



---

# De kosten van irrigatiesystemen in beeld

Een kostenvergelijking van druppelirrigatie, peil-gestuurde drainage en de haspel

Eva van der Burgt & Daan Verstand | 2021

---

# De kosten van irrigatiesystemen in beeld

Een kostenvergelijking van druppelirrigatie, peil-gestuurde drainage en de haspel

Eva van der Burgt  
Daan Verstand

Dit onderzoek is in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit uitgevoerd door Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten in het kader van het Klimaat Adaptatie Netwerk Open teelten (KANO) project, binnen het Kennis op Maat programma van de Topsector Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen.

Wageningen, November 2021

---

Report WPR-900

---

Van der Burgt, E., Verstand, D., 2021. *De Kosten van irrigatiesystemen in beeld; Een kostenvergelijking van druppelirrigatie, peil-gestuurde drainage en de haspel.* Wageningen Research, Rapport WPR 900.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/555260>

Trefwoorden: berekening, droogte, irrigatie, kosten.

© 2021 Wageningen. Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK, Lelystad, [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

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

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

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

Rapport WPR-900

Foto omslag: OaneEvents

---

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Methodiek</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Irrigatiesystemen</b>	<b>8</b>
	3.1 Haspel	8
	3.1.1 Kostenoverzicht	9
	3.2 Druppelirrigatie	11
	3.2.1 Kostenoverzicht	12
	3.2.2 Herbruikbare slangen	14
	3.3 Peilgestuurde drainage	14
	3.3.1 Kostenoverzicht	16
<b>4</b>	<b>Wateropslag</b>	<b>18</b>
	4.1 Ondergrondse zoetwateropslag	18
	4.1.1 Kostenoverzicht	18
<b>5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>22</b>

---

# Samenvatting

De droge zomers van 2018, 2019 en 2020 hebben de noodzaak en mogelijkheid voor beregenen benadrukt. Daarnaast wordt de kans op droge zomers door klimaatverandering groter. In dit rapport worden de kosten van drie irrigatiesystemen vergeleken, namelijk de haspel, druppelirrigatie, peilgestuurde drainage. Per systeem worden de vaste en de variabele kosten aangegeven in een worst en best case scenario. Ongeacht het scenario blijkt druppelirrigatie het systeem met de hoogste kosten, voortkomend uit het jaarlijks opnieuw moeten leggen en aanschaffen van de druppelslangen. Het waterverbruik bij druppelirrigatie is wel lager dan ten opzichte van de haspel. Samengestelde peilgestuurde drainage en de haspel liggen qua kosten dicht bij elkaar. Daarnaast zijn de kosten uiteengezet voor de opslag van zoetwater in de ondergrond. Dit systeem is kostbaar, maar biedt wel een zoetwaterbron in droge tijden, en kan goed gecombineerd worden met druppelirrigatie. De effecten van de verschillende irrigatiesystemen op de gewasopbrengst zijn in dit rapport niet behandeld. Suggestie voor volgend onderzoek is om de effecten van ieder systeem op deze gewasopbrengsten in beeld te brengen en deze af te zetten tegen de kosten.

---

# 1 Introductie

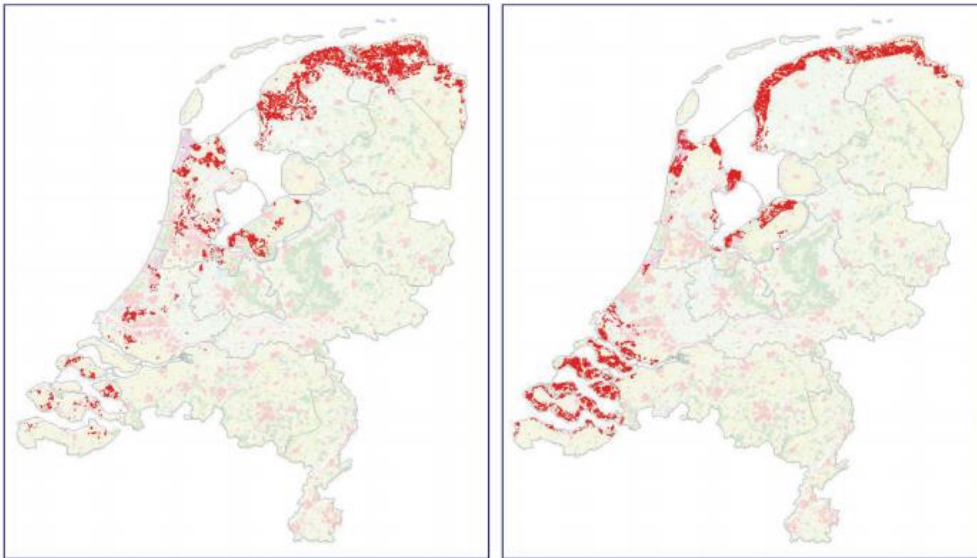
Door klimaatverandering krijgt Nederland meer te maken met extremere droge en natte periodes. Dat komt ook naar voren uit de verkenningen in de rapporten van Verstand, 2020 en Verstand & Bijker, 2020. Door droogte en het niet kunnen opvangen van neerslag, is er kans op een zoetwatertekort in het groeiseizoen van de gewassen in de open teelten. Een tekort aan zoetwater kan weer leiden tot verzilting van het grondwater. Er wordt gesproken van verzilting wanneer het water te zout of chloriderijk is voor optimaal verbruik (Satijn & Leenen, 2009). Verzilting komt met name voor aan de kuststrook door een stijgende zeespiegel en door bodemdaling als gevolg van inpoldering maar kan tot 75 kilometer landinwaarts reiken (Radersma & de Boer, 2011).

Om in tijden van extreme droogte en hitte, natheid en toenemende verzilting (oftewel: de klimaattrends) een stabiele gewasopbrengst te vergaren is het van belang efficiënt om te gaan met onze zoetwatervoorraad. In de praktijk wordt er geëxperimenteerd met verschillende beregeningsinnovaties en wateropslag zodat water in schaarse tijden efficiënt gebruikt kan worden door het goed op te slaan en efficiënt te verdelen over het perceel. In dit rapport wordt er gekeken naar de efficiëntie van verschillende irrigatiesystemen op gebied van waterverbruik. Om inzicht te geven in de praktische toepasbaarheid van deze systemen zijn de kosten aan de hand van praktijkvoorbeelden per systeem uiteengezet.

Vanuit de workshops georganiseerd vanuit het KANO project in het voorjaar van 2021 kwam van deelnemers een duidelijke roep voor inzicht in de kosten en effectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen en daarmee het handelingsperspectief van de boer. inclusief de kosten en efficiëntie van verschillende maatregelen rond waterbeheer en irrigatie. In dit rapport proberen we hier voor irrigatie en waterbeheer op het boerenbedrijf invulling aan te geven.

Verschillende regio's hebben verschillende manieren van beregenen. In de ene regio moet de teler zijn irrigatiesysteem aanpassen op een combinatie van waterbeschikbaarheid, buien en droogte. Waar in de andere regio de teler verzilting probeert tegen te gaan. De verschillen per regio komen voort uit verschillen in watervoorraad, in chloridegehalten en verschillen in grondsoort. In de toekomst zal klimaatverandering deze situaties regionaal versterken. Zo komt met name hitte en daarmee verdamping en droogte meer voor op de hoge zandgronden (Klimaat-effectatlas, 2020) en wordt verzilting door zeespiegelstijging nijpender aan de kust. In dit rapport wordt ingegaan op de klimaatfactoren: extreme droogte, extreme neerslag en verzilting. Figuur 1 geeft een overzicht van gebieden die op dit moment te maken hebben met verzilting vanuit zowel bodemdaling als zeespiegelstijging (Satijn & Leenen, 2009).

