verwijdering van het beregeningsconcept.....	16
2.4.2 Protocol proefperceel uien 2021.....	17
Hoofdstuk 3 Resultaten.....	18
3.1 Wat zijn de huidige berekeningconcepten en welk beregeningsconcept is toekomstbestendig?	18
3.1.1 Huidige beregeningsconcepten	19
3.1.2 Toekomstbestendige beregeningsconcept	26
3.2 Welke overwegingen moeten er gemaakt worden om het toekomstbestendige berekeningconcept aan te leggen, waar is het toekomstbestendige beregeningsconcept uit opgebouwd en wat zijn de aandachtspunten?	29
3.3 Is het mogelijk om met het toekomstbestendige beregeningsconcept bemesting toe te dienen?	33
3.4 Hoe kun je het beste beregeningsconcept toepassen op locatie?	37
Waarnemingen	44
Discussie.....	50
Conclusie en aanbevelingen.....	52
Aanbevelingen	54
Bronnenlijst	55
Bijlage.....	59

Samenvatting

Extreme droge zomers zijn de afgelopen jaren vaak voorgekomen in Nederland. In de toekomst gaan droge zomers nog frequenter voorkomen. Nu komen droge zomers eens in de tien jaar voor, dit gaat veranderen naar eens in de zes jaar in 2050. Naar aanleiding van de droogte in 2018, 2019 en 2020 is het thema van dit afstudeerwerkstuk: een toekomstbestendig beregeningsconcept voor in de uienteelt.

Wereldwijd worden drie beregeningsconcepten gebruikt: voren beregening, sproeierberegening en druppelberegening. Voren beregening maakt gebruik van zwaartekracht. Sproeierberegening sproeit water dat onder druk staat de lucht in, wat vervolgens neerkomt op de grond. Sproeierberegening bestaat uit drie systemen: permanent, verplaatsbaar en zelfrijdend. Het laatste wereldwijd gebruikte beregeningsconcept is druppelberegening. Druppelberegening geeft water met lage snelheden en lage druk.

In Nederland wordt 95% tot 98% beregend met een zelfrijdend sproeisysteem, dit wordt een beregeningshaspel genoemd. Een beregeningshaspel wordt gebruikt vanwege de betrouwbaarheid, het gemak en de goede verdeling van water. Daarnaast wordt beregening gebruikt om gewassen te laten kiemen, hittestress te voorkomen en voor bedrijfszekerheid.

Om te kijken welk beregeningsconcept er toekomstbestendig is, wordt er eerste gekeken naar de waterefficiëntie. Uit de waterefficiëntie blijkt dat een zelfrijdend sproeisysteem en druppelberegening het meest efficiënt zijn. Vervolgens is er gekeken naar het watergebruik. Druppelberegening gebruikt 40m³ op een dag, waar een zelfrijdend sproeisysteem 40m³ per uur verbruikt.

Vervolgens zijn er beoordelingscriteria opgesteld om het zelfrijdende sproeisysteem en druppelberegening met elkaar te vergelijken. De volgende beoordelingscriteria zijn gebruikt: kans op slemp, windgevoeligheid, mechanische onkruidbestrijding en kans op ziekten en plagen. Druppelberegening scoorde op alle criteria goed, waardoor druppelberegening het meest toekomstbestendige beregeningsconcept is geworden.

Druppelberegening wordt druppelirrigatie genoemd. Druppelirrigatie geeft water in kleine porties aan de plant. Door deze porties kan er 30% tot 70% water bespaard worden en een opbrengstverhoging van minimaal 20% en maximaal 90% behaald worden ten opzichte van andere beregeningsconcepten. Met druppelirrigatie is het ook mogelijk om meststoffen toe te dienen. Dit wordt fertigatie genoemd. Bij fertigatie is een opname van 90% aan meststoffen haalbaar met een besparing van meststoffen tussen de 40% en 60%.

Het afstudeerwerkstuk wordt afgesloten met een proefperceel te voorzien van druppelirrigatie. Hierdoor wordt de theorie vertaald naar de praktijk.

Summary

In recent years, extreme dry summers have been common. Dry summers will become even more frequent in the future. Now, dry summers occur once every ten years, this will change to once every six years in 2050. Following the drought in 2018, 2019 and 2020, the theme of this graduation project is: a futureproof irrigation concept for onion cultivation. The current method of irrigation is an intensive activity and onion growers doubt whether this is the solution for the future.

Three irrigation concepts are used worldwide: front irrigation, sprinkler irrigation and drip irrigation. Furrow irrigation uses gravity. Sprinkler irrigation sprays water that is under pressure into the air, which then falls to the ground. Sprinkler irrigation consists of three systems: permanent, portable, and self-propelled. The last worldwide used irrigation concept is drip irrigation. Drip irrigation provides water at low speed and at low pressure.

In the Netherlands, 95% to 98% is irrigated with a self-propelled sprinkler system. A sprinkler reel is used for its reliability, convenience, and good distribution of water. In addition, irrigation is used in the Netherlands to germinate crops, prevent heat stress and for operational reliability.

To see which irrigation concept is futureproof, water efficiency is first looked at. The water efficiency shows that a self-propelled sprinkler system and drip irrigation are the most efficient. Subsequently, the water consumption was examined. Drip irrigation uses 40m³ on a day, while a self-propelled sprinkler system uses 40 m3 per hour.

Subsequently, evaluation criteria were drawn up to compare the self-propelled sprinkler system and drip irrigation. The evaluation criteria used were risk of mud, wind sensitivity, mechanical weed control and risk of diseases and pests. Drip irrigation scored well on all criteria, making drip irrigation the most future proof irrigation concept. Drip irrigation provides water to the plant in small portions. Thanks to these portions, 30% to 70% water can be saved and a yield increase of at least 20% and a maximum of 90% can be achieved. With drip irrigation, it is also possible to apply fertilizers. This is called fertigation. With fertigation, an uptake of 90% of fertilizers is feasible with a saving of fertilizers between 40% and 60\$.

The graduation paper is concluded with a test plot to be provided with drip irrigation. This puts the theory into practice.

Inleiding

De agrarische sector heeft de afgelopen drie jaar veel te maken gehad met extreem droge zomers. Extreme zomers kunnen leiden tot flinke opbrengstverliezen in de uienteelt. Zo leidde de droogte in 2018 tot een zeer lage opbrengst van 35 ton per hectare, dit is 16 ton per hectare lager dan de gemiddelde oogst in de periode 2013-2017 (Van Leeuwen, 2020). Deze verminderde oogst zorgt voor een financiële opbrengstvermindering voor de teler. Het effect van droogte kan verminderd worden door irrigatie toe te passen.

Naar aanleiding van de droogte in 2018, 2019 en 2020 (KNMI, 2019), is het thema van deze afstudeeropdracht: 'een toekomstig bestendig beregeningsconcept voor in de uienteelt'. Bijvoorbeeld in 2018 gebruikte de akkerbouw vier keer zoveel oppervlakte- en grondwater als in 2017 (Vermaas, 2020).

Doordat uientelers meer zijn gaan irrigeren, is de markt van beregeningsapparatuur flink aan het groeien. Irrigieren is voor uientelers een verzekeringspremie geworden omdat het zorgt voor een opbrengst. Naast de droogte speelt ook de toenemende groei van bevolking tot 2050 een grote rol. Op dit moment komt de wereldwijde productie van uien op 90 miljoen ton, met een vraag van 7,8 miljard mensen (Bakker, 2020). De wereldbevolking gaat de komende jaren flink stijgen en gaat in 2050 uitkomen op 10 miljard mensen (Bakker, 2020). Deze 10 miljard mensen eten ongeveer 15 kilo uien per persoon, dit betekent 150 miljoen ton uien in totaal per jaar aldus Bakker (2020). Dit is een toename van 60%, omdat er meer mensen uien gaan eten en omdat er ook meer uien gegeten worden per persoon. De marktpotentie is groot en dit vraagt om een weerbaar teeltsysteem voor in de toekomst. Hierin speelt irrigatie een belangrijke rol.

Beregening van uien kan op verschillende manieren en door verschillende machines worden uitgevoerd. Het doel van deze afstudeeropdracht is om te kijken op welke manier uien het meest efficiënt kunnen worden voorzien van water. Met efficiëntie wordt bedoeld in de zin van waterefficiëntie. Voor de teler is watervoorziening belangrijk, omdat dit het middel is om oogsten veilig te stellen in droge jaren. Een tekort aan water bij uien kan leiden tot stress. Deze stress is funest voor een goede uienopbrengst.

De uien(sector) in Nederland

Nederland is relatief gezien een kleine producent van uien, maar behoort tot de grootste uienexporteurs van de wereld (Bruns & Van de Brink, 2014). In de Nederlandse uienketen spelen drie schakels een belangrijke rol: akkerbouwers (uientelers), handelaren (verwerkers en groothandel) en supermarkten. De uientelers zorgen voor de productie van uien en slaan de uien op. De handel bundelt alle uien en zorgt voor verpakking en distributie. De supermarkt verkoopt uiteindelijk het uienproduct aan de consument. Het aantal uientelers in Nederland was in 2019 3.816 bedrijven met een totaal areaal van 36.439 hectare (WUR, 2020). Het aantal bedrijven wisselt jaarlijks, omdat er boeren stoppen of omdat boeren juist met de teelt van uien beginnen. Jaarlijks wordt een gemiddelde opbrengst behaald van 59,9 ton per hectare (AGF, 2020).

Ongeveer negentig procent van de uien uit Nederland wordt geëxporteerd naar het buitenland. De grootste uienprovincie van het land is Flevoland. Dat Flevoland de grootste uienprovincie is, komt door de gunstige bedrijfsstructuur, geschikte grond en de grote opslagcapaciteit om uien te kunnen bewaren (Vogelzang, 2016). Uien staan bekend om de zeer sterke prijsfluctuaties, meestal bestaat een cyclus uit drie of vier jaar. Eén jaar daarvan is zeer goed, twee jaar zijn gemiddeld en één jaar is slecht. Gemiddeld gezien levert de ui een zeer goed saldo op in Flevoland volgens Vogelzang (2016). In Flevoland worden vooral zaaiuien verbouwd.

Een ui is een tweejarige plant. De zaaiui is een gewas van 155 dagen. In deze 155 zijn vier fasen: 15 dagen ontkiemingsfase, 35 dagen ontwikkelingsfase, 70 dagen bolvorming en 35 dagen volwassen bolvorming (Schaap, 2009).

In het eerste jaar van de ui wordt een bol gevormd. Het tweede jaar staat in het teken van de bloei. De teelt van zaaiuien in Nederland bestaat alleen uit het eerste jaar en de ui wordt geteeld voor de consumptie. Volgens Schaap (2009) zijn bij de bolvorming twee factoren belangrijk, namelijk daglengte en temperatuur. Wanneer de bolvorming vordert, wordt de hals van de ui zwakker en gaat het loof op de grond liggen. Na de complete bolvorming gaat de ui in rust.



Afbeelding 1 Verspreidingsgebied zaaiui in noordelijke provincies (Alterra, 2009).

Aanleiding voor toenemende irrigatie

De laatste jaren is goed merkbaar dat het klimaat verandert. De extreme voorjaarsbuien en grote droogte waren goed zichtbaar in de hoogte van prijzen. De prijzen van producten liepen flink op, maar compenseerde het oogstverlies niet.

In afbeelding 2 en afbeelding 3 zijn enkele voorkomende klimaatfactoren overzichtelijk weergegeven. Klimaatfactoren zijn bijvoorbeeld langdurige droogte, ware buien of warm en vochtig weer. Zo is te zien in afbeelding 2 dat langdurig droge zomers niet of nauwelijks voorkomen in de periode 1976-2005.

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Langdurig droog (lente)		1	0	2		1	3					
Langdurig droog (zomer)												
Bodem staat blank; enkele weken									1	0		
Zware buien						0	0	1				
Warm en vochtig						0	0	1				

Afbeelding 2 Frequentie van het voorkomen van klimaatfactoren in Eelde, gemeten door het KNMI in de periode 1976-2005 (KNMI, 2009).

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Langdurig droog (lente)		0	0	0	0	+1	+1					
Langdurig droog (zomer)						+1	+2	+4	+5			
Bodem staat blank; enkele weken										0	-1	0
Zware buien							0	0	+1	+1		
Warm en vochtig						+4	+5	+4	+6	+5	+6	

Afbeelding 3 Verandering in de frequentie van het voorkomen van klimaatfactoren in Eelde, zoals berekend door het KNMI voor de periode 2026-2055 voor respectievelijk de G+ en W+ scenario's (KNMI, 2009).

In afbeelding 2 is de periode te zien van 1976 tot en met 2005. Daarnaast is ook de periode 2026 tot en met 2055 te zien in afbeelding 3. Deze twee figuren geven het verschil aan in voorkomen van verschillende klimaatfactoren tussen het verleden en de toekomst. Zo is het meest opvallende tussen de huidige en de situatie in 2050 dat de kans toeneemt op droge perioden in juli. In de huidige situatie komt een droge julimaand eens in de tien jaar voor. In 2050 gaat dit veranderen en toenemen naar eens in de zes jaar. Hierbij hoort een oogstreductie voor uien van 30% door de droogte volgens Schaap (2009). Afgelopen drie jaren zijn de zomers extreem droog geweest (KNMI, 2019). In 2050 gaan deze droge zomers eens per vijf tot zeven jaar voorkomen en veroorzaakt dit een oogstreductie van 50%. De trend die tot in 2050 is te zien, gaat ook door naar 2100. Zo komen droge julimaanden eens per twee jaar voor en de droge zomers komen eens per vier jaar voor, aldus Schaap (2009).

Kort samengevat gaat er veel veranderen voor de agrarische sector. Zomers worden droger en warmer. De Nederlandse agrarische sector moet het watersysteem en het watergebruik aanpassen om deze extremen kans op droogte het hoofd te bieden.

Huidige vochtvoorziening uienplant

Bij de vochtvoorziening voor planten heeft de bodem een belangrijke functie. Zo zorgt de bodem voor aanvoer van water en transport van voedingsstoffen (Dekkers, 2000). De bodem bestaat uit een opbouw van verschillende lagen. Het bodemprofiel bepaalt de bewortelingsdiepte voor een plant en het bufferende vermogen van vocht. Het bufferende vermogen van vocht heeft verschillende effecten op een uienplant. Zo zorgt vocht voor groei en daarmee voor opbrengst met een goede kwaliteit. De bodem is dus een buffer voor water, maar deze buffer hangt wel af van de grondsoort volgens een onderzoek van Dekkers (2000). Kleigronden houden gemakkelijk vocht vast, maar dit geldt niet voor zandgronden. Ook is het organische stofgehalte een belangrijke indicator voor het bufferend vermogen van vocht.

De grond kan verzadigd zijn, dit betekent dat het vocht makkelijk uit de grond geperst kan worden. Dit uitpersen van vocht kost kracht uit onderzoek van Dekkers (2000). De kracht waarmee het water aan de grond wordt gebonden, is de zuigkracht. Binding tussen grond en water is afhankelijk van het aanwezige vochtgehalte. Dit vochtgehalte wordt weergegeven in een pF-curve. Bij een pF waarde van 2, trekt alleen de zwaartekracht aan het water aldus Dekkers (2000). Op kleigrond is dan 50% van de poriën met vocht gevuld. Voor de plant is de beschikbaarheid van vocht belangrijk.

Alle planten kunnen het makkelijkste vocht onttrekken tussen de pF waarde van 2 en 4,2 volgens Dekkers (2000). Een pF waarde van 4,2 is het verwelkingspunt en hierdoor is er groeiverstoring. Bij een pF waarde van 2 is het vocht makkelijk opneembaar en bij 4,2 dus moeilijk opneembaar. Wel kan een plant bij een pF waarde van 4,2 net voldoende vocht onttrekken om een droge periode te overleven. Dit kost wel extra veel energie en kan alleen op kleigronden. Dat dit beter lukt op de kleigrond komt doordat de hoeveelheid vocht die een grond kan binden hoger is dan bijvoorbeeld op zandgrond (Dekkers, 2000).

Het vochthoudend vermogen van een akker kan worden verbeterd door een hoger organisch stofgehalte te creëren. In een proef met verschillende organische stofniveaus in Lelystad is verdeeld over zeven jaar 300 ton organische stof per hectare aangevoerd (Dekkers, 2000; Kok & Alblas, 1996). Hierdoor is het percentage organische stof met 4% gestegen. Door deze verhoging van organische stof kan de plant negen dagen langer vocht onttrekken voordat het bij het verwelkingspunt is (Dekkers, 2000; Kok & Alblas, 1996).

Reactie van uienplant op droogte

Wanneer er vochttekort ontstaat bij de ui, sluiten de huidmondjes. Huidmondjes zijn een soort van hydraulisch aangedreven kleppen volgens Schamp (2012). De kleppen openen omdat de sluitcellen water opnemen en afstaan door middel van osmose. Een vloeistof met een hogere concentratie aan opgeloste stoffen kan water onttrekken door het membraan heen, aldus Schamp (2012). Een sluitcel moet dus bestaan uit een hoge concentratie opgeloste stoffen om water aan te kunnen trekken. Deze opgeloste stoffen die de sluitcel gebruikt om water aan te trekken, zijn kalium en suikers. Schamp (2012) geeft aan dat sluitcellen speciale kanalen hebben, waardoor kalium onttrokken kan worden uit naburige cellen. Via andere kanalen kan het kalium weer de cel uit. Osmose gaat sneller dan het proces van de opgeloste stoffen, hier kan de plant sneller huidmondjes openen dan sluiten, aldus Schamp (2012).

Na het snel sluiten van de huidmondjes, kan een ui flink lijden onder een lange periode van droogte. Zo geeft Dekkers (2000) aan dat het blad gaat hangen, opkrullen en kan uitdrogen. Daarnaast kan een uienplant sneller gaan afrijpen wat veel opbrengst kan kosten. Wanneer de plant hierna weer vocht krijgt, zet de bol van de ui uit en kan de bol gaan scheuren. Deze scheuren worden groeischeuren genoemd in uien, aldus Dekkers (2000). Ook zegt Dekkers (2000) dat droogte zorgt voor een dikkere waslaag op uien, hier moet een uienteler rekening mee houden bij een bespuiting, omdat uien dan moeilijker gewasbeschermingsmiddelen opnemen.

Naast de bovengrondse effecten van droogte, kan ook door de droogte de wortel-spruitverhouding veranderen volgens Dekkers (2000). Een plant krijgt meer diepgaande wortels onder droge omstandigheden dan bij vochtige omstandigheden. Door het grotere aantal wortels stopt de bovengrondse groei, omdat door de droge omstandigheden de wortelgroei op zoek naar vocht voorkeur krijgt.

De inhoudstoffen van de plant veranderen flink onder droge omstandigheden, zo wordt er meer suiker geproduceerd dan vocht. Hierdoor kan de smaak van een ui bitter worden. Voldoende vocht voor een plant is dus essentieel voor de groei en ontwikkeling, aldus Dekkers (2000)

Vochttekorten wegnemen

Een vochttekort kan worden opgelost door te starten met beregenen. Beregenen is het toevoeren van water in plaats van of in aanvulling op de natuurlijke regenval (Wikipedia, 2020). Er kan beregend worden met leidingwater, grondwater, oppervlaktewater en water dat is opgevangen in een bassin. Beregenen gebeurt door een sproeier of waterkanon, aldus Wikipedia (2020). Deze sproeier of dit kanon bevindt zich aan vaststaande beregeningsinstallaties of bewegende beregeningsinstallatie.

Het beregenen van uien kan in verschillende groeistadia voorkomen. In een droog voorjaar wordt beregening gebruikt om het zaadje te laten kiemen, dit wordt beregenen voor opkomst genoemd. Beregenen kan ook plaats vinden na opkomst. Dan is de ui gekiemd en verder ontwikkeld en wordt beregening ingezet om de ui zich verder in blad en bol te laten ontwikkelen.

Waarom is berekening essentieel in de landbouw?

Massop et al. (2013) benoemen de economische waarde en de beschikbare vochtvoorraad als belangrijkste reden om te gaan beregenen. De vochtvoorraad is naast neerslag ook afhankelijk van de al beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone en de capillaire werking van de bodem. Deze vochtvoorraad hangt samen met de vochthuishouding. Deze vochthuishouding is van grote invloed op de gewaskwaliteit en tevens ook op de gewas opbrengst. Gedurende het groeiseizoen wordt de noodzaak voor berekening duidelijk door neerslagtekorten (Massop et al., 2013). Een groeiseizoen loopt van april tot en met september. Neerslagtekorten worden berekend door de neerslag min de verdamping. Zelf verdampen gewassen ook zelf vocht, deze verdamping hangt af van het groeistadium van een plant.

Dekkers (2000) geeft aan dat een plant kan sterven door bladverdroging en door het afsterven van het blad wegens droogte. Daarnaast verandert de concentratie aan inhoudsstoffen door de droogte van planten volgens Dekkers (2000). Bij de uien heeft dit invloed op het gehalte aan vitamine en op de smaak. Het bepalen van het juiste moment van beregenen is een inschatting door de teler. Ook de hoeveelheid van de watergift wordt bepaald op basis van kennis en ervaring van de teler.

Bemesting

Naast dat een plant over voldoende vocht moet beschikken om te kunnen groeien, is bemesting ook essentieel voor de plantengroei. Door de stijgende vraag naar uien, is er druk ontstaan op het efficiënt gebruiken van meststoffen. Meststoffen worden schaarser en moeten efficiënter gebruikt gaan worden in de toekomst (Helvoirt, 2010). Daarnaast speelt ook de bescherming van de bodem een belangrijke rol bij het efficiënter gebruik maken van meststoffen. Bij de huidige manier van bemesting is er een verlies van meststoffen door uitspoeling. Deze meststoffen worden niet door de plant opgenomen, maar komen in de bodem terecht. Vanuit de bodem komt deze meststof vervolgens in het oppervlaktewater terecht, wat slecht is voor het milieu (Yoldas et al., 2020). Daarnaast geeft Yoldas et al. (2020) aan dat het ook slecht is voor de portemonnee van de agrariër, omdat de meststof niet optimaal benut wordt door de plant.

