

Tussenrapportage Zoet op Zout: Bouwsteen 5

Tussenrapportage 2023-2024 bouwsteen 5:
Economische en Financiële haalbaarheid
maatregelen

Tussenrapportage Zoet op Zout: Bouwsteen 5

Tussenrapportage 2023-2024 bouwsteen 5:
Economische en Financiële haalbaarheid
maatregelen

Colofon

Klant

Type hier de naam van de opdrachtgever

Status

Voortgangsrappportage

Datum

1 juli 2024

Projectnummer

AW24_184_JV_211244B5700

Auteur(s)

Verbist, J.

Gecontroleerd door

Tine te Winkel

Vrijgegeven door

Arjen de Vries

Disclaimer

Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteurs zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten of consequenties. Aanvullingen of verbeteringen zijn welkom via info@acaciawater.com

Inhoud

1	Introductie	1
1.1	Projectbeschrijving	1
1.2	Opzet van de bouwsteen	1
2	- Voortang 2023-2024 en vooruitblik	4
2.1	Macro-Economische gebiedsbeschrijving	4
2.2	Dataontwikkeling en financiële haalbaarheid ondergrondse opslag	4
2.3	Dataontwikkeling Anti-Verziltingsdrainage	11
2.4	Waarde van inlaatwater	12
2.5	Zoutschade in de wortelzone en perceelhydrologie	15
2.6	Ontwikkeling van beheerorganisatie van watervoorraden	19
3	- Slot	20
4	Bibliography	21
	Annex	22

1 Introductie

1.1 Projectbeschrijving

In de toekomst wordt verwacht dat de beschikbaarheid van zoetwater onder druk komt te staan. De voornaamste redenen hiervoor zijn bodemdaling, zeespiegelstijging en veranderingen in het klimaat. Om de beschikbaarheid van zoetwater ook in de toekomst te kunnen garanderen is het project Zoet op Zout gestart. Het primaire doel van het project is kennisontwikkeling over het beheer van het zoete (grond)water en het verbeteren van de productieomstandigheden voor de agrarische sector in de Waddenregio.

Zoet op Zout is verdeeld in verschillende bouwstenen en deze rapportage focust zich op bouwsteen 5: *Economisch en financiële haalbaarheid*. Economisch en financieel inzicht in de ondergrondse opslag en anti-verziltingsdrainage is cruciaal in de ontwikkeling van technologische innovatie in verziltingsgebied richting uitrol en daadwerkelijke marktimplementatie. Bij het voorbereiden van technische innovaties op marktimplementatie zijn twee perspectieven van belang: dat van de agrariër het microperspectief, en dat van de economie als geheel het macro-perspectief. Het doel van het onderzoek naar economische en financiële haalbaarheid is dan ook: inzichtelijk maken wat de macro-economische bijdrage is van de ondergrondse opslag en anti-verziltingsdrainage aan de ontwikkeling van duurzame en toekomstbestendige landbouw in de Waddenregio. Hiervoor worden de kosten en de baten van de technieken, bedrijfseconomische data van de agrarische bedrijven en financiële randvoorwaarden van de banken verzameld

1.2 Opzet van de bouwsteen

Deze bouwsteen wordt gekenmerkt door zes uitdagingen die staan beschreven in het originele voorstel. Deze zijn:

- Monetariseren vermeden zoutschade: Om de opbrengst van anti-verziltingsdrainage te kunnen bepalen wordt inzichtelijk gemaakt welke waarde de innovatie toevoegt aan de productieomstandigheden. In het geval van anti-verziltingsdrainage is dit vermeden zoutschade. Het is belangrijk om met nieuw te ontwikkelen kennis over verzilting in het perceel en zoutschade in de wortelzone inzichtelijk te maken wat de opbrengsten zijn per teelt. Per neerslagtekort in combinatie met de terugkeertijd nu en onder klimaatverandering worden de te behalen opbrengsten op bedrijfseconomische schaal bepaald;
- Kosten verschillende ontwerpen ondergrondse opslag: het ontwerpen van innovatieve vormen van ondergrondse opslag die zowel in de mangaan als ijzerhoudende bodems toegepast kunnen worden brengt een nieuw kostenplaatje met zich mee. Deze kosten worden inzichtelijk gemaakt en bekeken wordt of ze met ontwerpveranderingen gereduceerd kunnen worden. Uiteindelijk worden de kosten opgenomen in de business case;
- Kosten voor verschillende ontwerpen anti-verziltingsdrainage: het ontwerpen van innovatieve, lowtech en hightech anti-verziltingsdrainage brengt verschillende nieuwe kostenplaatjes met zich mee. Deze kosten worden inzichtelijk gemaakt en

er wordt bekeken wat het effect van de verschillende ontwerpen is en in hoeverre deze passen bij de investeringsbereidheid van de agrariërs;

- Financiële haalbaarheid en financieringsarrangementen: zodra agrariërs overgaan tot investeren moet naast economisch inzicht ook financieel inzicht worden verzorgd. Samen met de agrariërs en de banken moet voor zowel ondergrondse opslag als antiverziltingsdrainage worden gekeken wat de randvoorwaarden voor financiering zijn en wat de randvoorwaarden voor financieringsarrangementen moeten zijn;
- Alternatieve aanwendbaarheid en waarde van inlaatwater: het doorspoelen met zoet inlaatwater is een belangrijke productiefactor voor agrariërs. In tijden van extreme droogte treedt de verdringingsreeks in werking en gaan waterschappen aan de hand van functies hun doorspoelregime aanpassen. Ter voorbereiding op deze events kan op basis van vermeden droogteschade de alternatieve aanwendbaarheid van het water worden bepaald om zo de waarde van het inlaatwater te berekenen;
- Ontwikkelen watercoöperaties: samenwerking in investering, beheer en onderhoud van de maatregelen door agrariërs kan een duurzame manier van uitvoer en uitrol zijn. Om dit te realiseren worden de samenwerkingsvormen in het onderzoek uitgewerkt.