Van alle beregeningssystemen wordt de haspel momenteel het meest ingezet. In 95 procent van de gevallen wanneer er beregend wordt, wordt dat gedaan met haspel (van der Voort, 2019). Toch zitten er ook nadelen aan beregenen met de haspel en wordt er met name in gebieden met verziltingsrisico geëxperimenteerd met druppelirrigatie. De telers in deze kustgebieden halen vaak hun beregeningswater uit een ondergrondse zoetwaterbel. In verhouding tot de haspel onttrekt druppelirrigatie minder water per uur. Waar druppelirrigatie met een paar kuub water per uur kan beregenen onttrekt de haspel per uur 40 tot 60 kuub water. Daarmee zuigt de haspel veel harder aan de zoetwaterbel en dat vergroot de kans dat er zout water mee omhoog getrokken wordt en op den duur in het irrigatiesysteem komt (Waverijn & Waterloo, 2020).



**Figuur 1** Links verzilting ten gevolge van bodemdaling, rechts verzilting ten gevolge van stijging zeespiegel (Satijn & Leenen, 2009)

Het ene gewas kan beter tegen verzilting dan het andere. Bloembollen en snijbloemen zijn gevoelig voor verzilting, aardappelen en snijmais iets minder en granen, gras en suikerbieten kunnen relatief hoge chloridegehalten aan en zijn zo minder gevoelig voor verziltingschade (Radersma & de Boer, 2011).

Een belangrijke motivatie voor akkerbouwers om te innoveren in beregeningsmogelijkheden is de arbeidsintensiviteit van beregenen. Tijdens droogte kunnen conventionele irrigatiesystemen zoals de haspel erg arbeidsintensief zijn en zodoende veel werk en stress opleveren. Het verschil tussen een mobiel en een vast systeem maakt hierin veel uit. Ook kunnen er in droge perioden beregeningsverboden van kracht worden, zoals in 2018 toen een groot deel van Nederland daar mee te maken kreeg. Alternatieve vormen van irrigatie ten opzichte van de haspel bieden hierin perspectief vanwege een toename in efficiëntie van waterverbruik. Door met minder water dezelfde gewasopbrengst te bereiken, kan het moment van de instelling van een beregeningsverbod uitgesteld worden. De vraag komt dan wel naar voren; wat zijn de kosten van deze verschillende irrigatiesystemen? Dat is de centrale vraag die in dit rapport beantwoord wordt. Er wordt tevens aandacht besteed in het opslaan van zoetwater in de ondergrond. Dat water kan als bron dienen voor de irrigatiesystemen. De kosten van ondergrondse zoetwateropslag worden eveneens belicht.

---

## 2 Methodiek

In dit rapport wordt er een vergelijking gemaakt tussen peil-gestuurde drainage, druppelirrigatie en de haspel. Per irrigatiesysteem wordt er een kostenoverzicht gegeven dat naderhand in de conclusie vergeleken wordt. De vaste en variabele kosten van ieder systeem zijn uiteengezet in het kostenoverzicht. Hetzelfde is gedaan in het hoofdstuk wateropslag, waar de kosten van zoetwateropslag inzichtelijk zijn gemaakt.

De vaste kosten omvatten de investeringskosten van het systeem. De percentages voor afschrijvingskosten, rente, onderhoud en verzekering uit de KWIN (van der Voort 2018) bepalen de jaarlijkse kosten als percentage van de vaste kosten. Per systeem is de prijs per jaar per hectare aangegeven. Om daartoe te komen wordt er in dit rapport uitgegaan van een te beregenen oppervlakte van 10 hectare.

De variabele kosten bestaan uit energie- en arbeidskosten voor alle systemen. Voor druppelirrigatie zijn daar materiaalkosten aan toegevoegd vanwege de jaarlijkse aanschaf van de druppelslangen. De bronnen die zijn geraadpleegd voor dit onderzoek bestaan uit literatuur, informatie verkregen van installatiebedrijven en uit praktijkvoorbeelden. Druppelirrigatie wordt nog niet op een brede schaal toegepast waardoor de variabele kosten kunnen afwijken. De marges in de verschillende kostenoverzichten van de systemen zijn met opzet groot gehouden vanwege context specifieke omstandigheden.

Om tot vergelijkbare resultaten tussen de systemen te komen is er gebruikt gemaakt van een best en worst case scenario. Het worst case scenario geeft het aantal keer beregenen aan in een droog jaar waarin er vijf keer beregend wordt. Het best case scenario geeft het aantal keer beregenen aan in een minder droog jaar waarin er twee keer beregend wordt. Een best en worst case scenario geven inzicht in de vergelijking van de berekeningssystemen. Als hypothese kan er bijvoorbeeld gesteld worden dat de arbeidskosten van de haspel in een minder droog jaar lager liggen dan de arbeidskosten van de druppelirrigatie maar dit kan veranderen in het worst case scenario waarin er meer arbeidskosten in het beregenen met de haspel zit. Zodoende kan de haspel als mobiel systeem vergeleken worden met een vast systeem zoals druppelirrigatie. In een droog jaar liggen de kosten per hectare per jaar voor de haspel namelijk dichterbij de kosten per hectare per jaar van druppelirrigatie.

Om de praktische haalbaarheid van ieder systeem aan te halen, zijn er per systeem kort de voor- en nadelen uiteengezet. Verder staat er per irrigatiesysteem aangegeven hoe elk systeem zich verhoudt tot andere extremere weersomstandigheden door klimaatverandering.



## 3 Irrigatiesystemen

Eerst worden de resultaten voor de haspel gepresenteerd, gevolgd door druppelirrigatie en peil-gestuurde drainage.

### 3.1 Haspel

Irrigatie met een haspel wordt het meest gebruikt als beregeningsmethode. De slang op de haspel wordt op de kopakker uitgerold en langzaam wordt deze over het perceel terug op de haspel gerold. Aan het uiteinde van de slang zit het sproeikanon dat afhankelijk van de capaciteit, de slangbreedte en -lengte 60 tot 140 meter kan beregenen (van der Boom, 2014). De haspel wordt voornamelijk aangedreven door diesel maar kan ook met elektriciteit worden aangedreven. In het rapport Elektrisch beregenen (van der Voort, 2019) worden de kosten van elektrisch beregenen met de haspel uiteengezet en wordt geconcludeerd dat er met het elektrisch beregenen met de haspel, kosten bespaart kunnen worden ten opzichte van het de haspel met een dieselaandrijving. In deze conclusie zijn de kosten van het aanleggen van een elektriciteitsnetwerk achterwege gelaten.