Bemesting vindt bij een ui plaats door middel van kunstmest. Deze kunstmestkorrels moeten opgelost worden door de regen, zodat de uienplant het kan opnemen. Door de afgelopen droge zomers, viel er onvoldoende neerslag, waardoor de kunstmest minder goed oplost kon worden. Wanneer de kunstmest niet voldoende oplost, kan de plant het dus niet opnemen. Voldoende vocht is essentieel voor het oplossen van kunstmest.

Doel van besparing van water en bemesting

In de toekomst is het belangrijk om het gebruik van water te minimaliseren in de geïrrigeerde landbouw. Om deze minimalisatie te laten plaats vinden, moet er overgeschakeld worden naar een duurzamere manier van watergebruik. Dit kan bereikt worden door zuinigere irrigatiesystemen, passende irrigatieschema's en door droogtetolerante gewassen te telen (Barua, Kumar & Singh, 2018). In dit afstudeerwerkstuk wordt onderzocht welke zuinigere irrigatiesystemen er zijn om in de toekomst ook de uien van voldoende vocht te kunnen voorzien. Naast dat de waterefficiëntie belangrijk is, moet ook het waterverbruik aanzienlijk worden teruggedrongen.

Voor telers zijn er nog meer belangrijke beoordelingscriteria voor het toekomstbestendige beregeningsconcept, deze criteria zijn minder kans op verslemping, een beregeningsconcept dat niet windgevoelig is en waarbij mechanische onkruidbestrijding mogelijk is. Ook is het belangrijk dat er geen aangenaam klimaat gecreëerd wordt voor ziekten en plagen. Verder op in de tekst worden deze beoordelingscriteria verder toegelicht.

Onderzoeksvraag

Uit het voorafgaande blijkt dat de komende jaren de kans op droge periode verschuift van eens in de tien jaar naar eens in de zes jaar. De droge periode zorgt voor een oogstreductie van 30% en heeft dus invloed op het inkomen van de uienteler. Droogte zorgt bij de ui voor een snellere afrijping en flinke toename van ondergrondse groei in plaats van bovengrondse groei.

Doordat het aantal droge zomers frequenter voor gaat komen, is de uiensector op zoek naar een beregeningsconcept dat efficiënt met water omgaat, het waterverbruik aanzienlijk vermindert, minder kans geeft op verslemping, niet windgevoelig is, mechanische onkruidbestrijding toelaat en geen aangenaam klimaat creëert voor ziekten en plagen. In de huidige literatuur is er onderzoek gedaan naar verschillende beregeningsconcepten wereldwijd, maar er is nog geen onderzoek gedaan naar toekomstbestendige beregeningsconcepten voor in Nederland. Is nog niet onderzocht Daarom is de volgende onderzoeksvraag opgesteld om dit te onderzoeken:

‘Hoe ziet een goed ontwikkeld beregeningsconcept eruit voor in de toekomst in de uienteelt?’

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden, zijn enkele deelvragen nodig die helpen bij het zoeken naar het ideale beregeningsconcept. De eerste deelvraag gaat over de huidige manier van beregenen. Om deze vraag te beantwoorden wordt er gekeken naar welke systemen er worden gebruikt en of deze ook toekomstbestendig zijn.

De eerste deelvraag luidt als volgt:

- Wat zijn de huidige beregeningsconcepten en welk beregeningsconcept is toekomstbestendig?

Na het onderzoeken en beoordelen op de beoordelingscriteria, is één van de huidige beregeningsconcepten het meest toekomstbestendig. Dit toekomstbestendige beregeningssysteem wordt vervolgens onderzocht op de werking. De tweede deelvraag luidt als volgt:

- Welke overwegingen moeten er gemaakt worden om het toekomstbestendige beregeningsconcept aan te leggen, waar is het toekomstbestendige beregeningsconcept uit opgebouwd en wat zijn de aandachtspunten?

Als het toekomstbestendige concept voor beregenen is uitgewerkt in de huidige manier van telen, moet ook gekeken worden of de ui bemest kan worden door middel van dit concept. En of dit bemesten ook plaatsspecifiek kan plaatsvinden. De deelvraag die de bemesting onderzoekt luidt als volgt:

- In hoeverre is het mogelijk om met het toekomstbestendige beregeningsconcept bemesting toe te dienen?

Wanneer het antwoord gevonden is op de bovenstaande twee deelvragen, is het ook goed om naar de praktijk te kijken. Op een perceel wordt het toekomstbestendige beregeningsconcept uitgedacht en klaar gemaakt om aan te leggen. Om te onderzoeken wat hierbij komt kijken, moet de volgende deelvraag worden beantwoord:

- Hoe kun je het toekomstbestendige beregeningsconcept toepassen op locatie?

Door het onderzoeken van het beste beregeningsconcept en klaar te maken voor de praktijk kan de onderzoeksvraag beantwoord worden.

Hoofdstuk 2 Materiaal en methode

In het hoofdstuk materiaal en methode is beschreven hoe de deelvragen beantwoord zijn. Bijna alle deelvragen zijn apart beschreven en beantwoord door middel van literatuuronderzoek. De gebruikte literatuur was afkomstig van internet en zijn peer-reviewed, om de betrouwbaarheid en validiteit te kunnen waarborgen. Door het gebruik van artikelen kunnen verschillende literatuurstudies en proeven met elkaar vergeleken dankzij de hoge betrouwbaarheid.

2.1 Wat zijn de huidige beregeningsconcepten en welk beregeningsconcept is toekomstbestendig?

Om deze vraag te beantwoorden, werd de deelvraag in twee delen opgesplitst, namelijk wat zijn de huidige beregeningsconcepten en wat is hiervan het meest toekomstbestendige beregeningsconcept. De variabele van deze vraag was beregeningsconcept. Om de deelvragen te beantwoorden werd een onderzoek uitgevoerd in de huidige literatuur. Belangrijke zoektermen waren: *current irrigation*, *future proof irrigation*, *water efficiency* en *irrigation methods Netherlands*.

2.1.1 Huidige beregeningsconcepten:

Benodigde artikelen:

- 1. *Methods and technologies to improve efficiency of water use* (Evans & Sadler, 2008)
- 2. *Soil management and conservation: Irrigation: Methods* (Bjorneberg, 2013)
- 3. *Elektrisch beregenen* (Van der Voort, 2019)
- 4. *Performance Evaluation of Hose-Reel Sprinkler Irrigation System* (Hashim et al., 2016)

Beregening is wereldwijd een veel gebruikte techniek om droogte te bestrijden. De laatste jaren is in Nederland beregening vaak voorgekomen. Doordat er wereldwijd veel wordt beregend, zijn er ook veel ervaringen met verschillende methoden. In Nederland is hier minder ervaring mee. In de literatuur van *Methods and technologies to improve efficiency of water use* (Evans & Sadler, 2008) werd omschreven hoeveel hectare er jaarlijks wereldwijd werd beregend. Om erachter te komen welke beregeningsconcepten hierbij werden gebruikt, is de literatuurstudie van *Soil management and conservation: Irrigation: Methods* (Bjorneberg, 2013) nodig. Hierin stonden drie beregeningsconcepten die wereldwijd zijn gebruikt en werd ook duidelijk toegelicht hoe deze beregeningsconcepten werkten. Deze literatuurstudie werd afgesloten met een overzichtelijke tabel met de voor- en nadelen van vijf beregeningsconcepten.

Nadat de beregeningsconcepten over de hele wereld waren besproken en toegelicht, was het ook belangrijk om te kijken naar de beregeningsconcepten in Nederland. Hierover werd in het rapport van *Elektrisch beregenen* (Van der Voort, 2019) onderzoek naar gedaan. Uit dit onderzoek kwam het meest gebruikte beregeningsconcept volgens onderzoekers naar voren en welke beregeningsconcepten nog meer werden gebruikt in Nederland. Het hoofdstuk werd afgesloten met het meest gebruikte beregeningsconcept van Nederland nog specifiekere toe te lichten, deze werd in *Performance Evaluation of Hose-Reel Sprinkler Irrigation System* (Hashim et al., 2016) besproken en toegelicht.

2.1.2 Toekomstbestendige beregeningsconcept:

Benodigde artikelen:

- 1. *Klimaat en landbouw: risico's en kansen* (Van Meeteren & Korevaar, 2010)
- 2. *Soil management and conservation: Irrigation: Methods* (Bjorneberg, 2013)
- 3. *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019)

Belangrijke zoektermen waren: *irrigation systems worldwide*, *irrigation water efficiency* en *future proof irrigation systems*.

Wanneer de literatuurstudie naar de huidige beregeningsconcepten was afgerond, was het belangrijk om te kijken naar een toekomstbestendig beregeningsconcept. Hiervoor werd een vergelijking gemaakt in de beregeningsefficiëntie. Beregeningsefficiëntie zegt iets over het rendement van het gebruikte water. In het rapport *Klimaat en landbouw: risico's en kansen* (Van Meeteren & Korevaar, 2010) stond de efficiëntie van het meest gebruikte beregeningsconcept van Nederland, dit was één van de drie wereldwijd meest gebruikte beregeningsconcepten. De waterefficiëntie van de andere twee beregeningsconcepten kwam uit de studie *Soil management and conservation: Irrigation: Methods* (Bjorneberg, 2013).

De uitkomst van de waterefficiëntie leidt ertoe dat er één beregeningsconcept het meest efficiënt was met water. Het meeste efficiënte beregeningsconcept werd nogmaals omschreven en waarom dit systeem toekomstbestendig was. De informatie voor het omschrijven van het toekomstige beregeningsconcept kwam uit de studie *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019). In deze studie werd de waterbesparing, mogelijke opbrengstverhoging en bijkomende voordelen van het beregeningsconcept omschreven.

Om achter het antwoord te komen van deelvraag één, werd alleen gebruik gemaakt van literatuurstudies.

2.2 Welke overwegingen moeten er gemaakt worden om het toekomstbestendige beregeningsconcept aan te leggen, waar is het toekomstbestendige beregeningsconcept uit opgebouwd en wat zijn de bijbehorende aandachtspunten?

Wanneer de vraag van het toekomstbestendige beregeningsconcept was beantwoord, kon verdergegaan worden met het beantwoorden van de volgende deelvraag.

Benodigde artikelen:

- 1. *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000)
- 2. *Importance of Drip irrigation System Installation and Management* (Arshad, I. 2020)

An Overview of Drip Irrigation (Carter & Howell, 2000) werd allereerst gebruikt om de deelvraag te beantwoorden. In deze literatuurstudie werd het ontstaan onderzocht van het toekomstige beregeningsconcept. De teler moet belangrijke overwegingen maken om het toekomstbestendige beregeningsconcept aan te leggen, welke overwegingen dit zijn, werd omschreven in de literatuurstudie *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000). Nadat de overwegingen voor de teler waren benoemd, werd toegelicht waaruit het beregeningsconcept is opgebouwd.

Het beregeningsconcept bestond uit vele componenten, welke componenten dit waren werd behandeld in *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000). Nadat alle componenten waren behandeld, werd het hoofdstuk afgesloten met aandachtspunten bij het gebruik. Deze aandachtspunten kwamen uit de literatuurstudie *Importance of Drip irrigation System Installation and Management* (Arshad, 2020).

2.3 In hoeverre is het mogelijk om met het toekomstbestendige beregeningsconcept bemesting toe te dienen?

Bemesting is belangrijk om de plant optimaal te laten groeien. Bij het toekomstbestendige beregeningsconcept was het mogelijk om bemesting mee te geven. Hoe dit werkt en welke systemen hiervoor waren, werd onderzocht door middel van een literatuuronderzoek.

Benodigde artikelen:

- 1. *Evaluation of Drip Fertigation Uniformity Affected by Injector Type, Pressure Difference and Lateral Layout* (Fan et al., 2017)
- 2. *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019)
- 3. *Citrus fertigation – a technology of water and fertilizers saving* (Shirgure, 2013)
- 4. *Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion* (YOLDAS et al., jaartal)
- 5. *Fertigation technology for enhancing nutrient use and productivity: an overview* (Sandal & Kapoor, 2015)
- 6. *Onion Planting* (Martin Anderson)
- 7. *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019)

Belangrijke zoektermen waren: *fertigation systems onions, fertilizers onions, efficiency fertilizers, en fertilization schedule.*

Bemesting meegegeven tijdens het beregenen was nog zeer onbekend bij uientelers. Om te kijken welke mogelijkheden hiervoor waren, was de literatuur van *Evaluation of Drip Fertigation Uniformity Affected by Injector Type, Pressure Difference and Lateral Layout* (Fan et al., 2017) nodig. In dit literatuuronderzoek werd de naam en de methode beschreven van het toedienen van meststoffen. Nadat de naam van het bemestingsstelsel bekend was geworden, werden enkele voordelen en aandachtspunten het stelsel benoemd. Deze informatie kwam uit de literatuur *Evaluation of Drip Fertigation Uniformity Affected by Injector Type, Pressure Difference and Lateral Layout* en *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019). Ook was het belangrijk om te weten welke basismeststoffen meegegeven kunnen worden met het bemestingsstelsel. Deze meststoffen werden beschreven in de literatuurstudie van *Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion* (YOLDAS et al.) Eén van de basisstoffen bestond uit verschillende varianten, deze varianten werden beschreven in *Citrus fertigation – a technology of water and fertilizers saving* (Shirgure, 2013). Bij het toedienen van meststoffen, was het belangrijk om te weten wanneer er gestart kon worden met het toedienen van meststoffen, hiervoor was de literatuurstudie van *Onion Planting* (Anderson, Z.d) nodig.

De deelvraag werd afgesloten met de efficiëntie van het bemestingsstelsel van de drie basismeststoffen en deze kwamen uit de literatuurstudie *Fertigation technology for enhancing nutrient use and productivity: an overview* (Sandal, S. K., & Kapoor, 2015). In de laatstgenoemde literatuurstudie werd ook gekeken naar de opneembaarheid van meststoffen, besparing en de voor- en nadelen van het bemestingsstelsel. De voor- en nadelen werden afgesloten met een praktijkvoorbeeld voor het bemestingsstelsel in de uien. Om erachter te komen hoe dit bemestingsstelsel werkte, was de literatuurstudie van *Citrus fertigation – a technology of water and fertilizers saving* (Shirgure, 2013) nodig. In deze literatuurstudie werden drie verschillende manieren van het bemestingsstelsel omschreven. Naast de werking van de drie verschillende manieren van toedienen, werden ook de voor en nadelen genoemd. Het hoofdstuk werd afgesloten met enkele basisregels die ook uit de studie *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019) kwamen.

2.4 Hoe kun je het toekomstbestendige beregeningsconcept toepassen op locatie?

Deelvraag vier is het hoofdstuk waarbij het beregeningsconcept van de theorie naar de praktijk werd vertaald. Dit gebeurde door middel van het opstellen van een protocol voor het beregeningsconcept, om toegepast te kunnen worden op een perceel zaaiuien in Flevoland. Voordat het protocol werd omschreven, werd eerst het proces van aanleg tot weghalen van het beregeningsconcept beschreven. Hierna volgde het protocol. De deelvraag werd in twee delen opgesplitst, namelijk omschrijving beregeningsconcept en protocol.

2.4.1 Van aanleg tot verwijdering van het beregeningsconcept.

Benodigde artikelen:

- 1. *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000)
- 2. *An implement to install and retrieve surface drip irrigation laterals. Applied engineering in agriculture*, (Zhu, Butts, Lamb, & Blankenship, 2004)
- 3. *Installing a Subsurface Drip Irrigation System for Row Crops*, (Enciso, 2004)
- 4. *Maintenance of Drip Irrigation System* (Manda, 2019)

Belangrijke zoektermen: *components drip irrigation system, start moment irrigation, sensors irrigation, installing and retrieve irrigation system en maintenance.*

Voordat het beregeningsconcept aangeschaft kon worden, moesten er belangrijke beslissingen genomen worden. Deze beslissingen worden beschreven in *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000). Ook werd in deze literatuurstudie de beslissingen omtrent het aanleggen van het beregeningsconcept beschreven. Wanneer de beslissingen waren genomen om het beregeningsconcept aan te schaffen en aan te leggen, kon gestart worden met het aanleggen. Het aanleggen bestond uit verschillende stappen die moesten worden genomen. Daarnaast werd ook een machine besproken om deze verschillende stappen uit te voeren. De stappen en bijbehorende machine werden omschreven in de literatuurstudie *An implement to install and retrieve surface drip irrigation laterals. Applied engineering in agriculture*, (Zhu, Butts, C. L., Lamb, M. C., & Blankenship (2004). Na het aanleggen moest het beregeningsconcept worden aangesloten. Dit aansluiten werd omschreven in de literatuurstudie *Installing a Subsurface Drip Irrigation System for Row Crops*, Enciso, (2004).

Wanneer het beregeningsconcept klaar was voor gebruik, moest er ook bepaald worden wanneer er gestart kon worden met beregenen. Het startmoment kon worden bepaald met een meetinstrument, dit werd beschreven in de literatuurstudie *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000).

Als het beregeningsconcept begint met watergiften, moet er ook onderhoud gepleegd worden. Dit onderhoud bestaat uit dagelijks, tweewekelijks, maandelijks, en halfjaarlijks onderhoud. Welk onderhoud er gedaan moest worden, werd omschreven in *Maintenance of Drip Irrigation System* Manda, (2019, december). Na het teeltseizoen moet het druppelirrigatiesysteem ook worden verwijderd. Dit verwijderen van de druppelslang werd omschreven in *An implement to install and retrieve surface drip irrigation laterals. Applied engineering in* (Zhu, Butts, C. L., Lamb, M. C., & Blankenship (2004).

2.4.2 Protocol proefperceel uien 2021.

Na het beantwoorden van deelvragen 2.1 tot en met 2.4.1, wordt in deze deelvraag een protocol geschreven. Dit protocol kan geschreven worden omdat het beregeningsconcept bekend is geworden in de theorie. Het beregeningsconcept komt in een perceel zaaiuien te liggen. Deze uien worden in 2021 geteeld en worden voorzien van water door het toekomstbestendige beregeningsconcept.

De centrale vraag voor het proefprotocol luidt als volgt: Hoe kun je het beste beregeningsconcept toepassen op locatie? Om deze vraag te kunnen beantwoorden, worden de volgende deelvragen beantwoord:

- Welk perceel wordt er gebruikt en hoe ziet dit perceel eruit?
- Welke componenten moeten er worden aangeschaft voor het beregeningsconcept?
- Welke stappen moeten worden genomen worden om het beregeningsconcept vervolgens aan te leggen?

Benodigde artikelen:

- 1. *Drip irrigation handbook* (Netafim, 2013)
- 2. *AquaFlow User's Manual* (Torro, 2014)

Na het beantwoorden van deze drie vragen, ontstaat er een protocol met alle componenten die aangeschaft moeten. Vervolgens worden de bijhorende stappen genoemd die genomen moet worden om deze componenten aan te leggen. Het format voor het proefprotocol is te vinden in bijlage 1.1.

De informatie met betrekking dit protocol is afkomstig uit het hoofdstuk Resultaten. Deze informatie wordt aangevuld met informatie afkomstig uit *Drip irrigation handbook* geschreven door Netafim (2013). Vervolgens is het rekenprogramma van Torro gebruikt om de benodigde gegevens uit te rekenen. Om deze rekentool in te vullen, is een handleiding gebruikt: *AquaFlow User's Manual* (Torro, 2014). De ingevulde gegevens zijn nagekeken door de heer Molenaar van Flevodrip.

Hoofdstuk 3 Resultaten

Na de uitwerking van de onderzoeksmethoden, kan hoofdstuk drie worden geschreven. In dit hoofdstuk is de uitkomst van de literatuurstudies te lezen. Ook is er een protocol geschreven om het onderzochte beregeningsconcept in de praktijk te kunnen aanleggen.

3.1 Wat zijn de huidige berekeningconcepten en welk beregeningsconcept is toekomstbestendig?

Om deze vraag te beantwoorden, werd de deelvraag in twee delen opgesplitst, namelijk 'Wat zijn de huidige beregeningsconcepten?' en 'Wat is het meest toekomstbestendige beregeningsconcept?' Eerst wordt er nog een korte beschrijving gegeven over zaaiuien om de verschillende beregeningsconcepten voor de uien goed te kunnen beoordelen.

Groei van de zaaiui

Bij de kieming vormt een zaaiui één primaire wortel. Deze primaire wortel leeft slechts een korte tijd en wordt vervangen door bijwortels. De gevormde bijwortels krijgen geen wortelharen en vertakken niet. Een zaaiui vormt alle wortels in de laag tot 60 cm. 90% van deze wortels zitten in de bovenste achttien centimeter, aldus Schaap (2009). Gedurende het groeiseizoen gaan deze wortels niet dieper dan achttien centimeter. Daarom kan gezegd worden dat de zaaiui een oppervlakkig bewortelingspatroon heeft (Schaap, 2009). De kiemperiode van een zaaiui duurt vijftien dagen.

Na de kiemperiode volgt de ontwikkelingsperiode, ook wel vegetatieve periode genoemd. In de vegetatieve periode worden vier tot zeven bladeren gevormd (Haifa Group, 2020). Vervolgens begint de bolvormingsperiode, deze duurt ongeveer zeventig dagen (Haifa Group, 2020). In deze zeventig dagen worden acht tot twaalf bladeren gevormd en bereikt de zaaiui de maximale bladlengte. Ook begint de bolvorming en wordt de bol net zo dik als de nek. Vervolgens begint de volwassen bolvorming. In deze periode gaat vijftig procent van het blad plat (Haifa Group, 2020). Hierna stopt de groei en gaat het blad volledig strijken. Na enkele weken kan de ui geoogst worden.