Om deze uitdagingen te lijf te gaan, zijn er zes stappen uitgezet waarop deze bouwsteen zich berust. Dit zal tevens ook de structuur van dit document bepalen, omdat er per stap gereflecteerd zal worden wat er in 2023-2024 is gedaan en wat de koers tot het einde van het project zal zijn.

1. Macro-Economisch gebiedsbeschrijving
 - a. Wat is de omvang van de regionale economie en wat zijn de groeiperspectieven?
 - b. Welke sectoren zijn dominant en wat is de dynamiek van deze sectoren? Wat is de invloed van verzilting, klimatologische, hydrologische en bodemkundige veranderingen op de ontwikkeling?
 - c. Wat zijn de kansen en risico's binnen deze sectoren en wat dragen ondergrondse opslag en anti-verziltingsdrainage bij in termen van risicomijding?
2. Dataontwikkeling financiële haalbaarheid ondergrondse opslag
 - a. Wat zijn de kosten en baten voor de agrariër en in hoeverre draagt dit bij aan de investeringsbeslissing?
 - b. Hoe groot zijn de maatschappelijke kosten en baten en in welke vorm beïnvloedt dit het financiële plaatje?
3. Data ontwikkeling anti-verziltingsdrainage
 - a. Wat zijn mogelijke drainagesystemen en welke kosten zijn daaraan gerelateerd?
4. De waarde van inlaatwater

- a. Wat is de monetaire waarde van het verminderen van de inlaatbehoefte door de aanleg van Spaarwatermaatregelen?
 - b. Naar welke polder kan het schaarse zoete water het beste worden geleid in tijden van droogte?
- 5. Zoutschade wortel zone en perceelhydrologie
 - a. Wat is de monetaire waarde van zoutschade in de wortel zone?
 - b. En verhoudt zich dit tot anti-verziltingsdraiange?
- 6. Ontwikkeling beheerorganisatie van watervoorraden
 - a. Technisch-hydrologisch: Is het mogelijk, door combineren en multipliceren van maatregelen, zoveel zoetwater beschikbaar te maken in zilte polders, dat daarmee voor de agrariërs een substantiële hoeveelheid zoetwater kan worden geleverd?;
 - b. Organisatorisch: Hoe zou zo'n systeem operationeel en strategisch beheerd moeten worden door de coöperatie? Wat zou de beste bestuursvorm van de coöperatie zijn? Wat wordt dan de relatie met het waterschap?;
 - c. Economisch: Wat zijn de kosten en baten van de watercoöperatie voor de leden van de coöperatie en het waterschap?

2 - Voortang 2023-2024 en vooruitblik

2.1 Macro-Economische gebiedsbeschrijving

De macro-economisch gebiedsbeschrijving is in 2021 afgerond en beschikbaar via de Zoet op Zout website (zie: [Een duurzaam toekomstperspectief voor landbouw in de Waddenregio, 2021](#)). Het onderzoek laat het belang van de landbouw voor de economie in de Waddenregio zien en de belangrijke rol die spaarwatermaatregelen zoals anti-verziltingsdrainage en ondergrondse opslag daarbij kunnen spelen.

2.2 Dataontwikkeling en financiële haalbaarheid ondergrondse opslag

Dataontwikkeling bestaat voornamelijk uit twee delen: kosten en baten. Zo is dit hoofdstuk dan ook opgedeeld. Beide methoden zijn ook gebruikt in werkpakket 2 *Financiële ontwikkeling*, binnen het project Zoete Toekomst Texel (ZTT) (Eindrapportage Zoete Toekomst Texel, 2024).

2.2.1 Kosten

De dataontwikkeling ten behoeve van de financiële haalbaarheid van ondergrondse opslag is uitdagend doordat de pilots vertraagd worden uitgevoerd. Daarom is het tot op heden niet mogelijk om prijsindicaties te geven. Desalniettemin is er succesvol een berekeningsmethode ontwikkeld in Python waarbij alle mogelijke systeem combinaties uitgerekend kunnen worden. De logica is als volgt: Een ondergrondse opslag bestaat uitverschillen componenten en per component kunnen er verschillende opties gekozen worden. Zo kan een boringen verticaal of horizontaal worden uitgevoerd; of drainage met sleuf of ketting worden gelegd. Naast opties, geeft dit ook ruimte voor verschillende schatting, zo kan hetzelfde systeemcomponent in uitdagende omstandigheden duurder zijn dan in gunstigere omstandigheden. Tabel 1 geef een eerste overzicht van de componenten en opties:

Tabel 1: Systeem- en kostencomponenten en opties voor ondergrondse opslag

Kostencategorie	Component	Optie & schatting
Immaterieel	Pre-Scan	
	Vooronderzoek	
	Voorontwerp	
	Definitief ontwerp	
	Omgevingsvergunning aanvraag	
Materiele	Drainage	Nieuw met sleuf (8m)
		Nieuw met sleuf (10m)
		Nieuw met ketting (8m)
		Nieuw met ketting (10m)
		Bestaand (8m)
		Bestaand (10m)
	Zuiveringssysteem	

Gebruik	Pomphuis en leidingwerk	
	Verticale boringen	Onttrekking (15m-mv) en Infiltratie (17m-mv)
	Hergebruik / irrigatie	Surface drip en reservoir
		Haspelen en reservoir
	Voorfilter	Korte levensduur
		<i>Tussen in</i>
		Lange levensduur
	Koolfilter	Korte levensduur
		<i>Tussen in</i>
		Lange levensduur
	Zandfilter	Korte levensduur
		<i>Tussen in</i>
		Lange levensduur
	Energie / elektriciteit	Hoge prijzen
		Normale prijzen
	Monitoring waterkwaliteit	Per halfjaar
		Per kwartaal

Het grote voordeel van deze methode is dat de spreiding rijkelijk wordt meegenomen. Dit maakt maatwerk mogelijk, doordat we de prijzen van verschillende mogelijke scenario's hebben, die aansluiten bij de boer en bij de ontwikkelingen. Zo vraagt nieuwe drainage meer investering dan het aansluiten op bestaande drainage, of zullen de kosten hoger liggen wanneer de monitoring frequentie vanuit de overheid hoger moet. Bodemtype zal invloed hebben op drainage afstand en type implementatie

2.2.2 Mogelijke baten: vermeden droogteschade

Hier ligt de focus op de analyse van de mogelijke baten van zoet irrigatiewater uit de ondergrondse opslag. Er wordt toegewerkt naar een gewogen gemiddelde aan baten uitgedrukt in Euro's dat kan worden meegenomen in een bedrijfseconomische kosten-baten analyse. De analyse richt zich op gewassen die terug te vinden zijn in veel voorkomende bouwplannen in Noord-Nederland. Doordat de monetaire waarden van sommige gewassen missen, voor verschillende locatie, zal deze voortgangsrapportage focussen op die baten van pootaardappels.

De gehanteerde benadering steunt op een gevarieerde dataset, samengesteld uit KNMI-gegevens en diverse modelstudies. Er is niet alleen geput uit statistische modellen maar ook input verkregen van lokale telers in dit gebied om de baten accuraat te bepalen. Het valideren van de baten met de praktijkervaring en inzichten van de telers is onmisbaar voor de praktijk relevantie van de conclusies.

Een essentieel aspect van onze analyse omvat de integratie van statistische methoden om de onzekerheid met betrekking tot droogteperioden en verschillende klimaatscenario's te adresseren. Hiermee kunnen we een meer gedegen inzicht verkrijgen in de fluctuaties en potentiële risico's die gepaard gaan met de beschikbaarheid van irrigatiewater, een cruciaal element voor agrarische activiteiten.

Het doel van dit hoofdstuk is dan ook om een helder en gebalanceerd overzicht te bieden van de baten van zoet irrigatiewater, rekening houdend met zowel de variabelen vanuit de natuurlijke omgeving als de inzichten vanuit de lokale agrarische praktijk.

Droogte: De KNMI scenario's

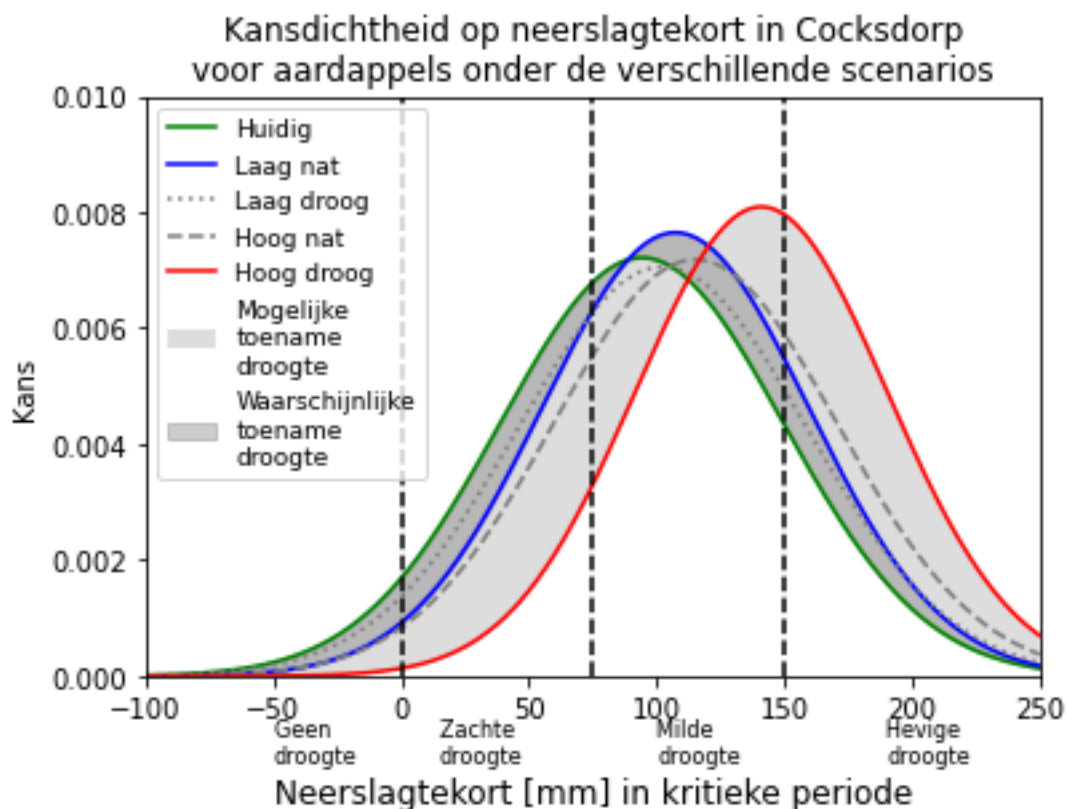
De eerste stap richting het bepalen van de baten is het definiëren van droogte en de klimaatscenario's. Wanneer er te weinig neerslag valt in vergelijking met de waterbehoefte van een gewas, noemt men dit droogte. Door klimaatverandering zal zowel de intensiteit als de kans op droogte toenemen. Droogte zal resulteren in een verminderde oogst in tonnages en een teruglopende productkwaliteit. Dit heeft een negatieve invloed op de inkomsten uit het product en dus economische situatie van de boer.