**Figuur 2 Sproeikanon haspel (de Hoop)**

De haspel aangedreven op diesel is echter nog het meest gebruikte irrigatiesysteem, naar schatting wordt 95 procent van alle irrigatie met de haspel gedaan (van der Voort, 2019). De haspel wordt veel gebruikt vanwege de goede verdeling van het water door het sproeikanon, de gebruiksvriendelijkheid, en de betrouwbaarheid (van der Voort, 2019). Ook biedt beregenen met de haspel de mogelijkheid om door een loonbedrijf gedaan te worden, zodoende kunnen hoge aanschafkosten vermeden worden.

Naast de voordelen hangen er ook nadelen aan beregenen met een haspel. Met een haspel wordt er vaak veel water in één beregeningsbeurt op het perceel verspreid terwijl de gewassen juist gebaat zijn

bij een geleidelijke waterafgifte voor een rustige stabiele groei (Braakman, 2015). Verder zijn de brandstofkosten erg hoog en in een droog seizoen is het beregenen met een haspel arbeidsintensiever dan met andere vaste systemen. Ook is het waterverbruik met een haspel relatief inefficiënt vanwege de afstand die het water moet afleggen naar het gewas. Een recente studie over de efficiëntie van beregening (van den Eertwegh, et al., 2020) laat zien dat door wind en in minder mate door verdamping een deel van het water niet bij het gewas terecht komt. Het percentage geschatte waterverlies van de totale beregeningsgift met de haspel ligt tussen de 12 en 29 procent (van den Eertwegh, et al., 2020).

### Voor- en nadelen

Tabel 1.1 geeft aan welke voordelen en welke nadelen de haspel heeft ten opzichte van andere irrigatiesystemen die ook in dit rapport behandeld worden. Het voordeel van de mobiliteit van het systeem brengt met zich mee dat het systeem niet in eigen bezit hoeft te zijn en dat een loonwerker voor het irrigeren ingehuurd kan worden. De eenmalige investering geldt ten opzichte van druppeirrigatie waarbij de slangen ieder jaar opnieuw aangeschaft moeten worden. Inefficiënt waterverbruik, de arbeidsintensiviteit en een hoog brandstofverbruik zijn de nadelen die in andere systemen wegvallen.

**Tabel 3 Voor- en nadelen van de haspel t.o.v. druppelirrigatie en peil-gestuurde drainage**

<p>Voordelen</p> <p>Mobiel systeem</p> <p>Eenmalige investering</p>	<p>Nadelen</p> <p>Waterverbruik inefficiënt</p> <p>Arbeidsintensief in droog jaar</p> <p>Hoog brandstofverbruik</p>
---	---

### Klimaatfactoren

In periodes van langdurige droogte is het beregenen met de haspel intensief en kan stress opleveren voor zowel de teler als voor het gewas (Braakman, 2015). Het mobiele systeem is in voordeel bij sporadisch gebruik wanneer er dus geen sprake is van langdurige droogte.

Een andere klimaatfactor waar de haspel niet het ideale beregeningssysteem is, is verzilting. Hogere zoutgehalten in het beregeningswater die worden verneveld boven de plant en zo op het blad terecht komen, leidt tot verschroeid blad.

#### 3.1.1 Kostenoverzicht

De uitgangspunten die zijn gebruikt om de jaarlijkse kosten van beregenen met een haspel in beeld te brengen komen uit de literatuur (Spruijt & Russchen, 2015) en van experts en zijn te vinden in tabel 1.2.

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

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

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

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

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

## 3.2 Druppelirrigatie

Druppelirrigatie voorziet gewassen van water middels slangen die in het perceel liggen. De slangen ofwel t-tape genoemd zijn van dun kunststof en hebben om de 20 – 40 cm een gaatje. Een pomp met filter zorgt voor de wateraanvoer naar de druppelslangen. Hierbij kan een beregeningscomputer geplaatst worden om het systeem te besturen vanaf een andere locatie. Door bodemsensoren kan het vochtgehalte gemeten worden, dat af te lezen is in een programma af te lezen zijn. Zo weet de akkerbouwer of hij de pomp wel of niet aan moet zetten zonder het land op te hoeven.

Een druppelirrigatiesysteem kent veel voordelen ten opzichte van de haspel. Ten eerste biedt het systeem de mogelijkheid om efficiënt om te gaan met water. Daar komt bij dat druppelslangen geleidelijk water afgeven, dit komt ten goede aan de groei van de plant (Braakman, 2015). Een belangrijke motivatie die door boeren wordt aangedreven is de arbeidsintensiviteit van beregenen. Beregenen in droogte met een haspel kan veel stress opleveren (Braakman, 2015). Daar staat tegenover dat bij druppelirrigatie de onzekerheid aanwezig is om een vast systeem aan te leggen zonder te weten of er daadwerkelijk irrigatie nodig is. De aanschafkosten van een druppelsysteem en de arbeidsintensiviteit van het opruimen van de druppelslangen zijn factoren waardoor de haspel vaak nog geprefereerd wordt.



Figuur 3 Druppelirrigatie (Houben)

Tabel 2 Voor- en nadelen van druppelirrigatie t.o.v. de haspel en peil-gestuurde drainage

### Voordelen

- Efficiënt waterverbruik
- Gelijkmatige waterafgifte
- Minder afhankelijk van weersomstandigheden
- Tijdens beregeningsseizoenen minder arbeidsintensief

### Nadelen

- Opruimen arbeidsintensief
- Hoge milieudruk door afval van wegwerpslangen
- Onzekerheid of beregening nodig is

### Klimaatfactoren

Het zuinig omgaan met water is belangrijk in tijden van droogte. Druppelirrigatie is een water efficiënt systeem met 90 procent van het water dat bij het gewas terecht komt (Dogterom, Houben, & Wander, 2019). In het kostenoverzicht is te zien dat op dit moment druppelirrigatie qua kosten pas interessant wordt in tijden van langaanhoudende droogte ofwel in het worst case scenario. Bij langaanhoudende droogte wordt er met het vast druppelirrigatiesysteem arbeidsuren bespaart. Ook zullen in veel gevallen de planten minder stress ervaren dan in het worst case scenario als er met een haspel

beregend wordt. De mogelijkheid om het water gelijkmatig toe te dienen en de weinig extra arbeidsuren die gemaakt hoeven worden om het systeem aan te zetten wanneer het eenmaal ligt, maken druppelirrigatie tot een stressbestendig systeem voor gewas en teler (Braakman, 2015). Naast droogte heeft druppelirrigatie ten opzichte van de haspel ook in een warmer klimaat voordelen. De optimale groeitemperatuur voor gewassen kan worden overschreven wanneer de bodem opwarmt. Met druppelirrigatie is het mogelijk de bodem te koelen om zo naast het irrigeren op de optimale groeitemperatuur te komen (Dogterom, Houben, & Wander, 2019).

Druppelirrigatie kan tot 60 procent aan waterverlies door waterverdamping voorkomen ten opzichte van beregenen met de haspel (Waverijn & Waterloo, 2020). Doordat er minder water verdampt met dit systeem en zo minder zout blijft liggen is kans op verzilting van de landbouwgrond lager dan met bijvoorbeeld de haspel.

Door de gelijkmatige bevochtiging van de bodem werkt de bodem bij neerslag als een soort spons waardoor de kans op uitspoeling van de gewasbeschermingsmiddelen kleiner wordt (Reindsen, Zoetwater bufferen voor druppelirrigatie, 2018).