Vochtbehoefte groeistadia zaaiuien

Zaaiuien hebben tijdens de groei 350 mm tot 550 mm water nodig (Grievve, 1999). Een klein gedeelte van het nodig vocht wordt gebruikt bij de kieming van uien. Dit geldt ook voor de verdere ontwikkelingsfase van de zaaiui. De vochtbehoefte voor een zaaiui begint aanzienlijk toe te nemen naarmate de groei vordert. Als de zaaiui veel blad heeft ontwikkeld en als de bolvorming start, verbruikt de zaaiui het meeste vocht. Na de bolvorming verbruikt een zaaiui weinig vocht.

Wanneer een zaaiui een tekort aan vocht heeft, ontstaat er waterstress. Een zaaiui toont de waterstress door minder transpiratie, lagere fotosynthese en door groeivermindering (Grievve, 1999). In periodes van vochttekort kan een zaaiui gaan splitsen in meerdere bollen. Om deze waterstress te voorkomen, moet er voldoende vocht aanwezig zijn. Daarom is het van belang om het toekomstbestendige beregeningsconcept te onderzoeken.

3.1.1 Huidige beregeningsconcepten

Hoeveel er wereldwijd wordt beregend, is onderzocht in de literatuurstudie *Methods and technologies to improve efficiency of water use* (Evans & Sadler, 2008). Wereldwijd wordt er 260 miljoen hectare landbouwgrond beregend, in 1950 was dit nog 100 miljoen hectare volgens Evans & Sadler (2008). De 260 miljoen hectare die beregend wordt, is ongeveer 17% van alle landbouwgrond. Deze 17% landbouwgrond zorgt voor ongeveer 40% van het voedsel.

In de literatuurstudie van *Soil mangament and conservation: Irrigation: Methods* (Bjorneberg, 2013) staan drie beregeningsconcepten beschreven. Deze drie beregeningsconcepten zijn: voren beregening, sproeierberegening en druppelberegening. Hieronder wordt per beregeningsconcept een omschrijving gegeven met daarbij de werking van het beregeningsconcept. Het hoofdstuk wordt afgesloten met het benoemen van de voordelen en nadelen van de drie beregeningsconcepten.

Voren beregening

Zwaartekracht is belangrijk bij voren beregening. Het water stroomt namelijk door de zwaartekracht over de bodem van de hoogste plek naar de laagste plek. Het water stroomt door voren van 10 centimeter tot 30 centimeter breed op hellingen van 0,1%-3%. Door de voren kan het water 12 uur tot 24 uur lang stromen, dit is afhankelijk van de gewasbehoefte.

Water wordt meestal door de zwaartekracht vanuit een waterbron aangevoerd. Deze waterbronnen zijn kanalen, pijpen of sloten die langs het veld lopen. Op sommige locaties is dit niet het geval en worden pompen ingezet om het water naar een hoger gelegen perceel te pompen. De voren beregening wordt veel gebruikt voor akkerbouwgewassen, weilanden en boomgaarden. De efficiëntie van water hangt af van de samenstelling van de bodem, velduniformiteit en het gewastype. Met voren beregening kan 10 tot 100 liter per minuut worden aangevoerd.



Afbeelding 4 Voren beregening (Kumar, z.d.).

Sproeierberegening

Een sproeierberegeninginstallatie sproeit water in de lucht waarna het water op het grondoppervlak terecht komt. Het water is afkomstig uit hoofdleiding die onder druk staat. Een sproeierberegeninginstallatie kan bestaan uit drie systemen: een permanent sproeisysteem, een verplaatsbare sproeisysteem of een zelfrijdend sproeisysteem. Sproeierberegeninginstallaties worden gebruikt om veldgewassen, boomgaarden, graszoden en weilanden te voorzien van water. Ook kan een sproeierberegeninginstallatie dienen als bescherminstallatie bij vorst en als stofbeheersing.

Een permanent sproeisysteem wordt vaak geïnstalleerd voor één seizoen of permanent, in bijvoorbeeld een boomgaard. Het verplaatsbare sproeisysteem wordt handmatig of mechanisch verplaatst naar het volgende deel van het veld wat beregend moet worden. Het zelfrijdende sproeisysteem brengt water aan terwijl het systeem langzaam over het veld rijdt. Alle drie de sproeierberegenningsinstallaties zijn vaak efficiënter dan oppervlakte-irrigatie, omdat de watertoepassing beter controleerbaar is. In winderige gebieden kan een sproeierberegenningsinstallatie aanzienlijke waterverliezen hebben door de verdamping of door de wind, die ook wel drift wordt genoemd. Hierna wordt uitgebreider ingegaan op de verschillende soorten sproeierberegenningsinstallaties.

Permanent sproeisysteem

Een permanent sproeisysteem is ontworpen om frequent in kleine hoeveelheden water toe te dienen, om zo aan de waterbehoefte van de plant te kunnen voldoen. Dit kan in een tijdsbestek van één tot vijf dagen. Er wordt een wateropbrengst van 4 mm tot 6 mm per uur behaald. Bij graszoden kan een wateropbrengst worden gegeven van 5 tot 30 mm per uur omdat een graszode meer water opneemt. De aanschafkosten voor dit permanente sproeisysteem zijn zeer hoog omdat voor het hele beregende veld het systeem aangelegd moet worden. Een permanent sproeisysteem kan ongeveer 20 m² beregenen.



Afbeelding 5 Permanent sproeisysteem (Kumar, z.d.).

Verplaatsbaar sproeisysteem

Een verplaatsbaar sproeisysteem is ontwikkeld om langzaam water toe te dienen, tussen de 4 mm en 6 mm per uur. Deze watertoediening duurt ongeveer 8 uur tot 24 uur. Na de watergift kan het verplaatsbare sproeisysteem verplaatst worden naar het volgende gedeelte van het perceel dat van water moet worden voorzien. Wel is het belangrijk dat de hoeveelheid water die beregend wordt, voldoende is voor enkele dagen. Doordat het sproeisysteem verplaatsbaar is, wordt er om de paar dagen op dezelfde plek water gegeven. Door ruim voldoende water te beregenen, kan een plant langer zonder toediening van vocht.

Het verplaatsbare sproeisysteem kan uit twee systemen bestaan, namelijk een met de hand verplaatsbaar sproeisysteem of een zelf-verplaatsbaar zijwaarts sproeisysteem. Het met de hand verplaatsbare sproeisysteem bestaat uit meerdere buizen van 6 tot 12 meter. Deze buis heeft een diameter van 7,5 cm of 10 cm. Aan deze aluminiumbuis zit een sproeier. Door enkele buizen te koppelen tot een maximumlengte van 400 meter, kan over de lengte het perceel voorzien worden van water. Nadat er voldoende water is beregend, kunnen de buizen losgekoppeld worden en 10 tot 20 meter omgelegd worden naar het volgende gedeelte.

Een zelf verplaatsbaar zijwaarts sproeisysteem verschilt niet veel van het met de hand verplaatsbare sproeisysteem. In plaats van dat de buizen met de hand gelegd moeten worden, kan het systeem verplaatst worden met behulp van wielen. Na een beregeningsbeurt wordt het systeem verplaatst met de wielen. Als deze op de plaats van bestemming is, kan de beregening weer starten.



Afbeelding 6 Verplaatsbaar sproeisysteem (Nelson Irrigation, z.d.).

Zelfrijdend sproeisysteem

Een zelfrijdend sproeisysteem is een bewegend beregeningsconcept. Het beregeningsconcept bestaat uit een centraal draaipunt (pivot) of een bewegend beregeningskanonsysteem. Eerst wordt het bewegende kanonsysteem uitgelegd.

Bewegend kanonsysteem

Een bewegend kanonsysteem is een kanon met grote capaciteit op een kar die aan slang over het veld wordt getrokken. Een kanon kan 50 meter tot 100 meter breed sproeien. De slang waar het kanon uit bestaat, wordt tijdens de beregening opgerold en kan tot 600 meter lang zijn. De 600 meter lange slang wordt langzaam opgerold op een grote rol. Deze rol zit op een frame. Nadat de slang volledig opgerold is, is de beregeningsbeurt klaar. Hierna kan het systeem vrij eenvoudig verplaatst worden naar de volgende baan die beregend moet worden.

Naast een kanon, kan het systeem ook bestaan uit een boom met kleine sproeiers. Deze boom kan 20 tot 60 meter breed zijn. Een boom is vergelijkbaar met het bewegende beregeningsconcept. Dit bewegende beregeningsconcept wordt een pivot genoemd.



Afbeelding 7 Bewegend kanon (Wiermans, 2019).

Pivot

Een pivot beregeningsconcept bestaat uit meerdere overspanningen die een spanlengte hebben van 30 meter tot 65 meter. Aan deze overspanning bevinden zich diverse sproeiers die 2 tot 4 meter boven de grond hangen. De binnenste overspanning zit vast aan een centrale punt. Vervolgens worden hier de andere overspanningen aangekoppeld en draaien alle overspanningen tegelijk rond. Zo ontstaat een ronde cirkel die door een pivot voorzien wordt van water.

Een pivot heeft een totale lengte van 500 meter en kan 50 tot 60 hectare in een cirkel beregenen. Dit systeem is enorm populair omdat water gelijkmatig wordt aangebracht op een groot gebied met weinig arbeid. Wanneer de pivot rond is, kan opnieuw een beregeningsbeurt plaatsvinden. In 2008 werd 45% van de beregende oppervlakte van de Verenigde Staten beregend met een pivot. Een pivot kan ook heuvelachtige percelen voorzien van water. Het wordt aangestuurd vanaf de buitenkant, of in het midden bij een lange pivot. De aansturing zorgt ervoor dat de pivot in een lijn wordt rondgereden door elektromotoren.



Afbeelding 8 Pivot (ICS, z.d.).

Druppelberegening

Bij druppel beregening wordt water met lage snelheden en lage druk op kleine oppervlakten aangebracht. Door deze lage snelheid is er een minimaal verlies van water. Het water geven gebeurt door middel van emitters. Dit zijn kleine plastic slangen van buis of tape. In de tape zitten kleine gaatjes waar het water uitkomt. Het systeem is bedoeld om dagelijks meerdere keren kleine hoeveelheden water te geven. Meestal gebeurt dit automatisch en wordt het bodemwatergehalte op peil gehouden. De waterstroom verschilt van 2 liter tot 7,5 liter per uur. De druppeltape is dunwandig (0,1 tot 0,375 mm) en heeft een diameter van 10 mm tot 20 mm. De afstand tussen de gaatjes varieert van een afstand van 100 mm tot 600 mm.

Druppeltape wordt onder de grond geplaatst. Hierdoor kan er geen schade van ongedierte of mechanisatie ontstaan. Ook kan deze ondergrondse tape meerdere jaren worden gebruikt. Dit hangt af van het gewas dat wordt geteeld. Druppelberegening is beter bekend als druppelirrigatie.



Afbeelding 9 Druppel beregening (Agriculture news, 2019).

In onderstaande tabel 1 worden alle voor- en nadelen van de verschillende beregeningsconcepten weergegeven. Deze zijn afkomstig uit *Soil mangament and conservation: Irrigation: Methods* (Bjorneberg, 2013)

Tabel 1 Voor- en nadelen van alle beregeningsconcepten.

Systeem type	Beregeningsconcept	Voordelen	Nadelen
Voren beregening	Voren beregening	- Laag kapitaal - Lage onderhoudskosten	- Hoge arbeid - Slechte waterbeheersing - Bodemerosie (afspoeling)
Sproeierberegening-installatie	Permanent sproeisysteem	- Goede waterbeheersing - Rare vormen in percelen	- Hoge kapitaalkosten - Bemoelijk veldwerkzaamheden
	Verplaatsbaar sproeisysteem	- Lage kapitaalkosten	- Meer arbeid nodig - Slechte uniformiteit
	Zelfrijdend sproeisysteem	- Lage kapitaalkosten	- Hogere bedrijfskosten - Gevoelig voor wind en verdamping
Druppelberegening	Druppelberegening	- Goede waterbeheersing - Veelvoudige toepassing op één dag mogelijk	- Hogere kapitaalkosten - Schoon water of filtratie nodig

Huidige manier van beregenen

In Nederland wordt er beregend om droogteschade te beperken. Beregening wordt ook gebruikt om gewassen te laten kiemen en daarmee te zorgen voor een egaal gewas. In het groeiseizoen wordt beregening toegepast om hittestress bij hoge temperaturen te voorkomen. Daarnaast speelt de bedrijfszekerheid een grote rol bij beregening.

De hoeveelheid water die wordt gegeven met een beregeningsbeurt hangt af van het bodemtype, de bedrijfsvoering, het watersysteem en de klimatologische omstandigheden, zoals bijvoorbeeld een hoge temperatuur (Hoogeveen et al., 2003).

Beregening vindt plaats gedurende enkele korte periodes in het groeiseizoen. In droge jaren zoals 2018 en 2019 wordt er vroeg in het teeltseizoen overgegaan op beregening. Hierdoor wordt er meer water onttrokken uit het oppervlakte water door beregening dan door drinkwaterbedrijven volgens (Eertwegh et al., 2020). Het langdurige beregenen in 2018 heeft geleid tot een record aan gebruik van water voor beregening.

In 2018 is er namelijk 265 miljoen m³ water gebruikt voor beregening. 75% van dit water was grondwater en 25% was afkomstig uit oppervlaktewater. Deze hoeveelheid water is vier keer zo groot als in 2017 en 5,5 keer meer dan het gemiddelde (Van der Meer, 2020). De keuze tussen oppervlaktewater en grondwater is afhankelijk van de grondsoort. Zo wordt op de zandgronden in het oosten wordt vaak beregend met grondwater. In Midden Nederland wordt water gebruikt uit oppervlaktewater. In het zuiden van Nederland vindt beregening vooral plaats uit oppervlaktewater, omdat grondwater te veel zout bevat.

Bij uien wordt ongeveer een verdamping van 3 mm tot 5 mm per dag aangehouden in droge perioden. Dit betekent dat wekelijks ongeveer 30 tot 35 mm beregend moet worden aldus Van der Meer (2020).

Beregeningsconcepten in Nederland

De beregeningsconcepten die in Nederland worden gebruikt, zijn omschreven in het rapport *Elektrisch beregenen* (Van der Voort, 2019). In Nederland is het zelfrijdend sproeisysteem in de vorm van een bewegend kanonsysteem het meest gebruikte beregeningsconcept. Ongeveer 95% tot 98% wordt beregend door middel van het verplaatsbare sproeisysteem, dit blijkt uit onderzoek door experts (Van der Voort, 2019). Het bewegende kanonsysteem is een betrouwbaar systeem. Naast de betrouwbaarheid is het gemak en de verdeling een groot voordeel van een bewegend kanonsysteem.

Een bewegend kanonsysteem met een slang met een diameter van 110 mm is het meest verkocht in Nederland, aldus Smits (2020). De laatste jaren is er meer vraag naar slangen van 125 mm tot 140 mm, omdat dit minder drukverlies geeft. Ook wordt de laatste jaren het bewegende kanonsysteem soms vervangen door een beregeningsboom. Aan deze boom zitten kleine sproeiers die het water verdelen. De sproeiboom heeft als voordelen een betere verdeling, betere waterbenutting, minder windgevoeligheid en hogere regenintensiteit. Nadeel van de boom is dat het verplaatsten van de boom veel tijd en arbeid kost (Smits, 2020).

Naast bewegende kanonsystemen, zijn er een tiental pivots in Nederland volgens Smits (2020). In de Veenkoloniën zijn er zeven pivots. De zeldzaamheid van pivots in Nederland komt doordat percelen vierkant zijn en daardoor de hoeken niet kunnen worden beregend met een pivot. Ook is een pivot niet verplaatsbaar en dus bedrijfsgebonden, waardoor een gehuurd perceel niet kan worden beregend.

Naast dat er enkele pivotinstallaties zijn in Nederland, zijn er ook enkele druppelirrigatiesystemen. Dit gebeurt door enkele tientallen bedrijven. Druppelirrigatie breekt nog niet door en wordt op kleine schaal toegepast volgens Beekman (2014). Dankzij de droogte van 2018 en 2019 heeft druppelirrigatie de volle aandacht gekregen.

Toelichting werking kanon

In de literatuurstudie van *Performance Evaluation of Hose-Reel Sprinkler Irrigation System* (Hashim et al., 2016) wordt de werking van een bewegend kanonsysteem uitgelegd.

Beregenen met een bewegend kanonsysteem is ontstaan aan het begin van de twintigste eeuw. Het spreidingspatroon van een bewegend kanonsysteem hangt af van de grootte van het mondstuk, de hoogte van het kanon en de werkdruk die wordt gebruikt. Windsnelheid en windrichting hebben invloed op de druppelgrootte. Ook hebben deze factoren invloed op het verspreidingspatroon.

Een bewegend kanonsysteem heeft twee hoofdonderdelen, namelijk het stilstaande deel en het beweegbare deel. Het stilstaande deel bestaat uit een groot haspel waar de slang op opgerold zit. Het beweegbare deel is de kar met het kanon. Een haspel wordt aangestuurd door middel van een centrifugaalpomp. Voor de centrifugaalpomp is het belangrijk dat er voldoende water aanwezig is om altijd water naar het kanon te kunnen pompen. Elk beregeningshaspel heeft een basisdruk, op deze basisdruk rolt de beregeningshaspel de slang op en komt er water uit het kanon. De werkdruk is afhankelijk van de grootte van het kanon en de diameter van de slang.



Afbeelding 10 Het stilstaande deel (oranje met zwarte slang) en het bewegende gedeelte waar het water uit spuit weergegeven in een afbeelding (Donker, 2020).

Verliezen van beregening in Nederland

Zoals eerder is aangegeven, wordt ongeveer 95% tot 98% met een beregeningshaspel beregend. Bij een beregeningshaspel zijn verschillende verliesposten van water. Ongeveer 1-2% van het water gaat verloren via lekverliezen met het oppompen van water. Ook wordt er langs sloten en wegen water verloren tijdens het water pompen naar de beregeningshaspel, dit is ongeveer 5%-15%. Bij het transport tussen het beregeningshaspel en de sproeier wordt 3,5% water verloren volgens Baars (1971). Bij de sproeier zelf kan 2%-20% worden verloren. Dit is afhankelijk van de waterdruk, grootte van de sproeier, hoogte van de sproeier, de windsnelheid en de luchtvochtigheid.

3.1.2 Toekomstbestendige beregeningsconcept

Zoals te lezen is in de inleiding, wordt de kans op droge zomers groter. In 2050 kunnen droge zomers, zoals in 2018, eens in de vijf tot zeven jaar voorkomen. Voor de uienteelt betekent dit een oogstreductie van 50%. Om deze oogstreductie te voorkomen, moet er dus beregend worden. In 2018 is gebleken dat er bij te veel beregenen een beregeningsverbod opgelegd kan worden door waterschappen of door andere overheidsinstanties (Vinkenvleugel, 2018). Een beregeningsverbod wordt opgelegd omdat er niet voldoende drinkwater overblijft in deze gebieden.

Beoordelingscriteria toekomstbestendige beregeningsconcept

De agrarische sector moet voorkomen dat er in de toekomst een beregeningsverbod opgelegd kan worden. Dit kan bereikt worden door een andere manier van beregenen waarbij er efficiënter met water omgegaan wordt. Ook moet het waterverbruik worden teruggedrongen. Een nadeel van een hoog waterverbruik is dat de beschikbaarheid van zoetwater afneemt. Door een te hoog waterverbruik treedt er verzilting op, wat ervoor zorgt dat er water met een hoog zoutgehalte overblijft (Maarten et al., 2019). Het maximum aan zoutgehalte is voor de meeste gewassen 0,48 tot 0,96 gram zout per liter (Doorn, 2019).

In 2019, het tweede droge jaar, is er 78 mm water per hectare beregend, aldus Maarten et al.(2019). Deze onttrekking van water moet in de winter aangevuld worden met zoet water afkomstig van regenwater. In 2019 was de onttrekking groter dan de aanvulling met zoetwater. Hierdoor is in het zuidelijke deel van Nederland het zoutgehalte licht toegenomen. In de toekomst moet water efficiënter gebruikt worden en het waterverbruik teruggedrongen om te voorkomen dat het water zouter wordt.

Naast de waterefficiëntie en het watergebruik, moet het toekomstbestendige beregeningsconcept ook zorgen voor minder verslemping van de grond. Verslemping betekent dat de dichtheid van de grond toeneemt. Bij verslemping is door de hogere dichtheid van de grond er minder ruimte voor water om zich in de bodem te verspreiden (Maarten et al., 2019). Hierdoor kan het water dat wordt beregend niet allemaal bij de wortel van de plant komen. Verslemping van grond kan ontstaan door harde wind. Door de wind wordt het water in een stroomversnelling meegenomen en komt het hard op de grond terecht. Wanneer water hard neer komt op de grond, geeft dit verslemping. Het toekomstbestendige beregeningsconcept moet dus weinig tot geen last hebben van wind.

Mechanische onkruidbestrijding gaat in de toekomst vaker ingezet worden om onkruiden de baas te blijven. Nu wordt er veel gebruikt gemaakt van chemie. Een mechanische onkruidbestrijding vindt plaats tussen de rijen waardoor er daar geen beregeningsconcept kan liggen of staan. Mechanische onkruidbestrijding zorgt voor een lager verbruik aan chemische middelen. Het beregeningsconcept moet verplaatsbaar zijn of ondergronds liggen om mechanische onkruidbestrijding uit te kunnen voeren.

Het laatste beoordelingscriterium gaat over de kans op ziekten en plagen. Wanneer een perceel uien wordt beregend, ontstaat een vochtig klimaat. Beregening gebeurt wanneer het warm is, dus naast het vochtige klimaat, is het ook een warm klimaat. Door dit vochtige en warme klimaat kan een schimmel, zoals valse meeldauw, en een bacterie, zoals bacterienatrof, zich makkelijk ontwikkelen. Vervolgens tasten deze schimmels en bacteriën het gewas aan, waardoor het gewas ziek wordt (Groot en Slot B.V, z.d.).