Hoe het klimaat zich gaat ontwikkelen is dus van bedrijfseconomisch belang voor een boer. Op 9 oktober 2023, heeft het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) klimaatvoorspellingen gedeeld door middel van vier klimaatscenario's, gebaseerd op wereldwijde broeikasgassen uitstoot temperatuurstijging en verdrogend of vernattend klimaat (KNMI, 2023):

- Ln: **L**age uitstoot en een vernattend klimaat
- Ld: **L**age uitstoot en een verdrogend klimaat
- Hn: **H**oge uitstoot en een vernattend klimaat
- Hd: **H**oge uitstoot en een verdrogend klimaat

Het KNMI geeft geen waarschijnlijkheidsinschatting voor één van deze scenario's, dus er blijft een onzekerheid over het voorkomen ervan. Wat wel zeker is, is dat de kans op droogte toe zal nemen voor alle vier de klimaatscenario's ten op zichte van het huidige klimaat (zie). In andere woorden, de kans op droogte, en daarmee gewasschade, gaat in de toekomst toenemen.

Om de baten van irrigatie in Noord-Nederland regio-specifiek te kunnen onderbouwen zijn de vier klimaatscenario's geanalyseerd op basis van data uit Noord-Holland, Friesland en Groningen (zie). Voor de analyse is de kans op droogte gecombineerd met de gewasfactor voor pootaardappels tussen 15 Juni tot en met 31 Juli. De kritieke periode is de periode waarin een watertekort voor pootaardappelen tot het grootste opbrengstverlies zal leiden. Uit , dat betrekking heeft tot het klimaat bij De Cocksdorp, blijkt dat de kans op droogte aanzienlijk is voor zowel "Ln" (minst droog) als "Hd" (meest droog), waarbij de overige scenario's zich voornamelijk daartussen bevinden.



Figuur 1: Kansdichtheid van droogte tijdens de kritieke periode van pootaardappels onder de verschillende klimaatscenario's (Zoete Toekomst Texel, 2023).

Baten pootgoedaardappels

Leeswijzer

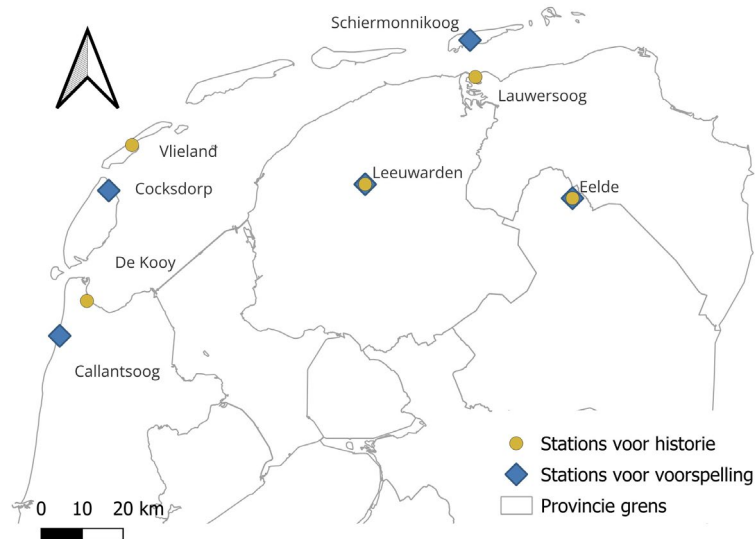
Risicoanalyses en kansverdelingen zijn vaak moeilijk te interpreteren vanwege de stapelingen van aanwezige onzekerheid. Om de interpretatie te vergemakkelijken, richten we ons op het volgende:

- De twee uiterste klimaatscenario's:
 - “Ln”, wat het minst droog is en wat droger is dan huidige situatie/klimaat (zie figuur 1). In dit scenario is de uitstoot van broeikasgassen laag en zijn de klimaatdoelen gehaald.
 - “Hd”, wat de meest toenemende droogte vertegenwoordigt. In dit scenario, is de uitstoot van broeikasgassen hoog en zijn de klimaatdoelen niet gehaald (zie figuur 1).
- Vier droogtescenario's zoals beschreven in tabel 2:

Tabel 2: De vier droogte scenario's en bijbehorende definities

Droogtescenario	Neerslagtekort
Geen droogte	-100 tot 0 mm
Zachte droogte	0 tot 75 mm
Milde droogte	75 tot 150 mm
Hevige droogte	Meer dan 150 mm

- 5 Locaties: We hebben op meerdere locaties de data van de weerstations vergeleken (zie figuur 2), waarmee de variatie en onzekerheid omtrent regionale locatie laat zien.