### 3.2.1 Kostenoverzicht

Druppelirrigatie wordt nog niet op grote schaal toegepast. De kosten voortkomend uit arbeid zijn vooralsnog uiteenlopend en vanwege de ontwikkeling waar het systeem in zit kunnen deze kosten in de toekomst lager uitvallen dan hier weergegeven. De gegevens waarop dit kostenoverzicht is gebaseerd komen van beregeningsleveranciers en uit verschillende praktijkvoorbeelden (NPPL telers), beregeningleveranciers en uit literatuuronderzoek (Brouwer, 2015).

Een druppelirrigatiesysteem bestaat uit een aantal onderdelen:

- de pomp
- een filter als er gebruik wordt gemaakt van oppervlaktewater
- transportslangen om de afstand van het areaal naar de waterbron te overbruggen
- een kraanset met verdeelleiding die is uitgelegd op de kopakker
- de druppelslangen

In de literatuur wordt er gesproken van 850 – 1450 euro per hectare per jaar (Reindsen, Druppelirrigatie in pootgoed levert tot 4.400 euro op, 2020), (Dodde, 2021) (Brouwer, 2015) (NPPL, 2019). Het kostenoverzicht is gebaseerd op verschillende uitgangspunten te vinden in tabel 1. De arbeidsuren zijn gebaseerd op praktijkvoorbeelden. De kosten van druppelirrigatie zijn onafhankelijk van hoe vaak er beregend moet worden. De aanlegkosten en opruimkosten van het systeem gebeuren hoe dan ook en het systeem kan aan- en uitgezet worden op afstand via software. De variabele kosten die bij bijvoorbeeld de haspel afhankelijk zijn van hoe vaak er beregend moet worden, blijven bij druppelirrigatie juist gelijk. Vanwege deze onafhankelijkheid van de droogte van het weer, zijn de best en worst case scenario's van druppelirrigatie gelijk gesteld.

**Tabel 3 Uitgangspunten voor de kosten van druppelirrigatie**

<b>Uitgangspunten</b>	
<b>Te beregenen oppervlakte</b>	10 ha
<b>Beregeningsgift (mm/beurt)</b>	5
<b>Brandstof (l/u)</b>	9,5
<b>Arbeidskosten (€/uur)</b>	15
<b>Installatie opbouwen (uur/ha)</b>	9
<b>Aan- en uitzetten slangbruggen (uur/ha)</b>	6
<b>Installatie afbreken (uur/ha)</b>	8
<b>Wegwerpslangen oprollen (uur/ha)</b>	13
<b>Tractor + oprolmachine (uur/ha)</b>	13

In tabel 1.5 en 1.6 staan respectievelijk de vaste en de variabele kosten uiteengezet. De grootste verschillen tussen de minimale en de maximale kosten bij de investeringskosten van de pomp komen voort uit het vermogen van de pomp, of deze is uitgerust met een beregeningscomputer en of deze wel of niet is geïnstalleerd met een filter. De volgende significante variabiliteit in het kostenoverzicht is die van de investeringskosten in buizen en koppelstukken. De transportslang van de waterbron naar het areaal kost €3,50 per meter en is dus compleet afhankelijk van de afstand die deze moet overbruggen. Een extra kostenpost in deze transportslang die niet opgenomen is in het kostenoverzicht, is de schadegevoeligheid van deze slang.

**Tabel 4 Kostenoverzicht druppelirrigatie - vaste kosten**

<b>VASTE KOSTEN</b>		
<b>Beregeningsmateriaal</b>		
<b>Investeringskosten beregening</b>	Kraanset	175
<b>Investeringskosten pomp</b>	Pomp	5500 - 9000
<b>Investeringskosten buizen, koppelstukken</b>	Transportslang van pomp naar druppelslang €3,50/m	150 - 1400
	Verdeelleiding €4,50/m	150 - 200
<b>Onderhoudskosten en/of herstellingen</b>	Aanpassingen ruggenfrees tbv infrezen druppelslang	1000
<b>Onderhoud en verzekering (%)</b>		2,0
<b>Afschrijving (%)</b>		9,0
<b>Rente (%)</b>		2,2
<b>Vaste kosten beregeningsmateriaal (€/jaar)</b>		530 - 900
<b>Vaste kosten beregeningsmateriaal (€/jaar/ha)</b>		53 - 90

Tabel 1.6 laat de variabele kosten zien van een druppelirrigatiesysteem. De marges in de druppelslangen komen voort uit de hoeveelheid slangen die nodig zijn om het gewas te irrigeren. Laag salderende gewassen als mais worden vaak minder intensief beregend dan hoog salderende gewassen als lelies. In dit kostenoverzicht wordt er vanuit gegaan dat de druppelslangen ieder jaar vervangen moeten worden.

Verder zijn de variabele kosten sterk afhankelijk van de arbeidsuren genoemd in tabel 1.6. De arbeidsuren zijn gebaseerd op praktijkvoorbeelden van telers die er voor het eerst mee aan de slag gaan. Na enige ervaring met het systeem ligt in de verwachting dat deze arbeidsuren zullen dalen en zodoende de variabele kosten omlaag zullen gaan.

Tabel 5 Kostenoverzicht druppelirrigatie variabele kosten

<b>VARIABLE KOSTEN per hectare</b>	
<b>Materiaal</b>	
<b>Druppelslangen</b>	600 – 1000
<b>Energie (verbruik pomp)</b>	
<b>Brandstofkosten</b>	100 – 150
<b>Arbeid (kosten per ha)</b>	
<b>Installatie opbouwen</b>	100 – 150
<b>Aan- en uitzetten (slangbruggen)</b>	50 – 100
<b>Installatie afbreken</b>	100 – 150
<b>Wegwerpslangen oprollen</b>	150 – 200
<b>Tractor + Oprolmachine</b>	150 – 200
<b>Variabele kosten</b>	1250 - 1950 euro per hectare

In totaal komen de vaste en de variabele kosten uit dit overzicht overeen met 1303 – 2040 euro per hectare. De kosten in dit rapport liggen t.o.v. het kosten gevonden in literatuur hoger, waarschijnlijk te wijten aan de arbeidsuren die in veel gerapporteerde kosten niet expliciet worden vermeld en dus ook waarschijnlijk niet meegerekend worden.