Beoordeling toekomstige beregeningsconcept

Nadat de beoordelingscriteria bekend zijn geworden waaraan het toekomstbestendige beregeningsconcept moet voldoen, kan er gestart worden met het eerst beoordelingscriterium.

Het eerst criterium waarnaar gekeken wordt, is de efficiëntie van water. De waterefficiëntie van alle eerdergenoemde beregeningsconcepten is onderzocht in de literatuurstudies van *Klimaat en landbouw: risico's en kansen* (Van Meeteren & Korevaar, 2010) en *Soil management and conservation: Irrigation Methods* (Bjorneberg, 2013). In onderstaande tabel 2 wordt per beregeningsconcept de waterefficiëntie weergegeven.

Tabel 2 Waterefficiëntie per beregeningsconcept (Van Meeteren & Korevaar, 2010; Bjorneberg, 2013).

Systeem type	Beregeningsconcept	Waterefficiëntie
Voren beregening	Oppervlakte irrigatie	50%-70%
Sproeierberegenningsinstallatie	Permanent sproeisysteem	60%-85%
	Verplaatsbaar sproeisysteem	60%-75%
	Zelfrijdend sproeisysteem	75%-95%
Druppelberegening	Druppelirrigatie	80%-95%

In tabel 2 is te zien dat het zelfrijdend sproeisysteem en de druppelirrigatie het meest efficiënt zijn met water. Om te kijken welke van de twee beregeningsconcepten toekomstbestendig is, worden beide beregeningsconcepten beoordeeld aan de hand van de beoordelingscriteria.

In Nederland wordt ongeveer 95% tot 98% beregend met een beregeningshaspel, het beregeningshaspel valt onder zelfrijdend sproeisysteem in tabel 2. In 2019 is een proef uitgevoerd door Deltradrip (2019) naar het watergebruik door een beregeningshaspel. Uit dit onderzoek is naar voor gekomen dat een beregeningshaspel ongeveer 40m³ per uur gebruikt (Maarten et al., 2019). Dit is vrij fors omdat een druppelirrigatiesysteem op één dag 40m³ water verbruikt, aldus Maarten et al. (2019). Een druppelirrigatiesysteem verbruikt op een dag dus net zoveel water als een beregeningshaspel per uur verbruikt. Dit levert een besparing op omdat besparing zegt namelijk iets zegt over het watergebruik en efficiëntie zegt iets over de hoeveelheid water die bij de plant komt.

Tabel 3 Belangrijke eisen van agrarische gebruikers van beregeningsconcepten in Nederland.

Beregeningsconcept	Kans op slemp	Windgevoeligheid	Mechanische onkruidbestrijding	Kans op ziekten en plagen
Zelfrijdend sproeisysteem	Ja	Weinig	Mogelijk	Ja
Druppelberegening	Nee	Geen	Mogelijk	Nee

In tabel 3 zijn de beoordelingscriteria overzichtelijk weergegeven. Een beregeningshaspel kan ervoor zorgen dat de grond verslemt door de val van het water. Hierdoor kan het water neerslaan op de grond en zorgen voor een dichte bovengrond. Door deze hoge straal kan de wind ook vat krijgen op de straal en het water harder laten vallen op de grond. Doordat een druppelslang op of in de grond ligt, kan er geen slemp plaatsvinden. Ook kan de wind geen vat krijgen op het water.

Bij beide beregeningsconcepten kan er mechanische onkruidbestrijding worden uitgevoerd. Wel moet bij beide beregeningsconcepten rekening gehouden worden met deze mechanische onkruidbestrijding. Zo moet bij druppelirrigatie de druppelslang op diepte ingegraven worden en bij een beregeningshaspel moet de beregenbeurt afgestemd worden met het tijdstip van mechanische onkruidbestrijding. Soms moet een beregeningsbeurt worden uitgesteld om eerst een mechanische onkruidbestrijding uit te voeren vanwege het onkruid dat zich in het perceel bevindt.

Als laatste moet gekeken worden naar de kans op ziekten en plagen. Doordat een beregenhaspel het water over het gewas sproeit, kan een aangenaam klimaat ontstaan voor ziekten en plagen. Doordat een druppelirrigatiesysteem een kleiner grondoppervlakte nat maakt, kan het gewas niet nat worden, wat voorkomt dat er een aangenaam klimaat ontstaat voor ziekten en plagen.

Een druppelirrigatiesysteem is dus het meest efficiënt met water en verbruikt het minste water. Ook voldoet het aan alle beoordelingscriteria. Hierdoor kan gezegd worden dat een druppelirrigatiesysteem het meest toekomstbestendige beregeningsconcept wordt.

Hoe het toekomstbestendige beregeningsconcept werkt, is onderzocht in de literatuurstudie *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019).

Werking toekomstbestendige beregeningsconcept

Druppelirrigatie is een methode om water, dat onder druk staat, in kleine porties aan de plant te geven. Door kleine porties te geven aan de plant, kan er aanzienlijk minder water worden gebruikt. Studies in meerdere landen hebben aangetoond dat bij druppelirrigatie er 30% tot 70% water bespaard kan worden. Hierbij wordt een opbrengstverhoging gerealiseerd van 20% tot 90%. Wel zijn deze meeropbrengsten afhankelijk van de bodemomstandigheden en het klimaat. Ook moet het systeem correct zijn geïnstalleerd (Postel et al., 2001; Cetin & Bilgel, 2002). Naast de besparing en opbrengstverhoging wordt, zoals weergegeven is in tabel 3, met druppelirrigatie ook veel efficiënter omgegaan met water dan alle andere beregeningsconcepten.

Daarnaast heeft druppelirrigatie nog meer voordelen. Zo wordt door druppelirrigatie niet de hele bodem nat wat zorgt voor geen kieming van onkruiden. De kans op de bodemerosie is niet meer aanwezig omdat het water niet van boven af wordt toegediend. Druppelirrigatie geeft een arbeidsbesparing omdat het systeem niet verplaatst hoeft te worden. Ook is een druppelirrigatiesysteem automatisch regelbaar. Als laatste is er bij druppelirrigatie geen verdamping van water.

Wel is een druppelirrigatiesysteem erg gevoelig voor verstoppingen door zand of ander organisch materiaal. Daarnaast vereist druppelirrigatie een hoop kennis van een agrariër om ermee te kunnen werken.



Afbeelding 11 Grondoppervlak dat nat wordt met druppelirrigatie (Acacia Water, 2020).

3.2 Welke overwegingen moeten er gemaakt worden om het toekomstbestendige beregeningsconcept aan te leggen, waar is het toekomstbestendige beregeningsconcept uit opgebouwd en wat zijn de aandachtspunten?

Het ontstaan van de druppelirrigatie is beschreven in de literatuurstudie *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000). Ook worden in deze literatuurstudie de voordelen en nadelen benoemd.

Ondergrondse druppelirrigatie bestaat al sinds 1860. Het huidige druppelirrigatiesysteem kan tot 80% water besparen. Het water wordt aangebracht bij de wortelzone, op het oppervlak of naast de plant aanbrengen. Bij het gebruik kiemen er aanzienlijk minder onkruiden dan bij het gebruik van beregeningsconcepten die het gehele grondoppervlak nat maken. Een ander groot voordeel is dat er minder verdamping is uit de bodem. Het water wordt gelijkmatiger aangebracht door het hele veld, waardoor de frequentie om water te geven minder is, omdat niet het hele veld nat gemaakt hoeft te worden. Naast de voordelen, is er ook een nadeel. Om te kunnen starten met druppelirrigatie, moet een expert worden ingeschakeld. Bij het niet goed kiezen van een druppelirrigatiesysteem kan er alsnog een slechte verdeling van water zijn in een perceel. Daarnaast kan het perceel onder water lopen of kunnen de slangen verstopt raken. Bij de aanschaf van een druppelirrigatiesysteem is het belangrijk om niet te bezuinigen, een mogelijk kostenbesparing komt in de loop van de tijd weer naar voren in de vorm van ongewilde mankementen (Carter & Howell, 2000).

Overwegingen om een druppelirrigatiesysteem aan te leggen

De overwegingen die een teler moet maken voor druppelirrigatie, komen uit de literatuurstudie van *Importance of Drip irrigation System Installation and Management* (Arshad, 2020)

Het aanleggen van een druppelirrigatiesysteem is afhankelijk van de grootte van een boerderij, de aanwezigheid van water, de helling van het land, de bodem en het gewas dat geteeld wordt. Een druppelirrigatiesysteem moet passen bij de boer in het teeltsysteem. Zo is de breedte van het bed belangrijk, de gewasrotatie, toegang tot het veld en of de agrariër bereid is zich aan te passen aan een druppelirrigatiesysteem. Het economische voordeel voor de agrariër kan alleen worden behaald als er een meeropbrengst wordt gehaald of er lagere kosten zijn dan met een traditioneel beregeningsconcept.

Om te kijken of het water van goede kwaliteit is, kan een agrariër een watermonster nemen en opsturen naar een waterlaboratorium. Het water kan dan getest worden op de volgende elementen: calcium, magnesium, pH, carbonaten en bicarbonaten, ijzer, levende organismen en grove zanddeeltjes. Het watermonster moet genomen worden in het groeiseizoen wanneer de waterkwaliteit het slechtste is. Op deze waterkwaliteit worden namelijk de filters afgestemd die nodig zijn in het druppelirrigatiesysteem. De resultaten van de watertest bepalen dus het type filter met bijbehorend filtratiesysteem.

De helling van een perceel heeft invloed op het verloop van water vanwege de druppelslangen. Druppelslangen kunnen worden aangelegd op een perceel met een maximale helling van 2%. Het gehele druppelirrigatiesysteem wordt bepaald aan de hand van de helling van het perceel. Een druppelirrigatie kan aangepast worden aan alle grondsoorten. Het bodemtype bepaalt het bevochtigingspatroon namelijk. Ook is de duur van een irrigatiebeurt afhankelijk van het bodemtype. Bij een zandgrond zal het water nooit dieper wegzakken dan 25 centimeter. Bij klei zakt blijft water op de diepte waar het water wordt aangebracht, dit zorgt ervoor dat irrigatiebeurten minder lang duren en dus ook minder water wordt toegediend.

Waar is het beregeningsconcept uit opgebouwd?

Voordat het druppelirrigatiesysteem aangeschaft kan worden, moet eerst het gehele systeem worden uitgewerkt op papier. De belangrijkste componenten van een druppelirrigatiesysteem worden benoemd in de literatuurstudie *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000).

De belangrijkste componenten van een druppelirrigatiesysteem zijn de pomp met filters, de waterflowmeters, de hoofd- en subhoofdleidingen, de druppeltape en de drukkleppe. Elke druppel die wordt gegeven met een druppelsysteem haalt een watertekort weg. Soms kan een druppel niet op de goede plaats komen door verstoppingen. Deze verstoppingen zijn weg te nemen door middel van een filtersysteem. Door het regelmatig schoonmaken van het filter wordt onnodig verspilling van water gestopt. Ook komt hierdoor de nauwkeurigheid van de waterafgifte niet in het geding. Er zijn verschillende soorten filters, namelijk zandmediafilters, schermfilters en schijffilters.

Zandmediafilters worden gebruikt om water te reinigen dat afkomstig is uit oppervlaktewater. In dit water kan zich veel organisch materiaal of zand bevinden. Deze grove delen geven veel verstoppingen in het druppelirrigatiesysteem. Zandmediafilters zijn zelfreinigend door een mechanisme, back flush genoemd. Het mechanisme opent bij een toenemend drukverschil tussen het inkomende water en uitgaande water. Hierna sluit het zich weer snel en kan het water weer door het filter heen. Het filter verwijdert 98% van de organische materialen. De overige 2% wordt verwijderd door een schermfilter en een schijffilter.

Schermfilters zijn goedkoop en eenvoudig te installeren filters. Het filter werkt goed als er lage tot matige verontreiniging in het water zit. Een schermfilter kan weinig opvangen. Bij oppervlaktewater moet het water eerst door het mediazandfilter voordat het door het schermfilter kan. Het reinigen van het schermfilter moet gebeuren met schoon water. De schermfilters zijn gemaakt van roestvrijstaal, nylon of polyester.

Na het schermfilter volgt het schijffilter. Deze bestaat uit een aantal schijven die op elkaar is gestapeld. De schijven zijn gemaakt van microscopische kleine groeven die dienen als filters.

Een zandmediafilter moet na twee seizoenen worden vervangen. De keuze van het zandmediafilter hangt af van de hoeveelheid zand en andere organische materialen die in het water zitten. Het filterende vermogen van de zandmediafilters moet vier keer groter zijn dan de kleine opening in de druppelslang. Ook moeten de filters ruim voldoende capaciteit hebben om drukverliezen en stilstand door schoonmaken van de filters te voorkomen.

Na de filters volgt een pomp. Een pomp zorgt ervoor dat het water de juiste stroomsnelheid en druk heeft. Voor een druppelirrigatiesysteem zijn er twee verschillende soorten pompen: een centrifugaalpomp en een waaierpomp. Een centrifugaalpomp is voor water dat makkelijk beschikbaar is, bijvoorbeeld oppervlaktewater. Een waaierpomp trekt het water uit diepere waterbronnen. De pompcapaciteit wordt bepaald door de druppelslangen. Ook is deze pompcapaciteit afhankelijk van de gewasbehoefte, het areaal dat voorzien moet worden van water en de efficiëntie van het druppelirrigatiesysteem. De werkdruk van een pomp wordt bepaald door gewenste druk van de druppelslangen, wrijving en de hoogteverschillen. Voor de grootte van de pomp is een vuistregel: hoe groter de capaciteit van de pomp, hoe efficiënter de pomp is in verbruik van brandstof.

Het aansturen van de pomp gebeurt door middel van een waterflowmeter. Een waterflowmeter meet hoeveel water er door het druppelirrigatiesysteem heen gaat. Zo kan het systeem zo geprogrammeerd worden dat de waterflowmeter meet of er voldoende water is gegeven en vervolgens de pomp uitschakelen. Het stroomvolume wordt bepaald door de gewasbehoefte.

De meest gebruikte waterflowmeter is een propellermeter. Voor deze propellermeter is een recht stuk buis nodig waar het water doorheen stroomt om het watervolume te kunnen meten. Een propellermeter heeft als nadeel dat deze minder nauwkeurig gaat werken wanneer er vuil in het systeem zit.

Naast een propellermeter is er ook een magnetische waterflowmeter. Bij dit systeem gaat er geen water door de meter heen en dit kan dus geen vervuiling geven. De aanschafkosten van een magnetische waterflowmeter zijn aanzienlijk hoger dan van een propellermeter. Ook is er stroom nodig om de magnetische waterflowmeter te laten werken.

De hoeveelheid water die wordt bepaald door de flowmeter wordt getransporteerd door de hoofdlijn. Deze hoofdlijn loopt vanaf de pomp via de flowmeter naar de druppelslangen. De hoofdlijn is gemaakt van pvc-pijp of bestaat uit een platte slang. De diameter hiervan wordt bepaald door de afstand die het water moet afleggen en de hoeveelheid druk die op de pijp of slang komt te staan. Hoe langer de hoofdlijn wordt en hoe meer bochten er in de hoofdlijn zitten, hoe groter het drukverlies. Voor het aansluiten van de druppelslangen moet eerst de hoofdlijn worden doorgespoeld om het materiaal, dat bij het produceren is ontstaan, te verwijderen. Om te voorkomen dat er met machines over de pijp of slang gereden moet worden, is het verstandig om deze in te graven in een geul zodat de machines veilig over de pijp en slang kunnen rijden.

Vanaf de hoofdlijn komt het water in de druppelslangen. Een druppelslang heeft twee functies, namelijk het water toedienen op een gelijkmatige manier over het veld en het water laten stromen door het systeem, zolang het perceel nat gemaakt moet worden. In een druppelslang zitten kleine gaatjes waar het water uitkomt, dit worden de druppelaars genoemd. De onderlinge afstand tussen de druppelaars varieert van 10 cm afstand tot 40 cm afstand. Door de variatie aan afstanden van druppelaars, zijn er ook variaties in de uniformiteit van water geven. Een druppelslang heeft een bepaalde lengte, dit kan bepaald zijn door de lengte van het perceel, de helling van het perceel of de maximale lengte die de pomp kan voorzien van water.

Een druppelslang heeft een bepaalde wanddikte, deze wordt uitgedrukt in Mil. De lengte van de slang en de gebruiks jaren van de slangen bepalen de dikte van de wand. Wanddiktes variëren tussen de 6 en 8 Mil met een levensduur van 2 tot 3 jaar.

Aandachtspunten toekomstbestendige beregeningsconcept.

De aandachtspunten om een druppelirrigatiesysteem aan te schaffen worden benoemd in de literatuurstudie van *Importance of Drip irrigation System Installation and Management* (Arshad, 2020)

Bij de aanschaf van een druppelirrigatiesysteem is het belangrijk om te kijken naar de kwaliteit van het materiaal. De druppelslang wordt bijvoorbeeld blootgesteld aan verschillende weersomstandigheden, omdat de druppelslang op of in de bodem wordt gelegd. De kwaliteit van de slang moet hoog zijn om deze weersomstandigheden te doorstaan (Bosch et al., 1992).

Wanneer een druppelirrigatiesysteem aangelegd wordt, moet eerste gekeken worden naar de aanwezigheid van water om de gewassen voldoende water te kunnen geven. Dit kan berekend worden door middel van verschillende rekenprogramma's op de computer. De wateropbrengst hangt af van het type druppelslang dat gebruikt wordt, hier moet rekening mee worden gehouden voor de keuze voor een pomp. Druppelslangen werken met een maximale werkdruk van 1 bar. Omdat deze druk vrij laag is, moet er een lagedruk pomp worden gebruikt. Naast de waterbeschikbaarheid is het ook belangrijk om te kijken naar de waterkwaliteit. De waterkwaliteit geeft de hoeveelheid organisch materiaal in het water aan. Hier moeten de filters op afgestemd worden.

De hoofdpijp van de pomp naar de druppelslang moet minimaal 40 cm diep ingegraven worden. Zo kan deze slang niet worden beschadigd door landbouwvoertuigen. De druppelslang zelf heeft een diameter van 12 mm of 16 mm. Deze druppelslang kan tussen de 250 en 300 liter water per uur vervoeren. Dit water wordt door druppellaars afgegeven. De afstand tussen de druppellaars aan de druppelslang varieert van 30 tot 45 cm. Deze druppellaars afstand hangt af van de grondsoort en het gewas dat wordt geteeld.

Aan het eind van iedere druppelslang komt een stop of een knoop in de slang. Deze stop of knoop wordt pas geplaatst wanneer het druppelsysteem een half uur heeft gewerkt. Zo kunnen de laatste resten uit de slang worden gehaald. Na het halfuur kunnen de stoppen worden gemonteerd of kan een knoop worden aangebracht in de slang. Vervolgens zorgt deze stop of knoop ervoor dat het water niet uit het einde van druppelslang kan. Wanneer het systeem in werking is getreden, moeten de filters regelmatig worden gereinigd. Dit kan dagelijks, wekelijks of maandelijks zijn, dit hangt af van de waterkwaliteit.

3.3 Is het mogelijk om met het toekomstbestendige beregeningsconcept bemesting toe te dienen?

Welke mogelijkheden er zijn voor het toedienen van bemesting is onderzocht in de literatuurstudie *Evaluation of Drip Fertigation Uniformity Affected by Injector Type, Pressure Difference and Lateral Layout* (Fan et al., 2017). Daarnaast wordt ook de naam, de methode, en de aandachtspunten van het toedienen van meststoffen beschreven. Hoeveel het toedienen van meststoffen via deze methode bespaart, is onderzocht het eerder genoemde artikel en in *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019).

Wanneer een druppelirrigatiesysteem wordt overwogen om aan te schaffen, is het ook belangrijk om te kijken of er bemesting kan worden toegediend. Vaak is het mogelijk dat een druppelirrigatiesysteem, na enkele aanpassingen, bemesting kan toedienen. Bemesting toedienen door middel van druppelirrigatie wordt fertigatie genoemd. Fertigatie is dus het toedienen van opgeloste mineralen meststoffen aan de wortels van gewassen door middel van druppelirrigatie (Shirgure, 2013). De laatste jaren is fertigatie steeds populairder aan het worden vanwege de hoge efficiëntie en waterbesparende techniek. Hierdoor kan het gebruik van water en kunstmest aanzienlijk verlaagd worden. Ook vermindert fertigatie de vervuiling van landbouwmeststoffen. Bij fertigatie is de uniformiteit van water nog belangrijker dan bij druppelirrigatie. Bij een slechte uniformiteit kan de opbrengst aanzienlijk verminderd worden of zorgen voor een niet egale oogst.

Met fertigatie is het dus mogelijk om door middel van druppelirrigatiewater de plant van meststoffen te voorzien. Bij fertigatie kan de timing, hoeveelheden en concentratie van de toegepaste meststoffen gecontroleerd worden toegediend. Met het toedienen van vloeibare meststoffen door middel van fertigatie is het mogelijk om 90% van de meststoffen op te laten nemen door de plant. Voor korrelmeststof is deze opname 10-40%. Door deze hoge opname van 90% is een besparing van 40-60% haalbaar, dankzij de hoge efficiëntie en vermindering van uitspoeling (Kumar & Singh, 2002).

Toepasbare meststoffen

Om erachter te komen welke meststoffen er kunnen worden toegepast, worden de literatuurstudies *Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion* (YOLDAS et al., jaartal) en *Citrus fertigation – a technology of water and fertilizers saving* (Shirgure, 2013) gebruikt. Wanneer er gestart kan worden met het toedienen van de meststoffen, is onderzocht in *Onion Planting* (Anderson, Z.d.). Het hoofdstuk wordt afgesloten met efficiëntie van verschillende meststofsoorten en deze informatie komt uit *Fertigation technology for enhancing nutrient use and productivity: an overview* (Sandal, & Kapoor, 2015).