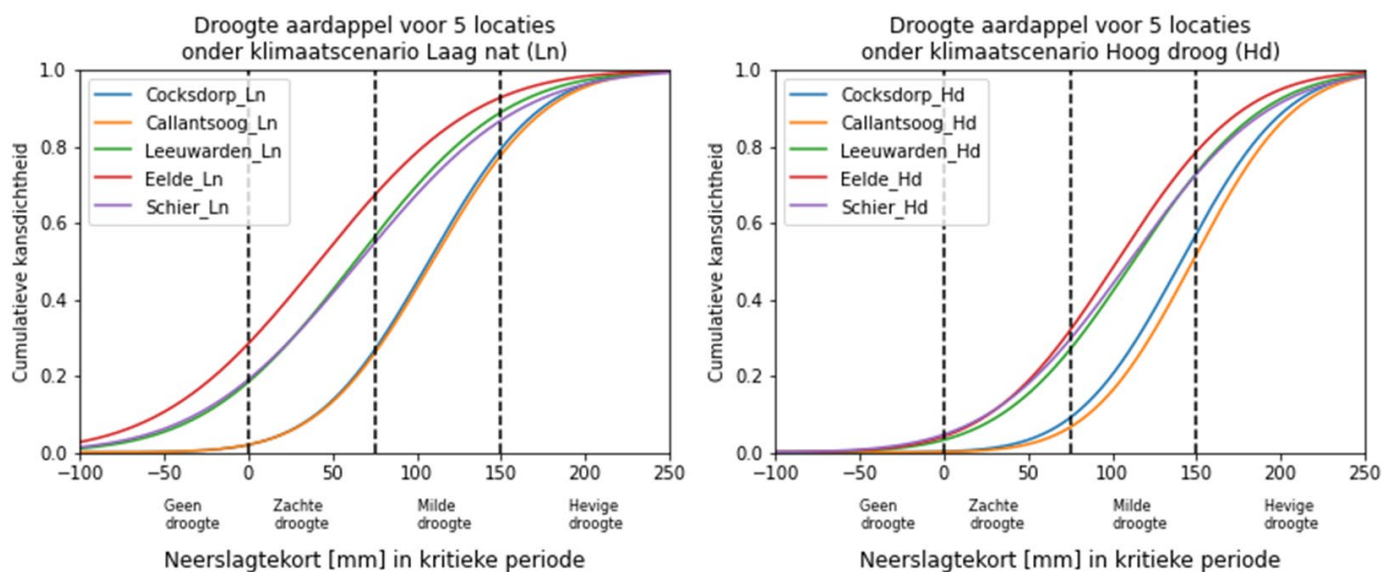


Figuur 2: Kaart van de gebruikte KNMI stations

Kans op droogte voor pootgoedaardappels onder “Ln” en “Hd”

Figuur 3 toont de cumulatieve kansdichtheid curve voor de vijf locaties in Noord-Nederland voor “Ln” en “Hd” klimaatscenario's. De cumulatieve kansdichtheid geeft aan wat de waarschijnlijkheid is dat het neerslagtekort minder dan of gelijk aan een bepaalde waarde is. Dit biedt een overzicht van de cumulatieve kansen en maakt het gemakkelijker om vragen te beantwoorden zoals “Wat is de kans op milde droogte (neerslagtekort tussen 75 en 150mm)?”

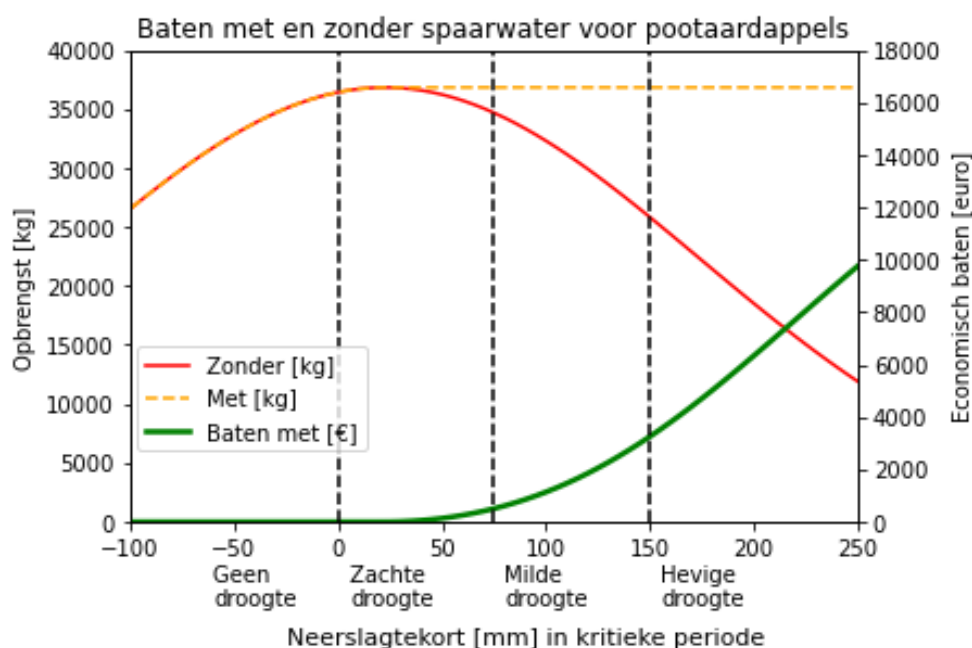
Een duidelijke conclusie is dat er een substantieel verschil is tussen locaties. Zo is er bij Callantsoog en de Cocksdoorp de kans op droogte het grootst en bij Eelde het minst. Verder valt het op dat de kans op droogte sterk toeneemt voor het “Hd” klimaatscenario.