### 3.2.2 Herbruikbare slangen

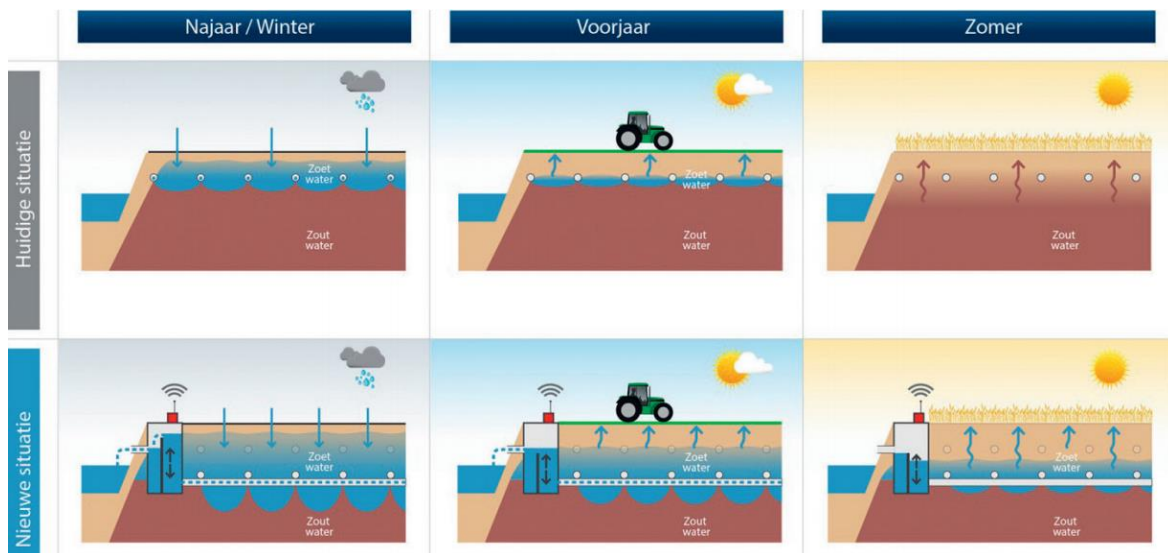
Er zijn twee soorten druppelslangen: drip tape en drip line. Drip line is de dikwandige variant druppelslang die, mits goed neergelegd en opgeruimd, meerdere teeltseizoenen mee moet gaan. Drip tape zou daarentegen enkele teeltseizoenen mee moeten kunnen maar worden in de praktijk vaak jaarlijks vervangen. Door de dunne wand van de tapes zijn ze kwetsbaar voor lekkages door vogels of knaagdieren en verstoppingen. Het jaarlijks afvoeren van de tapes als afval creëert milieudruk. Het zou voor volgend onderzoek nuttig zijn hoe groot de milieudruk die voortkomt uit het jaarlijks wegwerpen van de irrigatieslangen is en daar milieukosten aan te koppelen. Er wordt door enkele boeren geëxperimenteerd met het opnieuw oprollen van de slangen.

## 3.3 Peil-gestuurde drainage

Er zijn drie soorten drainage:

1. Enkelvoudige drainage waarbij de drains in de sloot uitkomen.
2. Peil-gestuurde drainage waarbij de drains in de sloot uitkomen maar waar bovenop het peil van de sloot aanpasbaar is.
3. Samengestelde peil-gestuurde drainage waarbij de drains uitkomen in een verzamelput waarvan het peil aanpasbaar is. (Stuyt, 2012). Met peil-gestuurde drainage is de grondwaterstand dus te regelen. Een uitbreiding daarop is klimaatadaptieve drainage.
  - a. Klimaatadaptieve drainage is een systeem waarbij een samengesteld peil-gestuurd drainage systeem online te besturen is en waarbij zowel boer als waterschap controle heeft over het peil (van den Eertwegh & Karimlou-Kranendonk, 2013).

Figuur 4 toon schematisch de enkelvoudige drainage en de klimaatadaptieve drainage.



Figuur 4 Plaatjes onder klimaatadaptieve drainage, plaatjes boven enkelvoudige drainage (Jonkheer, 2017)

In dit rapport wordt ingezoomd op samengestelde peil-gestuurde drainage. Samengestelde peil-gestuurde drainage is niet overal geschikt. Het succes ervan hangt af van de doorlaatbaarheid van de bodem. Op zandgronden in bijvoorbeeld Noord Limburg is de doorlaatbaarheid hoog en wordt er daar ook al meer geëxperimenteerd met samengestelde peil-gestuurde drainage (Boeren Natuur Vlaanderen, 2021). Sterk leemhoudende gronden, sommige vastere veenbodems en kleigronden zijn niet geschikt voor peil-gestuurde drainage vanwege de slechte doorlaatbaarheid van de bodem (Schaap & van Essen, 2013).

Tabel 6 Voor- en nadelen peilgestuurde drainage t.o.v. de haspel en druppelirrigatie

Voordelen

- Kan teveel water afvoeren
- Meer water beschikbaar voor gewas
- Minder beregening nodig
- Vermindering nutriëntenbelasting
- Waterconservering in kwelgebieden

Nadelen

- Niet overal mogelijk (grondsoort afhankelijk)
- Soms nog extra beregening nodig

**Klimaatfactoren**

Samengestelde peil-gestuurde drainage is een geschikt systeem om water af te voeren wanneer het land te nat is en/of dit water vast te houden in periodes van droogte, mits het systeem is geïmplementeerd in een gebied voorzien van wateraanvoer.

In gebieden met wateraanvoer, kan samengestelde peil-gestuurde drainage het grondwaterpeil het gehele groeiseizoen reguleren (Schaap & van Essen, 2013). Het behouden van de grondwaterstand op een optimaal peil heeft een positief effect op de gewasproductie (Schaap & van Essen, 2013).

In gebieden zonder wateraanvoer kan samengestelde peil-gestuurde drainage de grondwaterstand nauwelijks verhogen. In het rapport "effecten van peil-gestuurde drainage op natuur" van Kuijper, Broers en Rozemeijer (2012) komt het belang naar voren te beseffen dat peil-gestuurde drainage het grondwaterpeil nauwelijks verhoogt in gebieden zonder wateraanvoer zoals hoge vrij afwaterende zandgronden. De grondwaterstand in deze gebieden zakt in het gehele gebied weg waardoor het bijna onmogelijk is het grondwaterpeil hoog te houden op individuele percelen (Schaap & van Essen, 2013). In deze gebieden werkt samengestelde peil-gestuurde drainage ten opzichte van geen drainage juist verdroging in de hand (Schaap & van Essen, 2013). Door het water dat in de wintermaanden wordt gedraineerd, gaat de grond namelijk droger het voorjaar in (Schaap & van Essen, 2013).



In deze gebieden kan het zakken van de grondwaterstand enkel vertraagd worden met één a twee weken met ongeveer 20 mm extra water dat vastgehouden wordt (Schaap & van Essen, 2013). Een 20 mm aan extra berging staat gelijk aan ongeveer één beregeningsbeurt met de haspel.

In periodes van extreme neerslag wordt het belang van snel water afvoeren groter. Zodoende is het belangrijk dat het samengesteld peil-gestuurd drainage systeem genoeg capaciteit heeft. De capaciteit van een drainage systeem wordt bepaald door de hoeveelheid putten en drains.

### 3.3.1 Kostenoverzicht

In de literatuur worden de kosten van samengestelde peil-gestuurde drainage geschat op 2400 - 3000 euro per hectare (Jeuken, et al., 2015) (Stuyt & van Iersel, 2010) (Boeren Natuur Vlaanderen, 2021). De kosten voor een samengesteld peil-gestuurd drainage systeem liggen ongeveer twee keer hoger dan bij een conventioneel peil-gestuurd drainage systeem. De hogere kosten komen voort uit de afvoerput, T-stukken en de hoofddrain (Stuyt & van Iersel, 2010). In tabel 18 zijn de uitgangspunten voor het kostenoverzicht, de vaste en de variabele kosten uiteengezet. De gegevens voor dit kostenoverzicht komen uit literatuurbronnen en installatiebedrijven met daarbij de notitie dat de kosten van een SRD systeem sterk afhangen van de context waar het systeem in wordt geplaatst.