Meststoffen die voor fertigatie gebruikt kunnen worden, bestaan uit korrelvormige meststoffen en vloeibare meststoffen. Voor een fertigatiesysteem gaat de voorkeur uit naar vloeibare meststoffen, omdat deze niet opgelost hoeven te worden. Bij het oplossen van meststoffen kunnen emulsies ontstaan. Een emulsie ontstaat bij het mengen van twee meststoffen die niet goed mengen, maar klonten vormen. Meststoffen moeten goed oplossen om een homogene meststof te vormen.

Bij fertigatie wordt meestal een combinatie gegeven van N-, P- en K- meststoffen. Alle drie de meststoffen heeft een ui nodig om te groeien. Een ui heeft het meest N (stikstof) nodig. Hierna volgen de P- (fosfaat) en K- (kali) meststoffen. Hoeveel een ui nodig heeft, hangt af van de grondsoort waar de ui op geteeld wordt. Voor fertigatie is er geen standaard bemestingsadvies voor de hoeveelheid stikstof, fosfaat en kali. De meststoffen kunnen worden gekocht in een bepaalde verhouding, ook kan een teler er zelf voor kiezen om deze meststoffen te mengen.

Zoals eerder is genoemd, heeft een ui veel stikstof nodig. Planten gebruiken deze stikstof in de vorm van nitraationen of ammoniumionen. De belangrijkste soorten stikstof zijn: nitraat, ammonium (sulfaat van ammoniak), amide (ureum) en een combinatie van ammonium en amide; Easy N. Ureum is de meest gebruikte stikstofmeststof omdat dit de hoogste concentratie stikstof heeft en daarbij een gunstige prijs heeft. Ook lost ureum zeer gemakkelijk op met andere meststoffen. Ureum lost op in water en wordt dan omgezet in ammoniumcarbonaat. Deze ammoniumcarbonaat wordt vervolgens omgezet in nitraat wat de plant kan opnemen. Nitraat spoelt vrij makkelijk uit en daarom is het belangrijk dat deze in kleine hoeveelheden tegelijk gegeven wordt, zodat de plant het nitraat op kan nemen. Wat de plant niet kan opnemen, spoelt uit en is na een bepaalde tijd niet meer beschikbaar.

De eerste toepassing van fertigatie in uien vindt plaats na twee tot drie weken na het zaaien. Wanneer de nek van de ui zacht begint aan te voelen, moet er gestopt worden met fertigatie. Dit stoppen is ongeveer vier weken voor de uienoogst.

De eerdergenoemde meststoffen kunnen op verschillende manieren worden toegediend. Bij de meest voorkomende manier van het toedienen van meststof wordt de meststof in korrels aangebracht op de grond. Als aanvulling hierop kan de meststof op de grond worden aangebracht en kan de bodem nat gemaakt worden door middel van druppelirrigatie. De nieuwste methode is meststoffen toedienen door middel van fertigatie. In tabel 4 worden alle drie de methoden naast elkaar gezet met de bijbehorende efficiëntie.

Tabel 4 *Efficiëntie van korrelkunstmest, korrelkunstmest met druppelirrigatie en druppelirrigatie in combinatie met fertigatie* (Sandal & Kapoor, 2015).

Meststof	Efficiëntie op grond (in %)	Efficiëntie drip + op grond (in %)	Efficiëntie drip + fertigatie (in %)
Stikstof	30-50	65	95
Fosfaat	20	30	45
Kali	60	60	80

Voor- en nadelen fertigatie

Alle voordelen en nadelen van fertigatie komen uit *Fertigation technology for enhancing nutrient use and productivity: an overview* (Sandal, & Kapoor, 2015)

Wanneer een agrariër kiest voor fertigatie, zijn er zowel voordelen als nadelen. Het is belangrijk om deze allebei te noemen. De voordelen zijn als volgt: gezondere planten, snelle levering van meststoffen, aanvulling van voedingsbehoeften, uniforme verdeling en precisietoepassing van meststoffen, minder arbeid, minder waterverbruik, minder afvoer van meststoffen en minder milieuverontreiniging en een besparing van 40-60% aan meststoffen. Als laatste zorgt fertigatie dat er geen stikstof uitspoelt, dit is belangrijk omdat dit element zeer gevoelig is voor uitspoeling.

Naast alle genoemde voordelen, zijn er ook enkele nadelen aan het fertigatiesysteem. Zo zijn de investeringskosten aanzienlijk hoger, kunnen er chemische reacties plaatsvinden, wat zorgt voor neerslag met de kans dat de druppelslangen verstopt raken. Ook kan bij het verkeerd gebruik van een fertigatiesysteem een niet uniforme verdeling van meststoffen plaatsvinden.

In Nederland zijn een paar bedrijven die onderzoek doen naar fertigatie in uien. Eén van deze bedrijven is Van Iperen. Van Iperen heeft al drie jaar lang ervaring in het aanleggen van fertigatie proeven in uien. Uit een proef die uitgevoerd is op de Uiendag in 2020, blijkt dat er zonder watertoediening 50 ton geoogst kon worden en met druppelirrigatie en fertigatie 75 ton opbrengst gehaald kan worden, aldus Hilberink (2020).

Werking fertigatiesysteem

De werking van het toedienen van meststoffen komt uit de literatuurstudie *Citrus fertigation – a technology of water and fertilizers saving* (Shirgure, 2013). Ook worden in deze literatuurstudie de voordelen en nadelen benoemd.

Om met druppelirrigatie bemesting toe te kunnen dienen, is het belangrijk om een bemestingsmethode te kiezen die past bij het irrigatiesysteem en het gewas dat bemest moet worden. Een onjuiste bemestingsmethode kan onderdelen van het irrigatiesysteem beschadigen, de efficiëntie van het water verlagen en ook de efficiëntie van de meststoffen verlagen. Bij fertigatie wordt er gebruikt gemaakt van een injectorsysteem. Dit injectorsysteem haalt meststoffen uit verschillende bakken en doseert dit in het water dat naar de druppelslangen gaat. Er zijn drie verschillende injectors: drukverschil reservoir, venturi-injector en pompinjectie (Imas, 1999). Elke injector is gemaakt voor een bepaald druk- en afgiftebereik. Alle injectoren kunnen automatisch meststoffen aan het druppelwater toevoegen door pulszeners. Deze pulsen worden omgezet in signalen en regelen vervolgens de afgifte van meststoffen.

De injectie van de vooraf ingestelde hoeveelheid meststof wordt bepaald aan de hand van de hoeveelheid water die wordt gebruikt. Ook kunnen de injectors aangestuurd worden door stroomregelaars, chemisch bestendige kogelkranen of door elektrische of hydraulische regeleenheden die digitaal aangestuurd worden door computers.

Bij het fertigatiesysteem is het belangrijk om een terugslagklep in het systeem te plaatsen. Deze terugslagklep moet het terugstromen en de overheveling van water en meststoffen in meststoftanks voorkomen. Een bemestingsinjector moet in staat zijn om de volgende zaken te regelen: de toediening van de juiste hoeveelheid meststof, het bepalen van de bemestingsduur en de handhaving van de start- en eindtijd.

Drukverschil reservoir

Het drukverschil reservoirsysteem werkt op basis van een drukverschil dat wordt gecreëerd door een klep, een drukregeling, bochten of leidingwrijving. Door het drukverschil wordt het water gedwongen om via een bypassleiding een druktank binnen te gaan. In deze druktank zit de meststof die moet worden toegediend. Wanneer het water weer uit de tank gaat, bevindt zich in dit water een hoeveelheid meststof. De werking van dit systeem is niet heel nauwkeurig. In tabel 5 zijn de voor- en nadelen van dit systeem weergegeven.

Tabel 5 Voordelen en nadelen van een drukverschil reservoir.

Voordelen	Nadelen
Eenvoudig te installeren	Nauwkeurigheid van toediening is laag
Gemakkelijk meststoffen te verwisselen	Drukverlies in hoofdirrigatieleiding of een boosterpomp nodig om dit drukverlies te voorkomen
Ideaal voor het oplossen van droge meststoffen	Beperkte capaciteit
Geen brandstof of elektriciteit nodig	Geen automatische aansturing mogelijk

Venturi-injector

Bij een venturi-injector wordt er gebruik gemaakt van een venturi-apparaat. Dit venturi-apparaat verlaagt de druk die de meststoffen in de leiding zuigt. In tabel 6 zijn de voordelen en nadelen van een venturi-injector weergegeven.

Tabel 6 Voordelen en nadelen van een venturi-injector.

Voordelen	Nadelen
Eenvoudig te installeren en te bedienen	Drukverlies
Geschikt voor lage injectiesnelheden	Automatisering is moeilijk
Injectie is nauwkeurig te regelen met doseerklep	

Pompinjectie

Het pompinjectiesysteem haalt de meststofoplossing uit een voorraadtank en injecteert dit in de hoofleiding. De injectie wordt aangedreven door een elektromotor of hydromotor. Onderstaande tabel toont de voor- en nadelen van een pompinjectiesysteem.

Tabel 7 Voordelen en nadelen van een pompinjectie.

Voordelen	Nadelen
Zeer nauwkeurige toevoeging van meststoffen	Duur in aanschaf
Geen drukverlies	Veel bewegende delen met kans op slijtage
Gemakkelijk aan te passen aan automatisering	

Basisregels fertigatie

De basisregels van fertigatie komen uit *Efficient use of Water and Fertilizers in irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation* (Çetin & Akalp, 2019).

Om de fertigatie goed te laten werken zijn door Burt (1998) enkele basisregels opgesteld, die als handvaten kunnen worden gebruikt:

- Vul de mengbak met 50% tot 75% van de hoeveelheid water die gebruikt moet worden om de meststoffen op te lossen. De hoeveelheid water die nodig is, staat omschreven op het etiket van de meststof.
- De pH en elementen, zoals calcium en magnesium, kunnen de oplosbaarheid van bepaalde meststoffen beïnvloeden. Zo kan de meststof neerslaan en het filter verstopen. Om te kijken of de meststof neerslaat, is het raadzaam om een kleine hoeveelheid meststof die aan de plant wordt gegeven, te mengen in water en 24 uur te laten staan. Als er na deze 24 uur neerslag ontstaat, is het verstandig om de concentratie meststoffen te verlagen of te kiezen voor een andere meststof.
- Bij het mengen is het belangrijk om eerst te starten met het toedienen van de vloeibare meststoffen in het water. Deze opgeloste meststoffen zorgen voor warmte, dat er weer voor zorgt dat korrelmeststoffen beter oplossen en er geen klonten worden gevormd. Ook zorgt een korrel ervoor dat het water kouder wordt. Het bijvoegen van zowel de vloeibare als korrelvormige meststof moet in kleine hoeveelheden plaatsvinden.
- Meng geen geconcentreerde meststoffen met andere geconcentreerde meststoffen.
- Bij het mengen moet altijd gekeken worden naar de oplosbaarheid van meststoffen, deze zijn weergegeven op de verpakking. Wanneer deze niet zijn vermeld, moet de leverancier worden benaderd.

Kortom, met fertigatie is een besparing van 40-60% aan meststoffen haalbaar.

3.4 Hoe kun je het beste beregeningsconcept toepassen op locatie?

Van aanleg tot verwijdering van het beregeningsconcept.

Uit de vorige hoofdstukken is druppelirrigatie naar voren gekomen als het toekomstbestendige beregeningsconcept. Bij het aanschaffen en aanleggen van druppelirrigatieslangen moeten belangrijke beslissingen genomen worden, deze beslissingen zijn beschreven in *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000).

Een druppelslang moet een uniforme waterstroom geven. De uniformiteit van de waterstroom hangt af van de afstand van de druppelaars en het type druppelaar dat wordt gebruikt. Om geen variatie in uniformiteit te krijgen, zijn er CV-nummers. Een CV-nummer zegt namelijk iets over de variëteit van een druppelaar. Een CV van 0,05 geeft een uniforme verdeling van water. De grens van een CV-waarde is 0,1.

Beslissingen bij aanschaf beregeningsconcept.

Bij de aanschaf van een druppelirrigatiesysteem moeten belangrijke beslissingen genomen worden. De eerste vraag is of de druppelslang op de grond of in de grond wordt neergelegd. Wanneer men ervoor kiest om druppelslangen boven op de grond te leggen, worden druppelslangen aan weersinvloeden bloot gesteld. Ook kan het ongedierte de druppelslangen aantasten. Om aantasting van ongedierte tegen te gaan, is het verstandig om een druppelslang te kiezen met een dikke wand. Hierdoor kan het ongedierte de druppelslang niet aantasten.

De tweede beslissing gaat over het gewas dat er geteeld wordt, omdat sommige gewassen op ruggen of bedden geteeld worden. Bij de ruggenteelt is het verstandig om een druppelslang per rug aan te leggen, bij een bed hangt dit af van de hoeveelheid rijen die er worden gezaaid. Op een bed kan een druppelslang prima tussen twee rijen worden aangelegd. Bij de tweede beslissing moet dus naar het gewas gekeken worden wat wordt geteeld.

Druppelirrigatie wordt vaak gebruikt om volwassen planten te voorzien van water, maar het is ook mogelijk om door middel van een druppelirrigatiesysteem zaden te laten ontkiemen. Om zaden te kunnen laten kiemen, moeten de druppelslangen niet te ver van het zaadje afliggen. Een druppelaar maakt namelijk niet het gehele grondoppervlak nat. Om een zaadje te kunnen laten kiemen, kan het dus verstandig zijn om de druppelslangen minder verder uit elkaar te leggen. Door deze beslissing moeten er wel meer druppelslangen worden aangeschaft. De laatste beslissing die genomen moet worden is of er bemesting met het druppelirrigatiesysteem wordt toegediend.

Nadat de beslissingen zijn gemaakt voor het aanschaffen van de druppelslangen, moeten de beslissingen genomen worden voor het aanleggen van deze druppelslangen. Hiervoor zijn ook enkele belangrijke beslissingen die genomen moeten worden.

Beslissingen aanleggen beregeningsconcept

De eerste beslissing gaat over de afstand tot de plant in de rij. Bij een brede rijafstand is het verstandig om de druppelslangen per rij aan te leggen. Is de rijafstand vrij klein, dan kan ervoor gekozen worden om per twee plantrijen een slang te aan te leggen. De afstand die een druppelslang van een plantenrij mag af liggen, is 12 centimeter. Bij kieming van zaden is het belangrijk dat de bodem nat wordt, hier moet ook rekening mee gehouden worden met de afstand van de druppelaars.

De tweede beslissing gaat over het ingraven of boven op de grond leggen van de druppelslang. De slang boven op de grond aanbrengen scheelt een hoop aanlegkosten en het is direct zichtbaar als een druppelslang verstopt zit. Wel moet er rekening worden gehouden met het mogelijke wegwaaien van de slang in windachtige gebieden. Naast de wind kan ook het ongedierte schade veroorzaken aan de druppelslangen. Bovendien is er bij het bovengronds plaatsen van druppelslangen meer verdamping van vocht. Is derde moet de beslissing genomen worden over de diepte van het aanleggen van de druppelslang. Een veel gekozen diepte is 15 centimeter. Dit kan alleen voor diepwortelende gewassen, een ui is een ondiepwortelend gewas. Daarom is het verstandig om bij uien de slang veel ondieper te leggen, maximaal 5 cm is aan te raden. Naast de beworteling speelt de grondsoort ook een rol in de diepte van druppelslangen. In kleigronden beweegt water omhoog, dit geldt niet voor zandgronden. In kleigronden kunnen de druppelslangen dieper worden aangelegd dan in zandgronden. Als laatste moet rekening worden gehouden met bewerkingen die in de teelt uitgevoerd moeten worden. Bij het bovengrond aanleggen van druppelslangen kan er geen mechanische onkruidbestrijding worden uitgevoerd. Om wel een mechanische onkruidbestrijding uit te kunnen voeren, moet de druppelslang in de grond worden geplaatst. Om te voorkomen dat de druppelslang wordt geraakt, moet de druppelslang een paar centimeter dieper worden gelegd dan de werkdiepte van de mechanische onkruidbestrijding.

Als de beslissingen zijn genomen van het aanschaffen en aanleggen, kan er gestart worden met het aanleggen in of op de grond van de druppelslangen. Na deze beslissing kan worden gestart met het aanleggen van druppelirrigatie. Dit aanleggen wordt stap voor stap omschreven in *An implement to install and retrieve surface drip irrigation laterals. Applied engineering in agriculture*, (Zhu, Butts, Lamb & Blankenship (2004)).

Aanleggen druppelslangen

Om op grote percelen snel een druppelslang aan te kunnen leggen, zijn er machines ontwikkeld die druppelslangen ondergronds en bovengronds kunnen plaatsen. Een machine bestaat uit een beitel, een drukwiel, een verstelbaar element om diepte te veranderen, een spanningsveer, twee bodembedekkers en een ring om de slang te geleiden. Alle eerdergenoemde componenten samen vormen één element. De beitel is vijf centimeter breed en maakt een spoortje waar de slang in komt te liggen. De diepte van de beitel kan aangepast worden door het element langer of korter te draaien. De beitel kan ook boven de grond worden geplaatst, zodat de druppelslangen bovengronds komen te liggen.

De spanningsveer zorgt ervoor dat het drukwiel de druppelslang lichtjes aandrukt. Na het perswiel zitten twee bodembedekkers die grond op de druppelslang leggen. Boven de elementen komt een ring die de slang naar het element geleidt, aan dit element zit een glijseuf die loopt tot aan de grond. Bij een rijsnelheid van 6,4 kilometer per uur, kan ongeveer in 72 minuten één hectare worden aangelegd.

Voor het aanleggen zijn er enkele stappen vereist om de gewenste diepte te bepalen:

1. Zet het element op de juiste rijafstand. Deze rijafstand is afhankelijk van de rijafstand van de druppellaars.
2. Zet de beitel op de gewenste diepte. Daarnaast moet ook de diepte van de bodembedekkers worden ingesteld.
3. Vervolgens kan de rol met de druppelslang boven op het element geplaatst worden. Om te kunnen beginnen, moet de rol eerst een stuk worden afgedraaid. Dit afdraaien van de druppelslang moet tot achter het drukwiel.
4. Vervolgens kan de druppelslang aan het begin van de rij worden vastgelegd door middel van een vorkpen of door een schep grond.
5. Hierna kan de tractor worden gestart en kan het uitrollen beginnen. Aan het einde van de rij moet gestopt worden en moet de druppelslang afgesneden worden.



Afbeelding 12 Aanleg machine druppelslangen (rainfloirrigation, z.d.).

Wanneer alle druppelslangen zijn aangelegd, moeten deze worden aangesloten op het systeem. Hoe dit moet, wordt omschreven in de literatuurstudie *Installing a Subsurface Drip Irrigation System for Row Crops*, Enciso, (2004).

Aansluiten druppelslangen aan druppelirrigatiesysteem

Het begin van de druppelslang moet worden aangesloten op de verdeelslang. Deze verdeelslang zorgt ervoor dat al het water naar de druppelslang loopt. Bij het aanleggen wordt de slang niet op de verdeelslang aangesloten, omdat dit niet machinaal kan. Het aansluiten van druppelslangen op de verdeelslang is arbeidsintensief werk. Leveranciers van druppelslangen verkopen speciale tangen die een gat maken in de verdeelslang, waarin een koppeling geplaatst kan worden. Vervolgens wordt de koppeling vastgemaakt aan de druppelslang. Hiervoor worden de volgende stappen gevolgd:

1. Maak het gat in de verdeelslang met de tang. Dit gat komt overeen met de plek waar de druppelslang ligt.
2. Waar het gat is gemaakt, moeten de laatste resten plastic worden verwijderd. Wanneer deze resten niet verwijderd worden, kunnen deze in de loop van het seizoen zorgen voor lekkages.
3. Steek de koppeling in het gat.
4. Lijm de druppelslang op de koppeling vast.
5. Bind een roestvrijstaal draad om de koppeling.

Na het aanleggen en aansluiten moet er ook bepaald worden wanneer er begonnen wordt met irrigeren, dit is in de studie *An Overview of Drip Irrigation* (Carter & Howell, 2000) onderzocht.

Starten met druppelirrigatie en daarna.

Het is belangrijk dat het bevochtigingspatroon ook de ui bereikt die het verst van de druppelslang af ligt. Een bevochtigingspatroon is de cirkel die een druppellaar nat maakt. De eerste keer watergeven met een druppelirrigatiesysteem duurt ongeveer 24 tot 36 uur lang. Zo kan de grond die in de druppelslang zit, eruit worden gespoeld. Ook kan het zout dat zich in de slang bevindt eruit spoelen. Wanneer deze sessie niet lang genoeg duurt, kan de grond en het zout vast komen te zitten in de druppelslang. Hierdoor kunnen verstoppingen ontstaan.

Na het doorspoelen van de leidingen, is het druppelirrigatiesysteem klaar om te beginnen om frequente hoeveelheden water te geven. Druppelirrigatie met een lage watergiften en hoge frequentie is het meest ideaal. Een teler kan hierdoor verwachten dat hij vaker moet beregenen dan met de traditionele bovengrondse manier van beregenen. Watergiften door middel van druppelirrigatie vindt elke dag of om de dag plaats. De reden voor deze frequentie van één of twee dagen is dat er veel minder water per beregenbeurt wordt gegeven. Omdat de watergiften klein zijn, spoelt er aanzienlijk minder water weg uit de bodem. Druppelirrigatie zorgt voor meer controle en precisie van irrigatietiming.

De precisie van druppelirrigatie wordt bepaald door de SWT. SWT staat voor bodemwaterspanning en vertelt hoe sterk water wordt vastgehouden in de grond. De uienopbrengst hangt namelijk af van de hoeveelheid energie die nodig is voor de wortels van planten om water uit de grond te onttrekken. Het meten van SWT kan een teler ook helpen om de grond niet te laten verzadigen. Hierdoor blijft de beluchting van de grond in stand en zijn er ook minimale verliezen van water. De bodemwaterspanning kan gemeten worden met een tensiometer.