Figuur 3: De cumulatieve kansdichtheidscurve op droogte voor de vijf locaties onder de “Ln” en “Hd” klimaatscenario’s

Droogte en economisch waarde voor pootgoedaardappels

Droogte leidt tot een verminderd volume en een lagere kwaliteit van het te oogsten product. Om dit te kwantificeren voor de pootaardappelteelt, is in Spaarwater (2019) een economisch model voor droogteschade, ontworpen. De resultaten van dit model zijn weergegeven in figuur 4.. Met ‘spaarwater’ wordt extra water bedoeld om het neerslagtekort te compenseren en zo een optimale oogst te garanderen. Het valt op dat de baten van spaarwater vrij minimaal is bij een zachte droogte, maar bij een milde droogte lijken de baten exponentieel toe te nemen, en bij hevige droogte nemen de baten evenredig toe. Met baten wordt enkel (economisch) oogst bedoeld dus kosten van het beschikbaar maken en toedienen van ‘spaarwater’ zijn niet meegenomen.



Figuur 4: Opbrengsten (kg en €) met en zonder spaarwater voor pootaardappels

Om de economische baten en het risico op droogte te integreren, hebben we gekeken naar de opbrengst voor elk droogtescenario binnen beide klimaatscenario's ("Ln" en "Hd"). Dit omvat ook de onzekerheid als gevolg van geografische locaties. De uitkomsten zijn gepresenteerd in tabel 3.

Om de jaarlijkse baten te berekenen, hebben we het gewogen gemiddelde genomen van alle neerslagtekorten en de bijbehorende baten (zie de laatste rijen van tabel 3)

Tabel 3: Gemiddelde opbrengsten van poot aardappels

Droogte event [tekort in mm]	Locatie	Laag nat (Ln)		Hoog droog (Hd)	
		Kans [%]	Baten spaarwater [Euro/jaar/ha]	Kans [%]	Baten spaarwater [Euro/jaar/ha]
Geen droogte (tekort: <0)	De Cocksdorp	1.98		0.21	
	Callantsoog	1.99		0.11	
	Leeuwarden	18.37		3.25	
	Eelde	28.41		4.14	
	Schiermnk.	19.00		4.65	
Zachte droogte (tekort: tussen 0 en 75)	De Cocksdorp	24.79		8.82	
	Callantsoog	23.91	Tussen 0 en 500	6.46	
	Leeuwarden	38.04		23.67	Tussen 0 en 500
	Eelde	38.85		27.77	
	Schiermnk.	35.78		24.92	
Milde droogte (tekort: 75 en 150)	De Cocksdorp	52.56		48.21	
	Callantsoog	51.81	Tussen 500 en 3250	45.28	
	Leeuwarden	32.54		46.14	Tussen 500 en 3250
	Eelde	25.59		46.74	
	Schiermnk.	32.04		43.20	
Hevige droogte (tekort: >150)	De Cocksdorp	20.66		42.75	
	Callantsoog	22.29	Tussen 3250 en 9750	48.15	
	Leeuwarden	11.04		26.93	Tussen 3250 en 9750
	Eelde	7.15		21.35	
	Schiermnk.	13.18		27.23	
Gewogen gemiddelde	De Cocksdorp		2000		3225
	Callantsoog		2075		3500
	Leeuwarden		1125		2250
	Eelde		800		1950
	Schiermnk.		1250		2225

2.2.3 Hoe nu verder?

De implementatie van ondergrondse opslag is nu begonnen, hierdoor kan bekeken worden of de systeemcomponenten zoals omschreven in Tabel 1 kloppen en desnoods bijgevuld worden. Uiteraard kan er op basis van de offertes ook schatting van de kosten gegeven worden.

Richting het einde van project worden de opbrengsten van verschillende gewassen van verschillende locaties verzameld op basis van interviews met agrariërs en experts. Er zal gekeken worden naar opbrengsten die behaald zijn onder de hierboven gedefinieerde droogte scenario's. Dit zal als input gebruikt worden voor de hierboven beschreven methode. De KNMI-scenario's zullen opnieuw bekeken worden om uit te rekenen wat de kans op de bepaalde droogte scenario's voor de verschillende gewassen is. Het resultaat zal vergelijkbaar zijn als hierboven, alleen dan niet voor louter poot aardappels maar als baat van een bouwplan.