**Tabel 7 Uitgangspunten, vaste kosten en variabele kosten van samengestelde peil-gestuurde drainage.**

<b>Uitgangspunten</b>	
<b>Oppervlakte</b>	10 ha
<b>Drainafstand (m)</b>	6 - 10
<b>Aantal putten</b>	2
<b>Aantal T-stukken</b>	25
<b>Prijs T-stuk (€)</b>	30
<b>Hoofddrain (m)</b>	200
<b>Prijs hoofddrain (€/m)</b>	3
<b>Drain (m)</b>	12000 - 16000
<b>Prijs drain (€/m)</b>	0,20
<b>Onderhoudskosten</b>	20 procent van investeringskosten

<b>VASTE KOSTEN per hectare</b>	
<b>Materiaal</b>	
<b>Putten</b>	400 - 600
<b>T-stukken</b>	700 - 800
<b>Hoofddrain</b>	800 - 1200
<b>Drains</b>	1500 - 2000

<b>VARIABELE KOSTEN per hectare</b>	
<b>Onderhoudskosten</b>	680 - 920

Een samengesteld regelbaar drainage (SRD) systeem gaat zo'n 15 tot 20 jaar lang mee (Alterra, 2018). De vaste kosten van een SRD systeem zijn geschat op €3400 - €4600 per hectare. Op een perceel van 10 hectare met een afschrijving van 20 jaar komt dat neer op geschatte kosten van €1700 - €2300 per hectare per jaar. De variabele kosten bestaan uit de onderhoudskosten van het systeem. In dit rapport zijn deze kosten geschat op 20 procent van de totale aanschafkosten maar volgens gebruikers van het systeem zoals vermeld in het rapport Regelbare drainage van Alterra (2018) vraagt het systeem minder onderhoud dan conventionele drainage. De drains hoeven namelijk niet meer per drain doorgespoeld te worden omdat dit systeem zichzelf schoon spoelt (Alterra, 2018).

---

De variabele kosten van samengestelde peil-gestuurde drainage liggen in dit rapport laag ten opzichte van druppelirrigatie. Bij druppelirrigatie zitten er veel kosten in het ieder jaar opnieuw aanleggen van het systeem in arbeid en materiaal.

---

# 4 Wateropslag

## 4.1 Ondergrondse zoetwateropslag

Doordat Nederland onder de zeespiegel ligt en lagere gedeeltes van Nederland in het verleden overstroomt zijn met zeewater, heeft het zeewater in de onderliggende bodemlagen kunnen raken (de Louw & Bogaart, Regenwaterlenzen, 2017). Het zoute water in de bodem komt aan het oppervlak te liggen door inpoldering, met verzilting tot gevolg. Op de zoute waterlaag in de bodem kan er een zoetwaterlens ontstaan door neerslag. De zoetwaterlens drijft als het ware op het zoute water vanwege de hogere dichtheid van zout water (de Louw & Bogaart, Regenwaterlenzen, 2017). De zoetwaterlens kan natuurlijk of kunstmatig uitgebreid worden tot een zoetwaterbel. Het opslaan van zoetwater in de bodem heet ondergrondse zoetwateropslag of wordt genoemd bij zijn synoniemen Artificiel Storage and Recovery (ASR) en Managed Aquifer Recharge (MAR).

Ondergrondse zoetwateropslag is het opvangen van drainwater, opslaan in de bodem en wanneer nodig terugwinning van het zoete water door deze naar boven te pompen en hergebruiken voor irrigatie. Via een put wordt het drainwater de bodem in geleid naar een diepte van ongeveer 15 meter. Daar vormt het een zoetwaterbel, die het zoute water wegdrukt. Bij het weer omhoog pompen wordt het water gefilterd en belucht, waarna het geschikt is voor irrigatie. De hoeveelheid water die ondergrond opgeslagen kan worden, zorgt ervoor dat er geen grootschalige bassins voor wateropslag aangelegd hoeven te worden. Bassins aan het oppervlak nemen veel ruimte in, en zorgen daarmee voor een kleiner beteelbaar oppervlak.

De waterkwaliteit van water dat gebruikt wordt voor beregening is belangrijk, want irrigeren met zout of brak water tast de gewassen aan. De zoetwaterbel kan geïnfiltreerd worden met zout of brak water door grondwaterstroming of door dichtheidsverschillen tussen het zoute en het zoete water (Zuurbier, 2016).

**Tabel 8 Voor- en nadelen ondergrondse zoetwateropslag t.o.v. alternatieve opslagmogelijkheden**

### Voordelen

Grote capaciteit  
Beperkt ruimteverlies bovengronds  
Water natuurlijk afgeschermd tegen verdamping

### Nadelen

Nog weinig praktijkvoorbeelden

### Klimaatfactoren

In periodes van veel neerslag kan het zoete water met drains geïnfiltreerd worden in de zoetwaterbel. Zodra het water nodig is in periodes van extreme droogte, kan het water uit de bel omhoog gepompt worden. Het systeem biedt met name een uitkomst in verzilte gebieden waar het grondwater zout is en daardoor niet gebruikt kan worden als beregeningswater vanwege de zoetwaterminnende gewassen. Het ontzouten van grondwater is een duurdere optie ten opzichte van ondergronds zoetwateropslag (Kennis voor Klimaat, 2014).

#### 4.1.1 Kostenoverzicht

De kosten van ondergrondse zoetwateropslag hangt af van het type systeem (Jeuken, et al., 2015). In de literatuur is er met name data bekend van verschillende systemen die zijn getest binnen het project Go-Fresh. Dit project heeft als doel mogelijkheden te onderzoeken die de zoetwateropslag voor de landbouw in kwetsbare gebieden kunnen vergroten (Oude Essink, 2019). In dit project zijn drie systemen opgesteld (Oude Essink, 2019):

- Kreekrug Infiltratie Proef: toename van de al aanwezige zoetwatervoorraad in een kreekrug door infiltratie van oppervlaktewater. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van peilopzet om het zoet-zout grensvlak te verlagen.

- The Freshmaker: toename zoetwatervoorraad in een kreekrug door injectie zoetwater en onttrekking zout grondwater.
- DRAINS2BUFFER: vergroten/behouden zoetwatervoorraad dunne regenwaterlenzen door slimme diepe drainage.

Een kreekruginfiltratiesysteem heeft als doel de grondwaterstand in kreekruggen zo hoog mogelijk te houden met behulp van samengesteld peil-gestuurde drainage voor de infiltratie en het verlagen van het zoutwaterpeil. De totale kosten van een Kreekruginfiltratiesysteem worden geschat op €4200 - €7000 per jaar (bij 15 hectare, afschrijving van 15 jaar en een rentevoet van 2 procent). De marge tussen die bedragen komt voort uit het wel of niet aanwezig zijn van een stroomvoorziening voor de pomp (Kennis Centrum Kusttoerisme HZ University of applied sciences, 2016). De jaarlijkse totale kosten van de Freshmaker worden geschat op €4600 - €7000 per jaar en de jaarlijkse totale kosten van het Drains2buffer systeem worden geschat op €2300 - €3300 (beide bij 12 hectare, afschrijving van 15 jaar en rentevoet van 2 procent) (Kennis Centrum Kusttoerisme HZ University of applied sciences, 2016).

De geschatte kosten van een ondergronds zoetwateropslagsysteem zijn hieronder uiteengezet, deze zijn gebaseerd op het onderzoek van Kennis Centrum Kusttoerisme HZ University of applied sciences (2016) en ondersteund door het onderzoek van de Louw et al. (2019) De uitgangspunten bevatten afschrijvingskosten die zijn gebaseerd op de levensduur van het product.