Een tensiometer bestaat uit een plastic buis met aan één kant een keramische cup en aan de andere kant een vacuümmeter. De tensiometer meet in de grond op zes centimeter van de druppelslang en een diepte van één derde van de wortelzone. Bij uien is dit zes centimeter diep, omdat de meeste wortels van een ui zich bevinden tot 18 centimeter. Een tensiometer wordt gevuld met water. Wanneer de grond droger wordt, of juist natter, verandert het waterpeil in de tensiometer en wordt dit geregistreerd. Wanneer de tensiowaarde hoger wordt, is er sprake van droogte. Bij het dalen van de waarde, wordt de grond natter en heeft er een druppelirrigatie ronde plaatsgevonden.

Watergiften van een druppelirrigatiesysteem kunnen dus bepaald worden door de bodemwaterspanning en kan gemeten worden met een tensiometer. Een tensiometer meet in centibars. Bij 0 centibar is de grond verzadigd en bij 100 centibar is de grond droog. In een onderzoek door Schok et al. (2000) is gebleken dat een watergift het beste kan plaatsvinden wanneer de tensiometer 20 centibar meet. Een ui wordt gezaaid tot en met mei. Vanaf mei neemt het watergebruik tot begin juli toe, waarbij de irrigatiefrequentie verhoogd moet worden om aan de waterbehoeften van de ui te kunnen voldoen of er valt voldoende neerslag in de vorm van regen. In augustus neemt de waterbehoefte flink af en kan de frequentie van het water geven ook omlaag.

Welk onderhoud er gedaan moet worden, wordt omschreven in *Maintenance of Drip Irrigation System*, Manda (2019 december).

Onderhoud druppelirrigatiesystemen

In het water dat wordt gebruikt voor druppelirrigatie kunnen zich verschillende onzuiverheden bevinden zoals zand. Wanneer een druppelirrigatiesysteem niet goed wordt onderhouden, treden er verschillende problemen op. Deze problemen kunnen een flinke efficiëntie vermindering geven. Ook kunnen er blokkeringen of verstoppingen ontstaan in de druppelslangen. Wanneer deze problemen niet worden verholpen, gaat de levensduur van de druppelslang aanzienlijk omlaag. Om deze problemen te voorkomen is het nodig om regelmatig onderhoud uit te voeren.

Dagelijks onderhoud tijdens druppelirrigatie

Om de eerdergenoemde verstopping te voorkomen, moeten dagelijks de filters worden gereinigd. Bij de reiniging worden de aftapkranen geopend van de filters en pompt de pomp vijf minuten het water door het filter heen. Hierna kunnen de aftapkranen weer worden gesloten. Bij een zandfilter stroomt het water vanaf boven het filter in en gaat het water door het zandbed. Hier blijft het zand achter. Bij het reinigen van dit filter wordt het water teruggespoeld, waardoor het zand uitzet. Hierdoor komt het vuil vrij. Wanneer dit terugspoelen niet regelmatig gebeurt, kunnen oneffenheden zich ophopen waardoor de efficiëntie flink afneemt.

Tweewekelijks onderhoud tijdens druppelirrigatie

Bij het dagelijks onderhoud moet het zandfilter worden gereinigd. Dit filter moet ook gereinigd worden in het tweewekelijkse onderhoud. In het dagelijks onderhoud wordt deze doorgespoeld, na een paar weken kan het zo zijn dat dit niet meer afdoende is en moet het filter handmatig gereinigd worden. Een indicatie om te kijken wanneer deze reiniging nodig is, is het drukverschil tussen de in- en uitlaatkleppen van het zandfilter. Wanneer het drukverschil groter wordt dan $0,5\text{kg/m}^2$ moet het filter opengemaakt worden. Het zandfilter kan geopend worden door de deksel te verwijderen en vervolgens het water uit het filter te laten. Belangrijk bij het afdrukken van het water is dat er geen zand uit het filter komt. Vervolgens moeten de zandklonten in het filter kapot worden gemaakt. Dit kan door het zand in de handen te breken. Het zandfilter moet ongeveer voor de helft gevuld zijn met zand, dit is aangegeven door een streep in het filter.

Zit het zand onder dit niveau, vul het zand dan bij. Het zand moet bijgevoerd worden met speciaal zand, dit speciale zand heet silic. Dit zand heeft hoekige gedeeltes waar het vuil aan kan blijven hangen. Gewoon zand is niet geschikt, want het heeft ronde kanten. Vervolgens kan het water weer in het filter gepompt worden. Hierna kan het deksel weer worden teruggeplaatst.

Slib en andere fijne deeltjes die uit het zandfilter komen, worden opgevangen in het schermfilter. Om het schermfilter te kunnen reinigen, moet ook het deksel worden verwijderd. Vervolgens moeten de rubber afdichtingen worden verwijderd. Nu kunnen de schermfilters er worden uitgepakt en één voor één worden gereinigd met water. Bij het schoonmaken is het verstandig om gebruik te maken van een zachte tandenborstel. Na het reinigen kunnen de schermfilters terug worden geplaatst en vervolgens ook de rubberafdichtingen.

Maandelijks onderhoud tijdens druppelirrigatie

Naast oneffenheden, kunnen er ook zouten in het druppelirrigatiesysteem komen. Deze moeten maandelijks worden verwijderd. Dit kan door middel van een behandeling met zuur of met chloor. Een zuuroplossing helpt bij neergeslagen zout uit de aanvoerslang en druppelaars. Een chloorbehandeling helpt bij biologische vervuiling. Deze biologische vervuiling kan bestaan uit bacteriën en algen.

Halfjaarlijks onderhoud tijdens druppelirrigatie

Vervang het zandfilter voor een nieuwe filter elk halfjaar. Zanddeeltjes die in het filter zitten, slijten doordat het vuil langs de hoeken van de zanddeeltjes komen. Ook is het belangrijk om de pomp te smeren en andere bijbehorende onderhoudswerkzaamheden voor de pomp uit te voeren.

Na het teeltseizoen moet het druppelirrigatiesysteem ook worden verwijderd. Dit verwijderen van de druppelslang wordt omschreven in *An implement to install and retrieve surface drip irrigation laterals*. *Applied engineering in agriculture* (Zhu, Butts, Lamb & Blankenship (2004)).

Verwijderen van de druppelslangen

Bij het verwijderen van druppelslangen, wordt er gebruikt gemaakt van een oprolmachine. Deze oprolmachine bestaat uit twee grote rollen waar de druppelslang op komt te liggen. Belangrijk bij het oprollen is om te beginnen bij het einde van de druppelslang zodat het water aan de andere kant uit de druppelslang kan lopen. De grote rollen worden aangedreven door de PTO van de tractor. Om deze druppelslang op te kunnen rollen moeten, net als bij het aanleggen, enkele belangrijke stappen worden genomen. De stappen die moeten worden gevolgd, worden hieronder weergegeven:

1. Koppel de druppelslang los van de verdeelslang.
2. Ga vervolgens naar het uiteinde van de slang. Wikkel de druppelslang twee keer om de grote rol.
3. Start de motor van de tractor, en laat de PTO draaien. Door het draaien van de PTO beginnen de rollen te draaien en de slang op te rollen.
4. Als de rol vol is, kan deze worden afgekoppeld en vervangen worden door een nieuwe rol.



Afbeelding 13 Machine om druppelslangen te verwijderen (Kenno manufacturing, z.d.).

Protocol proefperceel uien

Dit protocol wordt geschreven om alle eerde behandelde theorie om te zetten naar een praktijkvoorbeeld. In dit geval is de theorie de uitgewerkte resultaten en het praktijkvoorbeeld een proefperceel waar in 2021 uien worden geteeld. Omdat druppelirrigatie nog vrij onbekend is onder telers, wordt ervoor gekozen om een perceel uien te kiezen waar komend jaar druppelirrigatie aangelegd wordt.

De proefopzet, onderzoeksmethode en de materialen die nodig zijn om dit protocol te kunnen schrijven, worden onderzocht in een toegepast onderzoek. Uit dit toegepast onderzoek komen conclusies en aanbevelingen voor het proefperceel uien.

De proefopzet begint met het uittekenen van het perceel. Op dit perceel worden uien geteeld op bedden die 2,25 meter breed zijn. Op een bed van 2,25 meter groeien 8 rijen met uien.

Omdat niet het gehele perceel wordt voorzien van druppelirrigatie, wordt besproken hoeveel bedden worden voorzien van druppelirrigatie. Aan de hand van het gedeelte druppelirrigatie kan de proefopzet worden geschreven. In de proefopzet wordt door middel van een bepaalde volgorde beschreven welke componenten moeten worden aangeschaft. Vervolgens worden deze componenten afgestemd op het perceel en dit wordt beschreven in de resultaten proefopzet.

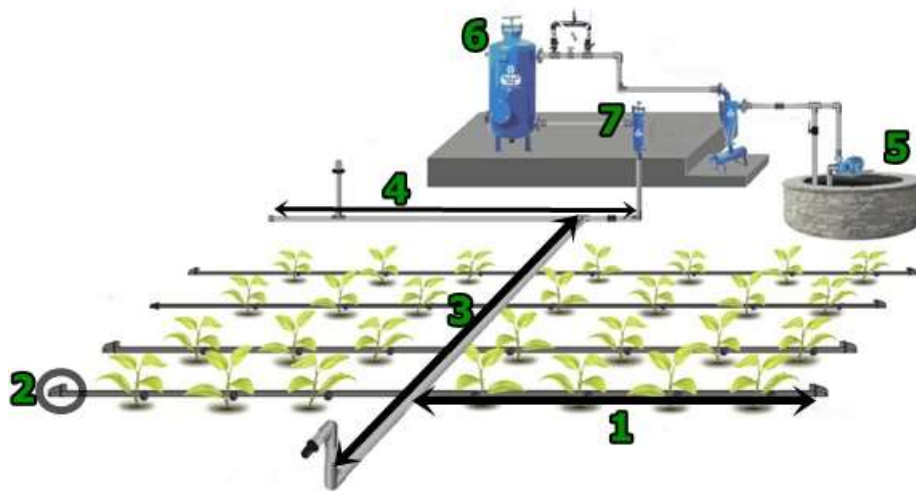
Materialen

Voor het schrijven van dit protocol is een handboek berekening nodig, dit handboek berekening is afkomstig van Netafim (jaartal) en geeft overzichtelijk alle componenten van het druppelirrigatiesysteem weer. Ook staat er in het handboek beschreven welke beslissingen er genomen moeten worden. Voor een druppelirrigatiesysteem zijn enkele berekeningen nodig, deze berekeningen worden omschreven in een stappenplan van Torro (2014).

Vervolgens kan een tabel worden geschreven die afkomstig is uit de tekst. De tabel wordt ingevuld in het hoofdstuk Resultaten.

Waarnemingen

In dit hoofdstuk wordt het perceel dat eerder is uitgekozen voorzien van druppelirrigatie. Voor druppelirrigatie moeten veel componenten worden berekend en daarna worden aangekocht. Een druppelirrigatiesysteem bestaat uit de volgende componenten: pomp met filters, de waterflowmeters, de hoofd- en subhoofdleidingen, de druppeltape en de drukkleppe. In afbeelding 14 wordt het druppelirrigatiesysteem overzichtelijk weergegeven en verdeeld in nummers. De nummers worden in volgorde hieronder behandeld.



Afbeelding 14 Weergave druppelirrigatiesysteem met bijbehorende nummers van componenten (Plantations International, z.d).

In het hoofdstuk ‘Waar is het beregeningsconcept uit opgebouwd?’ is te lezen dat de pompcapaciteit wordt bepaald door de druppelslangen. Andersom geldt ook dat de pompcapaciteit de druppelslang bepaalt, in dit geval de lengte of de diameter. In het proefperceel wordt ervan uitgegaan dat de pomp niet de bottleneck is, omdat het perceel vrij klein is.

Druppelslang

Een druppelslang is in afbeelding 14 weergegeven als nummer 1. Een druppelslang heeft een bepaalde lengte, dit kan bepaald zijn door de lengte van het perceel zijn, de helling van het perceel of de maximale lengte die de pomp kan voorzien van water. Aan het einde van een druppelslang, komt een stop. Deze stop is weergegeven als nummer 2 in afbeelding 14. Naast de lengte is er ook keuze in diameter van slangen en in wanddiktes van slangen. Om de lengte en diameter uit te kunnen rekenen voor het proefperceel, wordt het rekenprogramma Aqua Flow gebruikt. Aqua Flow is een rekenprogramma dat is ontwikkeld door het Amerikaanse bedrijf Torro om de soort druppelslang te berekenen. Het Aqua Flow rekenprogramma zorgt voor een optimale water- en grondstoffenefficiëntie (Torro, 2014). Dit optimale ontwerp wordt gemaakt door de afgifte uniformiteit van een ontwerp van druppelirrigatie te voorspellen, aldus Torro (2014).

Het rekenprogramma Aqua Flow begint met het invoeren van het perceel. De afmetingen van het perceel moeten worden weergegeven, de teeltrichting en het hoogteverschil. In bijlage 1.2 zijn de afmetingen en teeltrichting van het proefperceel te zien. Het proefperceel waar de druppelirrigatie voor wordt berekend, komt op het groene gedeelte te liggen. Dit groene gedeelte is 428 meter lang en 80 meter breed. Tevens is 428 ook de teeltlengte.

Vervolgens is door middel van de website Boer & Bunder (boer&bunder, z.d.) een hoogtekaart gemaakt. Deze hoogtekaart is in bijlage 1.3 weergegeven. Het hoogteverschil van het gehele perceel is 0,57 meter. De hoogtekaart laat zien dat er weinig variatie zit in het gedeelte waar de druppelirrigatie komt en de rest van het perceel. Daardoor kan met het hoogteverschil van 0,57 meter worden gerekend.

Nu deze gegevens bekend zijn, kunnen de gegevens van het perceel en de hoogtekaart worden ingevoerd in het Aqua Flow programma. Uit dit programma komen vervolgens de waterstroom, druppelslangstroom, minimale druk, maximale druk, binnendiameter druppelslang, druppelslang efficiëntie en het soort druppelslang (Torro, 2014). De uitkomsten voor de juiste keuze van druppelslangen zijn nu bekend, vervolgens moet de afstand van de aanvoerslang naar de druppelslang worden berekend.

Verdeelslang

De druppelslangen worden door middel van een koppeling vastgemaakt aan de verdeelslang. De verdeelslang is als nummer 3 weergegeven in afbeelding 14. Wanneer de druppelslang is berekend, kan ook de verdeelslang worden berekend. Voor deze verdeelslang is het hoogteverschil nodig, in het proefperceel is het hoogteverschil 0,57 meter. Wanneer deze gegevens zijn ingevuld in het Aqua Flow rekenprogramma, rekent het rekenprogramma de volgende gegevens uit: minimale druk, maximale druk, binnendiameter, blok grootte, blok stroom, neerslagsnelheid, verdeelslang lengte, aantal druppelslangen per blok en reistijd van water. Wanneer de gegevens voor de verdeelslang zijn uitgerekend, kan vervolgens de gegevens voor de aanvoerslang worden uitgerekend.

Aanvoerslang

Voor de aanvoerslang moet in het werkbalkmenu een hoofdlijnontwerp worden gekozen. Dit hoofdlijnontwerp begint bij de waterbron, en gaat vervolgens naar de verdeelslang. Ook bij deze berekening wordt het hoogteverschil meegenomen. Vervolgens komt hieruit de snelheid, de reistijd, de lengte, het slangtype en de slanglengte. De aanvoerslang is nummer 4 in afbeelding 14.

Pomp

Bij druppelirrigatie wordt meestal een centrifugaalpomp gebruikt. Een centrifugaalpomp is een pomp met een rotor die ronddraait. Deze rotor geeft energie mee aan het water. Centrifugaalpompen kunnen horizontale of verticale pompen zijn. Horizontale centrifugaalpompen worden gebruikt in diepe bronnen. Verticale worden gebruikt bij oppervlaktewater. De pomp is weergegeven als nummer 5. Een pomp kan worden aangedreven door een elektromotor of verbrandingsmotor.

Omdat een pomp water moet opzuigen, heeft dit invloed op de uitgangsdruk. Hoe makkelijker het water op te zuigen is, hoe hoger de uitgangsdruk. Een pomp moet voldoende druk en stroomsnelheid kunnen leveren. Of een pomp geschikt is voor een druppelslangstelsel, is af te lezen aan de prestatiecurve van een pomp. Om een goed kloppend druppelirrigatiesysteem te krijgen, is de prestatiecurve van groot belang. Bij verandering van de druk van de pomp, verandert ook de werkdruk en de efficiëntie van de pomp. Een pomp met een zo vlak mogelijke prestatiecurve is het meest geschikt. Wanneer de pomp erg van de prestatiecurve afwijkt, wordt de pomp niet goed gebruikt en stijgen de bedrijfskosten. Om de levensduur van de pomp te verlengen, moet de pomp zo continu mogelijk gebruikt worden met zo min mogelijk verschil in druk.

Filter

Een filter is cruciaal in elk druppelirrigatiesysteem voor een goede werking en prestatie op lange termijn. Het filter wordt weergegeven met nummer 6. Filters voorkomen namelijk verstoppingen in het druppelirrigatiesysteem. Waterkwaliteit is het uitgangspunt voor het kiezen van een filter. Waterkwaliteit zegt namelijk iets over de variëteit en concentratie van opgeloste stoffen in het

water. In het water kunnen namelijk chemische, fysische en biologische stoffen zitten. De chemische stoffen worden beïnvloed door de variëteit en concentratie van de opgeloste chemische stoffen. Deze opgeloste stoffen omvatten ionen van opgeloste zouten zoals chloride, natrium en plant voedingsstoffen (stikstof, fosfaat en kalium). Daarnaast kan er in het water calcium en magnesium zitten, wat iets zegt over de hardheid van het water. De biologische stoffen zijn vooral levende organismen zoals bacteriën, virussen, eencellige eiwitten en algen.

Voor het water dat gebruikt wordt voor druppelirrigatie, is geen standaard waterkwaliteit. De waterkwaliteit wordt wel bepaald op basis van metingen met daaraan drempelwaarden gekoppeld om verstopping en schade aan het systeem te. Filters zijn er in drie soorten: zandmediafilters, schermfilters en schijffilters. Zandmediafilters worden gebruikt bij oppervlaktewater. De andere twee filters worden gebruikt bij kleinere oneffenheden.

Watermeters

Het laatste nummer op afbeelding 14 is nummer 7, de waterflowmeters. De waterflowmeter kan bestaan uit een propeller of een magnetische waterflowmeter. De propeller waterflowmeter is het meest gebruikt. Deze meet de hoeveelheid water die het druppelirrigatiesysteem ingaat. Wanneer deze is gekoppeld met de pomp, kan de pomp afslaan als de propeller waterflow de hoeveelheid water meet die vooraf is ingesteld. Ook is er indicator meter voor verstoppingen in filters. Een propellermeter meet namelijk de hoeveelheid water in m³ per uur. Wanneer deze m³ per uur niet worden gehaald, is er ergens een filter dat vol zit.

Kort samengevat moeten de volgende componenten worden berekend:

Tabel 8 Componenten met bijbehorende benodigdheden en vervolgens uitkomsten.

Component	Benodigdheden	Uitkomsten
Druppelslang	Invoeren in Aqua Flow rekenprogramma: - Afmetingen - Hoogtekaart - Teeltrichting	- Waterstroom - Druppelslangstroom - Minimale druk - Maximale druk - Binnendiameter slang - Druppelslang efficiëntie - Afstand druppellaars
Verdeelslang	Hoogteverschil invoeren in Aqua Flow rekenprogramma	- Blok grootte - Blok stroom - Verdeelslanglengte - Aantal druppelslangen - Reistijd water
Aanvoerslang	Hoogteverschil invoeren in Aqua Flow rekenprogramma	- Wrijvingssnelheid - Snelheid - Reistijd - Lengte aanvoerslang - Slangtype
Pomp	Folder pomp	- Pomptype - Diesel/elektrisch
Filter	Afkomst water	- Soort filter
Watermeter	Keuze propeller of magnetische flowmeter	- Soort flowmeter

Naast dat er beslissingen over de componenten moeten worden genomen, moeten er ook beslissingen genomen worden over de plaatsingsdiepte en wanddikte van de slangen.

Plaatsingsdiepte

Een teler kan een deel van de onkruidbestrijding uitvoeren door middel van mechanische onkruidbestrijding. Voor het aanleggen van druppelirrigatie moet hier rekening mee gehouden worden, omdat de druppelslang in het gedeelte komt te liggen waar geschoffeld wordt. Hiervoor is het verstandig om de druppelslang op een diepte van 10 centimeter te leggen.

Wanddikte druppelslang

Wanneer een teler geen mechanische onkruidbestrijding hoeft uit te voeren, kan een teler kiezen om de slangen niet in te graven maar boven op de grond te leggen. Dit scheelt aanzienlijk in het werk met het aanleggen en verwijderen van de druppelslangen. Wanneer de teler ervoor kiest om de druppelslangen op de grond te plaatsen, is het verstandig om een andere wanddikte te nemen. Voor het ondiep ingraven van druppelslangen is een wanddikte van 6 mil voldoende, wanneer de druppelslangen op de grond komen te liggen neemt de kans op schade door ongedierte toe. Door een wanddikte van 8 mil te nemen, wordt voorkomen dat het ongedierte gaten kan maken in de druppelslang. Ook is het verstandig om bij dieper dan 5 cm diepte 8 mil te kiezen.

Tabel 9 *Aanleg beslissingen.*

Beslissing	Keuze
Aanlegdiepte	Mechanische onkruidbestrijding ja/nee
Wanddikte druppelslang	6 mil of 8 mil

Resultaten

Nadat alle gegevens in het rekenprogramma zijn ingevoerd, is er een overzicht met uitkomsten gemaakt. Deze uitkomsten zijn weergegeven in bijlage 1.4 Uitkomsten rekenprogramma. Vervolgens kunnen deze worden gebruikt om de tabel in te vullen.