2.3 Dataontwikkeling Anti-Verziltingsdrainage

Het is logisch om dit hoofdstuk, net als voorgaand hoofdstuk, op te delen in kosten en baten. Maar door de complexiteit van het kwantificeren van zoutschade, is daar een eigen hoofdstuk aan gewijd (2.5), daarom zal dit hoofdstuk (2.3) focussen op systeemontwerp.

Hier is geldt hetzelfde als onder grondse opslag is uitgelegd, we willen maatwerk leveren zo dat de kosten beter aansluiten op de individuele situaties van de boeren. Om deze reden zullen we dezelfde methode hanteren als bij grondse opslag. Uiteraard gelden hier andere systeemcomponenten. Deze zijn in onderstaand tabel 4 gepresenteerd.

Tabel 4: Systeem- en kostencomponenten voor antiverziltingsdrainage

Kostencategorie	Component	Optie & schatting
Immaterieel	Onderzoek en ontwerp	Basis
		Uitgebreid / gedetailleerd
Materieel	Drains + verzamelleiding	Op bestaand (drainage afstand: 8m)
		Op bestaand (drainage afstand: 10m)
		Sleuf verdiept (drainage afstand: 8m)
		Sleuf verdiept (drainage afstand: 10m)
		Ketting verdiept (drainage afstand: 8m)
		Ketting verdiept (drainage afstand: 10m)
	Stuurput	Opzetbuis
		Schuifjes (geavanceerder en nauwkeurig)
		Mobiel (meest luxe)
	Doorspoel mogelijkheid	Ja
		Nee

2.3.1 Hoe nu verder?

De anti-verziltingsdrainages worden op dit moment aangelegd wat de mogelijkheid geeft om de daadwerkelijke kosten te voor de opties te kunnen verzamelen. Dit zal als input dienen voor de hierboven beschreven methode.

Verder wordt de ervaring en verhalen uit het veld ook meegenomen. Het is ons opgevallen dat verzilting en dus anti-verziltingsdrainage nog niet erg leeft onder de boeren. Droogte is bijvoorbeeld tastbaarder en zichtbaarder voor een agrariër. Wellicht

dat anti-verziltingsdrainage een naamsverandering moet ondervinden om meer bereik te krijgen.

2.4 Waarde van inlaatwater

In dit onderdeel wordt er gekeken naar de maatschappelijk waarde van spaarwater maatregelen voor een waterschap. Hier is een sterk link te vinden met de bouwsteen regionaal waterbeheer. Deze wordt ook actief opgezocht. In 2023-2024 is er een start gemaakt met uitlijnen van hoe spaarwater maatregelen het inlaatwater beïnvloeden, en daarmee impact hebben op het management door waterschap.

De kerntaken van het waterschap zijn zorgdragen voor schoon en voldoende water, en bescherming bieden tegen te veel water. Volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) inde waterschappen in 2016 voor 1.4 miljard euro en 1.3 miljard euro aan heffingen voor respectievelijk watersysteemtaken en zuiveringstaken (CBS, 2017). Hier is dus een groot belang te vinden tussen waterschappen en waterregulatie met een directe en monetaire relatie. In dit hoofdstuk gaan we in op de rol van ondergrondse opslag op de maatschappelijke balans. Hierbij wordt eerst ingezoomd op het effect op waterkwaliteit en daarna op de waterkwantiteit.

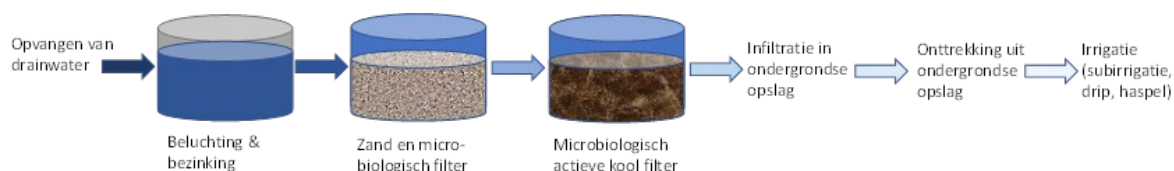
Waterkwaliteit

Grond- en oppervlaktewater zijn van groot belang voor drinkwatervoorzieningen, irrigatiemogelijkheden, en recreatie. Om dit belang te kunnen blijven dienen zijn er normen aan de waterkwaliteit en eventuele vervuiling verbonden. De belangrijkste nutriënten die impact hebben op de waterkwaliteit zijn stikstof en fosfor. Nitraat kan uitstromen naar het grondwater waardoor het een risico vormt voor drinkwater en is voornamelijk afkomstig van bemesting in de landbouw (RIVM, 2023). Nutriënten in oppervlaktewater kan leiden tot eutrofiering, wat kan leiden tot biodiversiteitsverlies, verbod op recreatie (bijvoorbeeld watersport) en gezondheidsrisico's (bijvoorbeeld blauwalg). Volgens Schnidler et al (2008) is met name een reductie van fosfor nodig om eutrofiering te voorkomen. Fosfor, net als nitraat, is ook hoofdzakelijk afkomstig van landbouwactiviteiten. Daarnaast kunnen ook gewasbeschermingsmiddelen en ziektekiemen in het water komen als gevolg van landbouwactiviteiten. Kortom, landbouw vormt in potentie een risico voor de waterkwaliteit en daarmee een kostenpost voor het waterschap. Echter, kan in de landbouw ook de oplossing gezocht worden door middel van lokaal filteren van water en ondergrondse wateropslag.