**Tabel 9 Kostenoverzicht voor ondergrondse zoetwateropslag**

<b>Uitgangspunten</b>	
<b>Afschrijving peilgestuurde drainage, elektriciteitsleiding</b>	15 jaar
<b>Afschrijving pomp</b>	8 jaar
<b>Rente</b>	2 procent
<b>Perceel</b>	10 hectare

De jaarlijkse vaste kosten zoals die zijn beschreven door Kennis Centrum Kusttoerisme (2016) liggen voor kreekruginfiltratie op 2900-5000 euro per jaar, voor de freshmaker op 4000-5200 Euro per jaar en voor drains2buffer op 2100-3100 euro per jaar voor 12 - 15 hectare. De vaste kosten in onderstaande tabel geven een indicatie van de jaarlijkse kosten per 10 hectare bij een afschrijving van 15 jaar voor de peilgestuurde drainage installatie en elektriciteitsleiding en een afschrijving voor 8 jaar voor de pompen.

<b>VASTE KOSTEN</b>	
<b>Drainage (Peilgestuurde drainage met diepdrains)</b>	1700 - 2300*
<b>Pomp voor het infiltreren</b>	800 - 1200
<b>Pomp voor het oppompen</b>	100 - 150
<b>Elektriciteitsleiding naar pomp</b>	250 - 500

<b>VARIABELE KOSTEN</b>	
<b>Energie en onderhoud</b>	
<b>Elektriciteit pomp infiltratie</b>	150 - 200 per jaar
<b>Onderhoudskosten</b>	1000 - 1500 per jaar
<b>Monitoringskosten waterkwaliteit</b>	700 - 1000 per jaar
<b>Elektriciteit pomp oppompen</b>	0,10 - 0,20 per kuub water
<b>Heffingen</b>	0,10 - 0,15 per kuub water

\*Prijs per hectare zoals berekend voor samengestelde peilgestuurde drainage

De totale vaste kosten van een ondergronds zoetwateropslagsysteem per jaar per hectare worden zo geschat op €2850 - €4150. De schatting komt overeen met de cijfers van Kennis Centrum Kusttoerisme (2016). Een belangrijk verschil is de variëteit in kosten tussen de systemen die in de

---

huidige marge niet meegenomen is. De prijs van een Drains2Buffer systeem ligt lager dan die van de twee andere systemen omdat er voor dit systeem geen infiltratiepomp nodig is (de infiltratie wordt gedaan met de drains). Verder liggen de kosten voor zoetwateropslag voor een groot bedrijf lager vanwege de schaalvoordelen voortkomend uit het aanleggen van de peilgestuurde drainage.

De variabele kosten die bovenop de jaarlijkse vaste kosten komen liggen tussen de €1850 tot €2700 per jaar. Voor een beregeningsbeurt van 15 mm op tien hectare is er 1500 kuub water nodig. Voor de elektriciteit en de heffingen komt daar dan €30 tot €52,50 per beregeningsbeurt per hectare bij. In een worst case scenario waarin er vijf keer per jaar beregend moet worden, komt dat neer op €150 - €262,50. In een best case scenario waarin er maar twee keer per jaar beregend moet worden, komt dat neer op €60 - €105 per jaar. Het peilgestuurd drainage systeem wordt voor de zoetwaterbel enkel gebruikt als water infiltratie middel. Uiteindelijk moet het water na het oppompen nog op het land beregend worden. Voor beregening vanuit de zoetwaterbel, is druppelirrigatie geschikt vanwege de lage druk die dit systeem behoeft. Zo wordt het water met druppelirrigatie minder hard uit de zoetwaterbel gepompt t.o.v. met de haspel waardoor er minder kans is dat er zout water mee omhoog getrokken wordt (Waverijn & Waterloo, 2020).

Al met al liggen de geschatte kosten voor zoetwateropslag in bovenstaande systemen per jaar in een worst case scenario op €4850 – €4963 per hectare. De totale kosten in een best case scenario liggen op €4760 - €4805 per hectare.

Het verschil tussen worst en best case scenario bij ondergrondse zoetwateropslag is klein. Het kleine verschil impliceert de onafhankelijkheid van het systeem in veranderend klimaat.

## 5 Conclusie

In dit rapport zijn de klimaatfactoren en kosten van verschillende irrigatiesystemen uiteengezet. In een veranderend klimaat met langere periodes van droogte waarbij rekening gehouden moet worden met toenemende mate van verzilting, is de landbouw gebaat bij een variatie aan irrigatiesystemen die ingezet kunnen worden bij het optreden van verschillende klimaatfactoren.

De mobiliteit en de relatief lage kostprijs maakt de beregeningshaspel tot een aantrekkelijk irrigatiesysteem. In toekomstig voorspelde periodes van droogte echter, wordt de haspel steeds duurder in gebruik ten opzichte van andere irrigatiesystemen als druppelirrigatie en samengestelde peil-gestuurde drainage.

De totale kosten in het worst case scenario wanneer er vijf keer berekend moet worden met de haspel, ligt op €187,5 - €440 (vaste kosten + variabele kosten\*5). De totale kosten in het best case scenario ligt op €135 - €296. Het verschil tussen best en worst case scenario voor de haspel is klein vanwege de lage variabele kosten.

**Tabel 11 Kostenoverzicht drie irrigatiesystemen in best en worst case scenario per hectare per jaar**

<b>Kosten per hectare per jaar</b>	<b>Haspel</b>	<b>Druppelirrigatie</b>	<b>Samengestelde peil-gestuurde drainage</b>
<b>Worst case</b>	€187,5 - €440	€1303 - €2040	€1700 - €2300
<b>Best case</b>	€135 - €296	€1303 - €2040	€1700 - €2300

De uitkomsten die uit tabel 3.1 komen geven een overzicht van de kosten van ieder systeem per hectare per jaar op een afschrijvingstermijn van 10 jaar. Vanwege de (nog) hoge arbeidskosten voortkomend uit implementatie van de druppelslangen, en vanwege de materiaalkosten die de wegwerpslangen jaarlijks met zich meebrengen, is druppelirrigatie t.o.v. de haspel en samengestelde peil-gestuurde drainage duur. De kostprijs van druppelirrigatie kan sterk dalen wanneer er meer praktijkervaring is opgedaan met het oprollen van de slangen.

Samengestelde peil-gestuurde drainage ligt qua kosten op hetzelfde niveau als druppelirrigatie maar dit irrigatiesysteem draagt alleen positief bij aan de grondwaterstand in een gebied met wateraanvoer. Zonder wateraanvoer kan het systeem het grondwater iets langer vasthouden met 20 mm dat gelijk staat aan één beregeningsbeurt. In een droog jaar betekent dat dat er alsnog extra beregent moet worden. Aan de andere kant is dit het enige systeem dat ook water kan afvoeren en zo een te nat perceel kan voorkomen.