Tabel 10 *Uitkomsten componenten.*

Component	Berekend	Uitkomst
Druppelslang	- Soort slang - Waterstroom - Druppelslangstroom - Minimale druk - Maximale druk - Binnendiameter slang - Druppelslang efficiëntie - Afstand druppellaars	8 mil, 20 spacing, 0,3 liter 1,32 liter/uur/meter 0,58 m ³ /druppelaar 0,51 bar 0,70 bar 22 millimeter 84,35% 20 centimeter
Verdeelslang	- Blokgrootte - Blokstroom - Verdeelslanglengte - Aantal druppelslangen - Reistijd water	3,15 hectares 69,92 m ³ /uur 72 meter 128 druppelslang 3,79 minuten
Aanvoerslang	- Snelheid - Reistijd - Lengte aanvoerslang - Slangtype	763,94 liter/uur 23,07 12 meter 4 duims
Pomp	- Pomptype - Diesel/elektrisch	Centrifugaalpomp Diesel
Filter	- Soort filter	Zandmediafilter
Watermeter	- Soort flowmeter	Propellermeter

De teler geeft aan te willen schoffelen in het groeiseizoen, daarom wordt ervoor gekozen om de druppelslang aan te leggen op een diepte van 10 centimeter. Vanwege het aanleggen op een diepte van 10 cm, moet er voor een wanddikte van 10 mil gekozen worden.

Tabel 11 *Uitkomsten aanleg beslissingen.*

Beslissing	Uitkomst
Aanlegdiepte	10 cm
Wanddikte druppelslang	10 mil

Verloop protocol

De doelstelling van dit protocol was om de theorie om te zetten naar de praktijk. Dit is gebeurd door middel van het schrijven van een protocol waarin alle behandelde componenten van een druppelirrigatiesysteem werd beschreven voor een proefperceel uien.

In het hoofdstuk Resultaten worden de componenten beschreven met bijbehorende uitkomsten. Deze uitkomsten zijn berekend door middel van het Aqua Flow rekenprogramma van Torro. De pomp, filters en watermeters zijn besproken met Flevodrip.

De resultaten uit het protocol kunnen overhandigd worden aan de teler. Het is een kant-en-klaar plan om een druppelirrigatiesysteem aan te leggen. De uitkomst is gebaseerd op een. Voor een teler is het verstandiger om naast meerder methoden, ook verschillende merken naast elkaar te zetten en hier vervolgens een berekening voor te maken. Zo kan de teler een nog beter overweging maken.

Geraadpleegde bronnen:

- Torro. (2014, mei). *AquaFlow User's Manual*. Torro.com.

<https://www.toro.com/~media/Files/Toro/Agriculture/Resources/AquaFlow>

- Netafim. (2013). *Drip irrigation handbook*. Netafim.com. <https://www.netafim.com.mx/bynder/-drip-irrigation-system-handbook-.pdf>

- Deskundige van Flevodrip, de heer E.J. Molenaar

Samenvatting proef

Door het hoofdstuk Resultaten aan de teler te overhandigen, kan een teler de componenten aanschaffen die eerder zijn genoemd. Hierdoor kan de teler het perceel uien in 2021 voorzien van druppelirrigatie. Wel is het belangrijk bij het maken van een overweging, om een vergelijking te maken tussen meerdere merken. Ook is het belangrijk dat een teler een prijsvergelijking maakt tussen verschillende merken.

Discussie

De komende jaren is er meer kans op droge perioden. Droogte kan leiden tot een oogstreductie van 30% doordat uien vooral ondergronds gaan groeien en sneller afrijpen. Aangezien een ui oppervlakkig wortelt, ongeveer achttien centimeter diep, en 350 tot 550 millimeter water nodig heeft, is het van belang om goed te kunnen beregenen. De doelstelling van dit afstudeerwerkstuk was om een beregeningsconcept te onderzoeken om deze droge periodes door te komen zodat uientelers dit beregeningsconcept kunnen gebruiken en meer informatie hebben over de toepassing ervan. Dit toekomstbestendige beregeningsconcept moet efficiënt om kunnen gaan met water, het waterverbruik aanzienlijk verminderen, minder kans geven op verslemping, niet windgevoelig zijn, mechanische onkruidbestrijding toelaten en geen aangenaam klimaat creëren voor ziekten en plagen. Dit is onderzocht door gebruik te maken van literatuurstudies, waarna een protocol is aangemaakt om dit concept toe te passen op een proefperceel zaaiuien.

Wereldwijd worden er drie beregeningsconcepten gebruikt: voren beregening, sproeierberegening (beregeningshaspel) en druppelberegening (druppelirrigatie). Alle drie de beregeningsconcepten zijn beoordeeld op waterefficiëntie. Hieruit zijn de beregeningshaspel en de druppelirrigatie als meest efficiënt naar voren gekomen. Vervolgens zijn deze twee concepten beoordeeld op de gestelde criteria om het toekomstbestendige beregeningsconcept te onderzoeken. Hieruit is druppelirrigatie naar voren gekomen als toekomstbestendige beregeningsconcept. Dit is een verrassend resultaat, omdat in Nederland 95% tot 98% van de landbouwgrond door middel van een zelfrijdend sproeisysteem wordt beregend.

Bij het aanleggen van druppelirrigatie moet gekeken worden naar de grootte van de boerderij, de aanwezigheid van water, de helling van het land, de bodem en het gewas dat er geteeld wordt. Een druppelirrigatiesysteem is opgebouwd uit een pomp met filters, de waterflowmeters, de hoofd- en subhoofdleidingen, de druppeltape en de drukkleppen.

Met druppelirrigatie is het ook mogelijk om bemesting toe te dienen, dit wordt fertigatie genoemd. Door fertigatie wordt 90% van de bemesting opgenomen door de plant en kan een besparing worden behaald van 40% tot 60% van de meststoffen. Meststoffen kunnen op drie manier worden aangebracht: drukverschil reservoir, venturi reservoir en pompinjectie.

Om een druppelirrigatiesysteem aan te kunnen leggen, moeten enkele beslissingen worden genomen zoals de plaatsing (in of op de grond). Ook moet er gekeken worden naar de manier van telen, op ruggen of op bedden. Daarnaast moet gekeken worden of druppelirrigatie gebruikt gaat worden voor de ontkieming van zaden. Het aanleggen en verwijderen van de druppelslangen gebeurt door middel van een machine. Het aansluiten moet handmatig gebeuren. Wanneer het druppelirrigatiesysteem werkt, moet er dagelijks, tweewekelijks, maandelijks en halfjaarlijks onderhoud uitgevoerd worden. Als laatste hoofdstuk is er een druppelirrigatiesysteem uitgewerkt voor een perceel uien.

Het onderzoek naar het toekomstbestendige beregeningsconcept is in grote lijnen verlopen zoals gepland. Er hebben enkele wijzigingen plaatsgevonden. Eerst zou de aanpassing van de teelt voor druppelirrigatie worden besproken in deelvraag twee, dit is verschoven naar deelvraag vier. Hierdoor werd er in deelvraag twee de werking van de verschillende concepten toegelicht en werd in deelvraag vier de toepassing verder toegelicht. Daarnaast is er aan het begin van deelvraag één meer informatie gegeven over de zaaiui om de lezer er meer informatie te geven.

Om het toekomstbestendige beregeningsconcept te beschrijven, was voldoende literatuur beschikbaar. Voor het schrijven van het protocol was het moeilijker om aan informatie te komen. Deze informatie was niet beschreven in een literatuurstudie. Om toch een protocol te kunnen schrijven, zijn deskundigen telefonische benaderd. Met deze deskundigen zijn de componenten berekend voor het toekomstbestendige beregeningsconcept. Vervolgens kon aan de hand van deze uitkomsten een stappenplan geschreven.

Het was lastig om genoeg informatie te krijgen van deskundigen. In het vervolg zou het verstandiger zijn om persoonlijk contact te zoeken door op bezoek te gaan bij deskundigen. Dit kon de corona helaas niet plaatsvinden. Bij persoonlijk contact is het makkelijker om vragen te stellen en informatie te winnen.

De beantwoording van de deelvragen heeft grotendeels plaatsgevonden aan de hand van literatuurstudies. Door verschillende literatuurstudies te gebruiken, is er veel informatie beschikbaar gekomen om een afstudeerwerkstuk te schrijven. In de literatuurstudies zaten namelijk veel overeenkomsten in uitkomsten wat betrouwbare gegevens oplevert. Deze studies zijn betrouwbaar, maar kunnen een vertekenend beeld geven, omdat de buitenlandse studies in andere klimaat zijn uitgevoerd. Dat de studies in drogere omstandigheden zijn uitgevoerd is juist een voordeel, om aan te tonen dat het toekomstbestendige beregeningsconcept in een droog klimaat ook goed functioneert.

In dit afstudeerwerkstuk is er geen veldproef uitgevoerd. Hier is voor gekozen omdat het bijvoorbeeld in een groeiseizoen veel kan regenen wat een ander beeld geeft over het toekomstbestendige beregeningsconcept dan in een droog jaar. Daarnaast was het ook niet haalbaar om in deze korte periode een proef uit te voeren. De literatuurstudies die gebruikt zijn, bestonden veel uit proeven die eerder zijn uitgevoerd. Deze proeven geven meer informatie over het juiste beregeningsconcept dan één veldproef van één perceel in één jaar.

Dit afstudeerwerkstuk geeft een duidelijk antwoord op een toekomstbestendig beregeningsconcept voor de uienteler. Het afstudeerwerkstuk is goed opgebouwd door eerst wereldwijd te kijken en dan in te zoomen op de toepassing van één beregeningsconcept. Daarna wordt dit beregeningsconcept volledig beschreven, waardoor de uienteler de werking ervan begrijpt. Door dit beschrijven worden verschillende handvaten gegeven en kan de teler zo met het toekomstbestendige beregeningsconcept aan de slag. Wel is het belangrijk dat de teler goed de kosten berekent en kijkt of dit wordt terugbetaald door de verhoogde meeropbrengst die wordt behaald.

Conclusie en aanbevelingen

Dit afstudeerwerkstuk gaat over een toekomstbestendig beregeningsconcept voor in de uienteelt. Een toekomstbestendig beregeningsconcept moet watertekorten wegnemen in droge perioden. Het aantal droge perioden gaat namelijk vaker voorkomen. Nu komt een droge periode een keer per tien jaar voor, dit gaat in de toekomst veranderen naar eens in de zes jaar. Een droge periode zorgt voor een oogstreductie van 30%. Naast de kans op droge perioden, gaat de wereldbevolking ook groeien. Hierdoor verschuift de vraag naar uien van 90 miljoen ton naar 150 miljoen ton per jaar.

Om watertekorten weg te nemen en de wereldbevolking te kunnen voorzien van voedsel, moet er beregend worden. Beregenen is het aanvullen van neerslagtekorten. Om in de toekomst watertekorten te voorkomen en ook de grote vraag naar uien te kunnen leveren, moet het watersysteem aangepast worden. Hierbij moet ook het watergebruik omlaag. Om dit te onderzoeken, is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: ***‘Wat is een goed ontwikkeld beregeningsconcept voor in de toekomst in de uienteelt?’***

In de eerste deelvraag zijn de huidige beregeningsconcepten, zowel wereldwijd als in Nederland, onderzocht. Het onderzoek is gestart met de beregeningsconcepten wereldwijd; dit zijn voren beregening, sproeierberegening en druppelberegening. Voren beregening maakt gebruik van zwaartekracht. Sproeierberegening sproeit water dat onder druk staat in de lucht, wat vervolgens neerkomt op de grond. Sproeierberegeningssysteem bestaat uit drie systemen: permanent, verplaatsbaar en zelfrijdend. Het derde wereldwijd gebruikte beregeningsconcept is druppelberegening (druppelirrigatie). Druppelberegening geeft water met lage snelheden en lage druk.

In Nederland wordt 95% tot 98% van de landbouwgrond beregend met een zelfrijdende sproeisysteem, dit wordt in Nederland een beregeningshaspel genoemd. Een beregeningshaspel wordt gebruikt vanwege de betrouwbaarheid, het gemak en de goede verdeling. Beregening wordt in Nederland gebruikt om gewassen te laten kiemen, hittestress te voorkomen en te zorgen voor een hogere opbrengst.

Om te kijken welk beregeningsconcept toekomstbestendig is, werd in de tweede deelvraag hiernaar onderzoek gedaan. Voor dit onderzoek werd gekeken naar de efficiëntie en het watergebruik. Een zelfrijdend sproeisysteem en druppelirrigatie waren het meest efficiënt met water. In het watergebruik was de druppelirrigatie het zuinigste met 40m³ per dag, een beregeningshaspel verbruikt die 40 m³ water in één uur.

Beide beregeningsconcepten werden vervolgens ook vergeleken aan de hand van de beoordelingscriteria. Dit waren kans op slemp, windgevoeligheid, mechanische onkruidbestrijding en kans op ziekten en plagen. Druppelirrigatie gaf geen kans op slemp, was niet windgevoelig, mechanische onkruidbestrijding kon uitgevoerd worden en de kans op ziekten en plagen was er niet. Hierdoor werd druppelirrigatie als het toekomstbestendige beregeningsconcept gekozen.

Nadat het toekomstbestendige beregeningsconcept bekend was geworden, werd in deelvraag twee gekeken naar de overwegingen om het druppelirrigatiesysteem aan te leggen en waar het uit opgebouwd is. De overwegingen om een druppelirrigatiesysteem aan te leggen bestaat uit de grootte van de boerderij, de aanwezigheid van water, de helling van het land, de bodem en het gewas dat geteeld wordt. Toen de overwegingen bekend waren, werd overgegaan op de componenten van een druppelirrigatiesysteem. Een druppelirrigatiesysteem is opgebouwd uit een pomp met filters, waterflowmeters, hoofd- en subleidingen, druppeltape en drukkleppe. De deelvraag werd afgesloten met aandachtspunten.

De aandachtspunten om een druppelirrigatiesysteem aan te leggen zijn: de kwaliteit van het materiaal, de aanwezigheid van water, het type druppelslang, de keuze van de pomp, de waterkwaliteit, de afstand tussen druppelaars en het regelmatig reinigen van filters.

Toen de druppelirrigatie besproken was, werd er in deelvraag drie gekeken naar wat er nog meer mogelijk is naast het water geven. Met druppelirrigatie kunnen namelijk ook meststoffen worden toegediend. Dit wordt fertigatie genoemd. Met het toedienen van meststoffen, door middel van druppelirrigatie, is het mogelijk om 90% van de meststof te laten opnemen door de plant. Daarnaast is er een besparing mogelijk tussen de 40% en 60%. Meststoffen die worden toegepast zijn korrelvormig of vloeibaar. Bij fertigatie bestaat de meststof uit een N-, P- en K-meststoffen.

Bij druppelirrigatie is het mogelijk om bemesting te geven aan de plant. Deze manier van bemesten levert de volgende voordelen op: gezondere planten, een snelle levering, het aanvullen van voedingsbehoeften, een uniforme verdeling en een precieze toepassing, minder arbeid, een lager waterverbruik en minder afvoer en milieuverontreiniging. Naast deze voordelen zijn er ook nadelen: hoge investeringskosten, chemische reacties en verkeerd gebruik levert geen uniforme verdeling. Fertigatie wordt toegediend door middel van drie verschillende bemestingsmethodes: drukverschil reservoir, venturi-injector en pompinjectie. De deelvraag werd afgesloten met enkele basisregels voor fertigatie.

De laatste deelvraag, deelvraag vier, gaat over een protocol in een proefperceel. In dit hoofdstuk werd de eerder geschreven theorie omgezet naar de praktijk. Er werd gestart met aanlegbeslissingen voor een druppelirrigatiesysteem. De aanlegbeslissingen zijn als volgt: op de grond of in de grond aanleggen, ruggenteelt of beddenteelt en of druppelirrigatie wordt gebruikt voor de ontkieming van zaden.

Wanneer de aanlegbeslissingen zijn genomen, kan gestart worden met het aanleggen. Het aanleggen van druppelirrigatie gebeurt met een machine. De machine is opgebouwd uit een beitel, een drukwiel, een verstelbaar element, een spanningsveer, twee bodembedekkers en een ring om de slang te geleiden. Na het aanleggen moet het druppelirrigatiesysteem aangesloten worden. Dit aansluiten gebeurt handmatig door de druppelslang aan de verdeelslang te koppelen.

Vervolgens kan er gestart worden met druppelirrigatie, dit wordt bepaald door de bodemwaterspanning. Bodemwaterspanning wordt gemeten door een tensiometer. Uit onderzoek is gebleken dat het beste gestart kan worden met druppelirrigatie bij een bodemspanning van 20 centibar. Daarnaast moet er ook onderhoud uitgevoerd worden. Dit onderhoud bestaat uit dagelijks, tweewekelijks, maandelijks en halfjaarlijks onderhoud. Nadat de uien geoogst zijn, moet het druppelirrigatiesysteem verwijderd worden. Dit gebeurt door middel van een oprolmachine. Het hoofdstuk werd afgesloten met de stappen die genomen moet worden om druppelirrigatie toe te passen op een perceel.

Nu de deelvragen beantwoord zijn, kan ook de hoofdvraag worden beantwoord. De hoofdvraag is namelijk onderzocht in de deelvragen en luidde als volgt: ***‘Wat is een goed ontwikkeld beregeningsconcept voor in de toekomst in de uienteelt?’***. Na het vergelijken van het waterverbruik, de waterefficiëntie en de beoordelingscriteria tussen de verschillende beregeningsconcepten, is naar voren gekomen dat druppelirrigatie het toekomstbestendige beregeningsconcept is. Met druppelirrigatie is namelijk een besparing van 30% tot 70% waterbesparing haalbaar. Ook is een meeropbrengst haalbaar van minimaal 20% en maximaal 90%. Ook kan met druppelirrigatie bemesting worden toegediend wat zorgt voor 90% opname van de meststoffen en een besparing van 40% tot 60% van meststoffen. In hoofdstuk vier is verdere informatie gegeven over het toepassen van het concept op een proefperceel.

Aanbevelingen

Wanneer een teler ervoor kiest om efficiënt met water om te gaan en een aanzienlijk lager waterverbruik wil, moet de teler kiezen voor een druppelirrigatiesysteem. Met druppelirrigatie is namelijk een besparing van 30% tot 70% waterbesparing haalbaar. Ook is een meeropbrengst haalbaar van minimaal 20% en maximaal 90%.

Een druppelirrigatiesysteem is afhankelijk van de grootte van de boerderij, de aanwezigheid van water, de helling van het land, de bodem en het gewas dat geteeld wordt. Voor een teler is het belangrijk om over deze aspecten na te denken. Hierna kan er over gegaan worden op de aanschaf van een druppelirrigatiesysteem.

Bij de aanschaf moet er rekening mee gehouden worden dat er verschillende leveranciers zijn. Hierbij moet de teler letten op de kwaliteit die een leverancier levert. Vervolgens moet er gekeken worden naar de prijs-kwaliteitverhouding. Omdat een druppelirrigatiesysteem vrij ingewikkeld is, moet de teler ervoor kiezen om met een klein perceel te beginnen. Van daaruit kan de teler het elk jaar uitbouwen omdat de teler het druppelirrigatiesysteem onder de knie krijgt. Ook is het belangrijk dat de teler weet welk onderhoud er uitgevoerd moet worden en dit onderhoud ook uitvoert om verstoppingen in druppelslangen te voorkomen.

Wanneer druppelirrigatie optimaal functioneert, kan overwogen worden om te starten met het toedienen van meststoffen. Hierbij is het belangrijk dat het druppelirrigatiesysteem goed functioneert, zodat overal even veel meststof komt. Bij een ongelijke verdeling is het effect weg wat met de toediening van meststoffen behaald kan worden. Daarnaast zijn er verschillende mestsoorten die gegeven kunnen worden, hiervoor moet eerst een bemestingsplan gemaakt worden. Vervolgens moet per meststof gekeken worden naar de oplosbaarheid, dit is vermeld op de verpakking. Een meststof die niet goed oplost kan namelijk voor neerslag zorgen waardoor het druppelirrigatiesysteem kan verstopen.

In verder onderzoek is het verstandig om naast literatuuronderzoek ook te kijken naar de praktijk. Zo kunnen er andere zaken aan het licht komen dan die in de literatuur zijn beschreven. Door meerdere percelen en grondsoorten met elkaar te vergelijken, kan een beter advies gegeven worden aan de teler. Omdat er de laatste jaren veel ontwikkelingen zijn in druppelirrigatiesystemen, is het belangrijk om ook de ontwikkelingen wereldwijd en in Nederland in de gaten te houden, zowel in de literatuur als in de praktijk.

Bronnenlijst

Abbasi, A. Z., Islam, N., & Shaikh, Z. A. (2014). A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, 36(2), 263-270.

Acacia water. (2020, 15 juni). *Zeeuwse proef: druppelirrigatie voorkomt waterverliezen door verdamping* [Foto]. waterforum.net. <https://www.waterforum.net/zeeuwse-proef-druppelirrigatie-voorkomt-waterverliezen-door-verdamping/>

Aeres Hogeschool. (Z.d.). *Beschrijving van de Aeres Hogeschool competenties: boerenwijsheidsite*. <https://boerenwijsheidsite.files.wordpress.com/2017/04/beschrijving-aeres-competenties-in-groei-en-gedragindicatoren-in-drie-niveaus-april-2017.pdf>

AGF. (2020, 29 augustus). *VTA: Opbrengst uien dit jaar zeer wisselvallig*. <https://www.agf.nl/article/9254018/vta-opbrengst-uien-dit-jaar-zeer-wisselvallig/>

Agrimatie. (2020, 6 april). *Akkerbouwbedrijven in 2018: droogte leidt tot hogere bodemoverschotten*. <https://www.agrimatie.nl/NieuwsDetail.aspx?subpubID=2523&itemid=7579>

Arshad, I. (2020). Importance of Drip Irrigation System Installation and Management-A Review. *Psm biological research*, 5(1), 22-29.

Bakker, K. (2020, 11 november). *Protectionisme grote zorg voor uiensector*. Boerenbusiness. <https://www.boerenbusiness.nl/bb10jaar/artikel/10889120/protectionisme-grote-zorg-voor-uiensector>

Barua, S. K., Kaman, P. K., Baruah, S. J., TP, R., Bagchi, P. K., Sarma, D., & Singh, Y. (2018). Role of Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging (DWMRI) in Assessment of Primary Penile Tumor Characteristics and Its Correlations with Inguinal Lymph Node Metastasis: A Prospective Study. *World journal of oncology*, 9(5-6), 145

Beekman, J. (2014, 14 januari). *Meer opbrengst vergoed investering*. www.smitsveldhoven.nl. <https://smitsveldhoven.nl/upload/file/Boerderij-Druppelirrigatie.pdf>

Bjorneberg, D. L. (2013). Soil management and conservation: Irrigation: Methods. *Online Reference Database Earth Systems and Environmental Sciences*, 1-9.

boer&bunder. (z.d.). *boer&bunder*. www.boer&bunder.nl. <https://boerenbunder.nl/>

Bosch, D. J., Powell, N. L., & Wright, F. S. (1992). An economic comparison of subsurface microirrigation with center pivot sprinkler irrigation. *Journal of Production Agriculture*, 5(4), 431-437.

Burt, C. M. (1998). Fertigation basics. ITRC california polytechnic state university san luis obispo ca 93407 pacific northwest vegetable association convention pasco. *Washington*. Nov 19, 1998.

Carter, A., & Howell, J. (2000). An overview of drip irrigation. *Department of Plant and Soil Sciences, University of Massachusetts*.

De Groot en Slot B.V. en Bejo Zaden B.V. (z.d.). *ziekten en plagen in uien*. uienteelt.nl. <https://www.uienteelt.nl/userfiles/file/Sponsoren/Ziekten-en-plagen-in-uien-versie-DGS-NL-LR.pdf>

De Kok, V. P. H. M., & Alblas, J. (1996). *Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor= Effects of tillage and soil organic content on topsoilstructure* (No. 226). PAGV.

De Louw, P., Kaandorp, V., Massop, H., & Veldhuizen, A. (2020). *Beregening: Deltafact*. Stowa.

Dekkers, W. A. (2000). *Beregenen van akkerbouw-en vollegrondsgroentegewassen* (No. 99). Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt.

Dingre, S. K., Pawar, D. D., Kale, K. D., & Kadam, M. M. (2016). Onion seed productivity, nutrient use, and quality response to drip fertigation in semi-arid India. *Journal of Plant Nutrition*, 39(10), 1391-1403.

Donker, A. (2020, 25 mei). *Beregenen vanuit een drone gezien* [Foto]. twitter.com. <https://twitter.com/AbDonkerFoto/status/1264862975040634880>

Doorn, A. (2019, 11 juli). *Waar moet je op letten bij beregening?* boerenbusiness.nl. <https://www.boerenbusiness.nl/akkerbouw/artikel/10883228/waar-moet-je-op-letten-bij-beregening>

Enciso, J. (2004). Installing a Subsurface Drip Irrigation System for Row Crops (Spanish). *Texas FARMER Collection*.

Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water resources research*, 44(7).

Factsheet Praktijknetwerk beregening: Beregening en kosten. (Z.d.). Innovatieveenkoloniën. https://www.innovatieveenkoloniën.nl/upload/custom/Bijeenkomst_Irrigatie/factsheet_Beregening_en_Kosten_def.pdf

Fan, J., Wu, L., Zhang, F., Yan, S., & Xiang, Y. (2017). Evaluation of drip fertigation uniformity affected by injector type, pressure difference and lateral layout. *Irrigation and Drainage*, 66(4), 520-529.

Flock, R., Shock, C. A., Shock, C. C., & Feibert, E. B. G. (2013). Drip irrigation guide for onion growers.

Grieve, S. (1999). *Crop Guide: Growing Onions*. <https://www.haifa-group.com/>. <https://www.haifa-group.com/crop-guide-growing-onions>

Haifa. (Z.d.). *A complete fertilization program for onion*. Haifagroup. <https://www.haifa-group.com/complete-fertilization-program-onion>

Hashim, S., Mahmood, S., Afzal, M., Azmat, M., & Rehman, H. A. (2016). Performance evaluation of hose-reel sprinkler irrigation system. *Arabian journal for science and engineering*, 41(10), 3923-3930.

Hermans, C. M. L., Verhagen, A., Vereijken, P. F. G., Ewert, F., Smit, H., Metzger, M. J., ... & Woltjer, G. B. (2008). *Spatial impacts of climate and market changes on agriculture in Europe* (No. 1697). Wageningen UR.

Hilberink, D. (2020, 7 augustus). *Stevige plus voor fertigatie en irrigatie bij uien*. Nieuweoogst.nl. <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/09/07/stevige-plus-voor-fertigatie-en-irrigatie-bij-uien>

ICS. (z.d.). *Onion Seeds by ICS for Profitable Crops* [Foto]. ics-agri.com/. <https://www.ics-agri.com/onion-varieties-seeds.html>

Imas, P. (1999, February). Recent techniques in fertigation of horticultural crops in Israel. In *Workshop on recent trends in nutrition management horticultural crops. Dapoli, Maharashtra, India* (pp. 11-12).

Kenno manufacturing. (z.d.). *Plastic Mulch Retriever* [Foto]. kenncomfg.com. <https://www.kenncomfg.com/about/gallery/gallerytype/slideshow/itemid/3202>

Kumar, A. (z.d.). *Furrow Irrigation Method* [Foto]. quora.com. <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-sprinkler-irrigation-and-furrow-irrigation>

Kumar, A., & Singh, A. K. (2002). Improving nutrient and water use efficiency through fertigation. *Water Management*, 10(1&2), 42-48.

Kumar, V. (z.d.). *How much does the sprinkler irrigation system cost?* [Foto]. quora.com. <https://www.quora.com/How-good-is-sprinkler-irrigation-for-onion-crop>

Maarten, J., Waterloo, van Meijeren, S., Kolhoff, M. K., de la Loma González, B., & Hu-a-ng, K. (2019, december). *Deltadrip Resultaten 2019* (Nr. 180899). Acaciawater. <https://deltadrip.com/resultaten>

Martin Anderson, Texas AgriLife Extension Service. (Z.d.). *Onion planting*. Aggie-horticulture.tamu.edu. <https://aggie-horticulture.tamu.edu/archives/parsons/publications/onions/ONIONGRO.html>

Massop, H. T. L., Schuiling, C., & Veldhuizen, A. A. (2010). Potentiele beregeningskaart 2012. *Update landelijke potentiele beregeningskaart voor het NHI op basis van landbouwmetellingen*.

Meeteren, M. D., & Korevaar, H. (2010). *Klimaat en landbouw; risico's en kansen*. Aequator Groen en Ruimte.

Nelson Irrigation. (z.d.). *wheel lines* [Foto]. auth.nelsonirrigation.com. <http://auth.nelsonirrigation.com/products/application/wheel-line>

Netafim. (2013). *Drip irrigation handbook*. netafim.com. <https://www.netafim.com.mx/bynder/4F8EA374-EA05-4506-8BF82AA20B7ED034-drip-irrigation-system-handbook-.pdf>

Netafim. (2015, 1 februari). *Drip Irrigation Handbook*. Netafim.com. <https://www.netafim.com.mx/bynder/4F8EA374-EA05-4506-8BF82AA20B7ED034-drip-irrigation-system-handbook-.pdf>

Plantations International. (z.d.). *Drip-Irrigation* [Foto]. <https://www.plantationsinternational.com/>. <https://www.plantationsinternational.com/drip-irrigation-systems/drip-irrigation/>

Postel, S., Polak, P., Gonzales, F., & Keller, J. (2001). Drip irrigation for small farmers: A new initiative to alleviate hunger and poverty. *Water International*, 26(1), 3-13.

rainfloirrigation. (z.d.). *4810 Subsurface Drip Applicator* [Foto]. rainfloirrigation.com. <https://www.rainfloirrigation.com/equipment/drip-applicators/model-4810-subsurface>

Rajput, T. B. S., & Patel, N. (2006). Water and nitrate movement in drip-irrigated onion under fertigation and irrigation treatments. *Agricultural Water Management*, 79(3), 293-311.

Reddy Manda, R. (2019, december). *Maintenance of Drip Irrigation System*. https://www.researchgate.net/publication/340876004_Maintenance_of_Drip_Irrigation_System

Sandal, S. K., & Kapoor, R. (2015). Fertigation technology for enhancing nutrient use and crop productivity: An overview.

Schaap, B. F., Blom, M., Geijzendorffer, I. R., Hermans, C. M. L., Smidt, R. A., & Verhagen, A. (2009). *Klimaat en landbouw Noord-Nederland: rapportage van fase 2* (No. 629). Plant Research International.

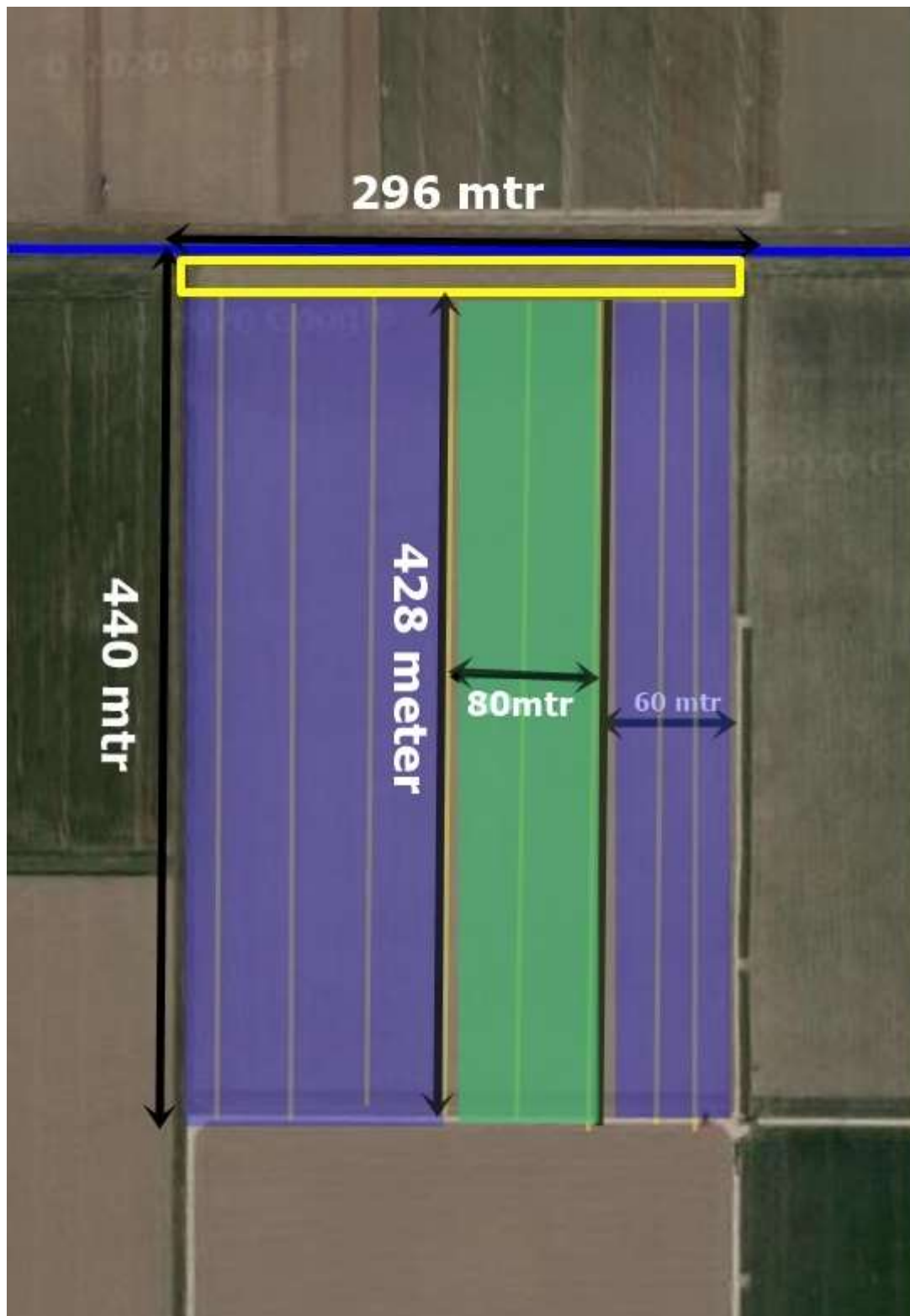
- Schaap, B. F., Blom, M., Geijzendorffer, I. R., Hermans, C. M. L., Smidt, R. A., & Verhagen, A. (2009). *Klimaat en landbouw Noord-Nederland: rapportage van fase 2* (No. 629). Plant Research International.
- Schamp, B. (2012, 1 november). *Huidmondjes, niet te onderschatten*. Sierteelt&groenvoorziening. <https://edepot.wur.nl/320898>
- Shirgure, P. S. (2013). Citrus fertigation—a technology of water and fertilizers saving. *Scientific Journal of Crop Science*, 2(5), 56-66.
- Smits, M. (2020, 26 maart). *Beregeningsinstallatie als verzekeringspremie*. Boerderij.nl. <https://www.boerderij.nl/Mechanisatie/Achtergrond/2019/3/Beregeningsinstallatie-als-verzekeringspremie-403917E/>
- T. (2017, 4 oktober). *AquaFlow 4.1 – Drip Irrigation Design Software*. DripTips. <https://driptips.toro.com/aquaflow-drip-irrigation-design-software/>
- Torro. (2014, mei). *AquaFlow User's Manual*. Torro.com. https://www.toro.com/~media/Files/Toro/Agriculture/Resources/AquaFlow%20%20Manual_140606.ashx
- Van den Brink, A., & Bruns, D. (2014). Strategies for enhancing landscape architecture research. *Landscape Research*, 39(1), 7-20.
- Van den Broek, R. C. F. M. (2003). *Teelthandleiding zaaiuien*.
- Van der Voort, M. P. J. (2019). *Elektrisch beregenen* (No. 811). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Open Teelten.
- Van Galen, M., Baltussen, W., Gardebroek, K., Herceglić, N., Hoste, R., Ihle, R., ... & Stokkers, R. (2020). *Agro-Nutri Monitor 2020: Monitor prijsvorming voedingsmiddelen en analyse belemmeringen voor verduurzaming* (No. 2020-014). Wageningen Economic Research.
- Vinkenvleugel, S. (2018, 2 juli). *Zes vragen over het beregeningsverbod*. <https://www.rtvdrenthe.nl>. <https://www.rtvdrenthe.nl/nieuws/137467/Zes-vragen-over-het-beregeningsverbod>
- Vogelzang, T. A., Smit, A. B., Jager, J. H., Prins, H., Verhoog, A. D., & Poppe, K. J. (2016). *Toekomstperspectief agrosector Flevoland* (No. 2016-008). LEI Wageningen UR.
- Wiermans, T. (2019, 24 januari). *Roep om meer collectiviteit in uiensector* [Foto]. [nieuweoogst.nl](https://www.nieuweoogst.nl). <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2019/01/24/roep-om-meer-collectiviteit-in-uiensector>
- Wikipedia-bijdragers. (2020, 10 juni). *Beregening*. Wikipedia. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Beregening>
- Zhu, H., Butts, C. L., Lamb, M. C., & Blankenship, P. D. (2004). An implement to install and retrieve surface drip irrigation laterals. *Applied engineering in agriculture*, 20(1), 17. (H. Zhu et al., 2004, p. 18)

Bijlage

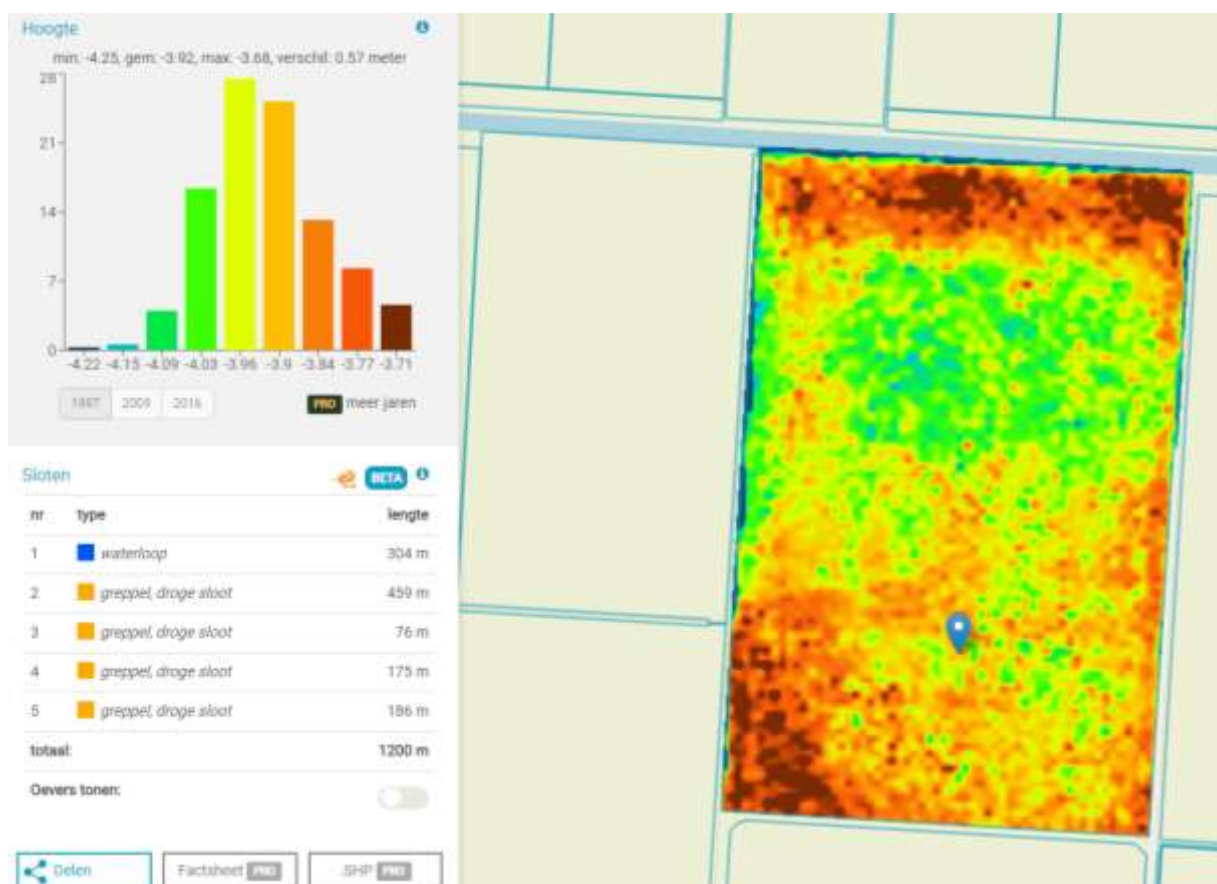
1.1 Protocolformat

- 1 -- Doel van de proef in het proefperceel zaaiuien.
- 2 -- De proefopzet, onderzoeksmethode en de materialen die nodig zijn.
- 3 -- Resultaten/ waarnemingen.
- 4 -- Discussie en aanbevelingen.
- 5 -- Geraadpleegde bronnen.
- 6 -- Samenvatting van de proef.

1.2 Afmetingen perceel



1.3 Hoogtekaart proefperceel



1.4 Uitkomsten rekenprogramma

Lateral

Product Line: Aqua Traxx	Product: EA7xx0817	Slope: 0 %
Length: 440 m	Inlet Pressure: 0.7 bar	Sub-Main Position: 0.0 %
Lateral Flow: 0.58 m³/hr/Lateral	Average Emitter Flow: 0.27 l/hr/emitter	Average Flow: 1.32 l/hr/m
Single Lateral EU%: 91.55 EU%	Travel Time: 96.93 minutes	Min/Max Emitter Flow: 84.35 %
Minimum Pressure: 0.51 bar	Maximum Pressure: 0.70 bar	Inner Diameter: 22.352 mm
Minimum Emitter Flow: 0.25 l/hr	Maximum Emitter Flow: 0.30 l/hr	Emitter Spacing: 20 cm
Emitter Coefficient: 0.02	Emitter Exponent X: 0.55	Emitter CV: 0.03
Wall Thickness: 203.20 mil		

Lateral Flushing

Input:	Results according to inlet pressure input:	Results according to flushing velocity input:
End Pressure: 0.3 bar	Velocity: 0.18 m/s	0.30 m/s
Flushing Velocity: 0.30 m/s	Inlet Pressure: 0.70 bar	1.01 bar
Inlet Pressure: 0.7 bar	Lateral Outlet Flow: 260.48 l/hr	423.78 l/hr
	Emitters Flow: 503.46 l/hr	573.47 l/hr
	Lateral Inlet Flow: 763.94 l/hr	997.25 l/hr
	Travel Time: 23.07 minutes	16.22 minutes
	End Pressure: 0.30 bar	0.30 bar

Sub-Main

Pipe Type: Toro Layflat	Pipe Size: 4" SF-10 Layflat	Number of Laterals per Block: 128
Length: 72 m	Inlet Pressure: 0.7 bar	Slope: 0.0 %
Block Flow: 69.92 m³/hr	Block Emission Uniformity: 89.53 EU%	Row Spacing: 56 cm
Maximum Lateral Flow: 579.35 l/hr	Min/Max Lateral Flow: 92.24 %	Minimum Lateral Flow: 534.38 l/hr
Maximum Pressure: 0.70 bar	Inner Diameter: 104.902 mm	Minimum Pressure: 0.60 bar
Block Size: 3.15 hectares	Flow: 22.2 m³/hr/ha	Roughness Coefficient: 150.00
Total Length of Tubing: 17,857 m/ha	Tubing per block 56,320 m	Precipitation Rate: 2.217 mm/hr
Irrigation Travel Time: 3.79 minutes	Inlet Position: 0.0 %	