Op dit moment wordt ervaring opgedaan met ondergrondse zoetwateropslag in de vorm van kreekruuginfiltratie, een systeem dat met peil-gestuurde drainage grondwater vasthoudt in een kreekruig, en in de vorm van zoetwaterinfiltratie door het infiltreren van zoetwaterlenzen met zoetwater zodat er een zoetwaterbel ontstaat. De kosten hiervoor bedragen tussen de 2500 – 5000 euro per hectare. De kosten hangen af van het al dan niet aanwezig zijn van een stroomvoorziening en het al dan niet aanwezig zijn van een drainage systeem. Voor nader onderzoek zou het goed zijn verschillende opslagvarianten te vergelijken in een prijs per kuub opslag ratio.

---

## 6 Bibliografie

- Alterra. (2018, Januari). Regelbare drainage. Wageningen.
- Bijker, W., & Verstand, D., (2020). *Toepassing klimaatstresstest open teelten*. Lelystad: Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten.
- Boeren Natuur Vlaanderen. (2021, Februari 15). *Peilgestuurde drainage & subirrigatie*. Opgehaald van Boeren Natuur: [https://www.boerenatuur.be/pdf/20210211\\_Webinar\\_PG&SI.pdf](https://www.boerenatuur.be/pdf/20210211_Webinar_PG&SI.pdf)
- Braakman, L. (2015). Druppelirrigatie: minder stress voor bol en teler. *Bloembollenvisie*, 28-29.
- Brouwer, G. (2015). *Druppelirrigatie in de aardappelteelt op zandgronden*. Dronten: CAH Vilentum.
- de Hoop, O. (sd). *Sproeikanon*. WUR, Lelystad.
- de Louw, P., & Bogaart, P. (2017, September). *Regenwaterlenzen*. Opgehaald van Stowa: <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/regenwaterlenzen>
- de Louw, P., van Baaren, E., Kaandorp, V., Galvis Rodriguez, S., Dupon, E., Huits, D., . . . Vandenbohede, A. (2019). *TOPSOIK - GO-FRESH Vlaanderen Potenties om de zoetwaterbeschikbaarheid te verbeteren*. Brussel: Deltares.
- Dodde, H. (2021, Januari 21). Irrigatie levert in uien nog te weinig meeropbrengst. *Nieuwe Oogst*.
- Dogterom, J., Houben, S., & Wander, J. (2019). *Effecten van vochthuishouding en bodemtemperatuur op de aardappelplant*. Wageningen: Delphy.
- Houben, S. (sd). Druppelirrigatie. *Druppelirrigatie*. WUR, Lelystad.
- Jeuken, A., Tolck, L., Stuyt, L., Delsman, J., de Louw, P., van Baaren, E., & Paalman, M. (2015). *Zelfvoorzienend in zoetwater: Zoek de mogelijkheden*. Amersfoort: STOWA.
- Jonkheer, E. (2017, Augustus). Zuinig met zoet water. *Akkerwijzer*, pp. 50-53.
- Kennis Centrum Kusttoerisme HZ University of applied sciences. (2016, November 15). *Projecten portfolio Robuuste watersystemen Go Fresh Kosten*. Opgehaald van Kennis Centrum Kusttoerisme: [https://kenniscentrumtoerisme.nl/wiki/index.php/LC\\_00150](https://kenniscentrumtoerisme.nl/wiki/index.php/LC_00150)
- Kennis voor Klimaat. (2014). Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit - Klimaat en zoet water. Utrecht, Utrecht, Nederland.
- Kuijper, M., Broers, H., & Rozemeijer, J. (2012). *Effecten van peilgestuurde drainage op natuur*. Deltares.
- NPPL. (2019, Augustus 16). *Uien krijgen gericht water met druppelirrigatie*. Opgehaald van NPPL - Proeftuin Precisielandbouw: <https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/uien-krijgen-gericht-water-met-druppelirrigatie/>
- Oude Essink, G. (2019, Juni 6). *GO-FRESH - Valorisatie kansrijke oplossingen robuuste zoetwatervoorziening*. Opgehaald van Deltares: <https://publicwiki.deltares.nl/display/ZOETZOUT/GO-FRESH+-+Valorisatie+kansrijke+oplossingen+robuuste+zoetwatervoorziening>
- Radersma, S., & de Boer, H. (2011). *Verzilting in Nederland: oorzaken en perspectieven*. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Reindsen, H. (2018, augustus 3). *Water op wielen, winst bij aardappelen weg*. Opgehaald van Nieuwe Oogst: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2018/08/03/water-op-wielen-winst-bij-aardappelen-weg>
- Reindsen, H. (2018, Juli 25). Zoetwater bufferen voor druppelirrigatie. *Nieuwe Oogst*.
- Reindsen, H. (2020, Februari 1). Druppelirrigatie in pootgoed levert tot 4.400 euro op. *Nieuwe Oogst*.
- Satijn, H., & Leenen, J. (2009). *Leven met Zout water: Overzicht huidige kennis omtrent interne verzilting*. Acacia Water, Leven met Water, STOWA.
- Schaap, J., & van Essen, E. (2013, Juni 6). Peilgestuurde drainage: must of mythe? *H2O*.
- Spruijt, J., & Russchen, H. (2015). *Duurzaam elektrisch beregenen*. Lelystad: PPO Wageningen UR.
- Stuyt, L., & van Iersel, A. (2010, Juli 10). Waterpeil exact op gewenste hoogte. *Akkermagazine*, pp. 26-29.
- van den Eertwegh, G., & Karimlou-Kranendonk, m. (2013). *KlimaatAdaptieve Drainage - Juridisch bestuurlijke aspecten*. Wageningen: Future Water.
- van den Eertwegh, G., van Bakel, J., Massop, H., van Dam, J., Bosveld, F., & Veldhuizen, A. (2020). *Efficiëntie van beregening*. KnowH2O – De Bakelse Stroom – WUR WEnR – WUR SLM – KNMI.

- 
- van der Boom, N. (2014). *Irrifrance Optima 1045/1055 Robuuste haspel*. LandbouwMechanisatie.
- van der Voort, M. (2019). *Elektrisch beregenen*. Wageningen: Wageningen Research, Open Teelten.
- Verstand, D. (2020). *Klimaat-stresstest: Wat betekent klimaatverandering voor de open teelten?*  
Lelystad: Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Business unit Open Teelten.
- Waverijn, M., & Waterloo, M. (2020, Juni 12). Wordt ondergrondse druppelirrigatie de toekomst? (O. Zeeland, Interviewer)
- Zuurbier, K. G. (2016, Mei 10). INCREASING FRESHWATER RECOVERY UPON AQUIFER STORAGE.  
*Proefschrift*. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam.



---

Corresponding address for this report:

P.O. Box 16  
6700 AA Wageningen  
The Netherlands  
T +31 (0)317 48 07 00  
[www.wur.eu/plant-research](http://www.wur.eu/plant-research)

Report WPR-900

---

The mission of Wageningen University & Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life". Under the banner Wageningen University & Research, Wageningen University and the specialised research institutes of the Wageningen Research Foundation have joined forces in contributing to finding solutions to important questions in the domain of healthy food and living environment. With its roughly 30 branches, 6,800 employees (6,000 fte) and 12,900 students, Wageningen University & Research is one of the leading organisations in its domain. The unique Wageningen approach lies in its integrated approach to issues and the collaboration between different disciplines.



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



---

Wageningen University & Research

**Open Teelten**

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

**[www.wur.nl/openteelten](http://www.wur.nl/openteelten)**

Rapport WPR-900

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein.

De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---