Figuur 5 geeft aan hoe het filteren en opslaan eruit ziet. Overtollig regenwater wordt opgevangen in het veld door drains, dit wordt geleid naar een serie filters. Ten eerste is er lucht en bezinking. Beluchting is het verhogen van bio-activiteit t.b.v. afbraak en oxideerbare verbindingen als ijzer vast te leggen. Bezinking is het verwijderen van zwevende delen om verstopping van het filter te voorkomen. Ten tweede, is er een zand en microbiologisch filter om grove deeltjes (zoals zaadjes) te filteren. Ten derde passeert het water een actief kool filter, hier wordt het water gezuiverd van onder andere pesticiden, metalen, organisch opgeloste stoffen en chloor. Als laatste verblijft het water onder de grond tot het weer gebruikt wordt.

Eenmaal onder de grond, worden nutriënten vastgelegd of afgebroken. Dit is getest tijdens Spaarwater. Afhankelijk van de aanwezigheid van pyriet, kan 65% van het zuurstof

en nitraat worden afgebroken door de oxidatie van organisch materiaal. Fosfaat wordt vastgelegd door ijzer(hydro)oxiden, die ontstaan bij pyriet oxidatie. Verder, kunnen ziektekiemen van bruinrot, stengelnatrot en zwartbenigheid (veilig) vastgelegd of afgebroken worden in de ondergrond mits er een juiste verblijftijd gehanteerd wordt (Spaarwater, 2015).

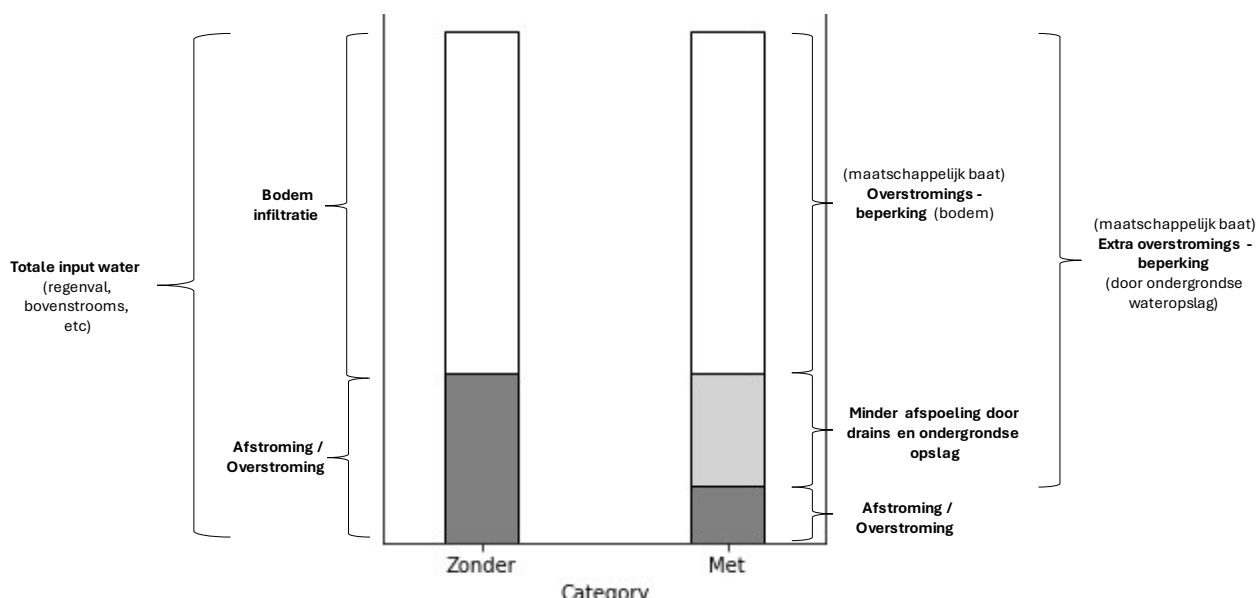


Figuur 5: Schematisch overzicht zand-koolfilter

Door water lokaal te filteren, is de boer het water aan het zuiveren, een taak van het waterschap, en bewijst daarmee een maatschappelijke baat.

Waterregulatie

Naast waterkwaliteit, is het waterschap ook verantwoordelijk voor voldoende water en voor bescherming tegen te veel water, of terwijl droogte en overstromingen. Tijdens piekregenbuien die overstromingen kunnen veroorzaken, neemt de bodem water op wat leidt tot minder afstroming en een lage piekafstroming. Dit is een maatschappelijke baat, of ecosysteemdienst, genaamd 'Overstromingsbeperking' (Dominati et al 2014). Door ondergrondse wateropslag en de bijbehorende drainage, kan er meer water opgenomen worden en hoeft het waterschap minder water af te voeren, én is er extra overstroming beperking (zie Figuur 6)



Figuur 6: Schematische weergave maatschappelijke baat overstromingsbeperking

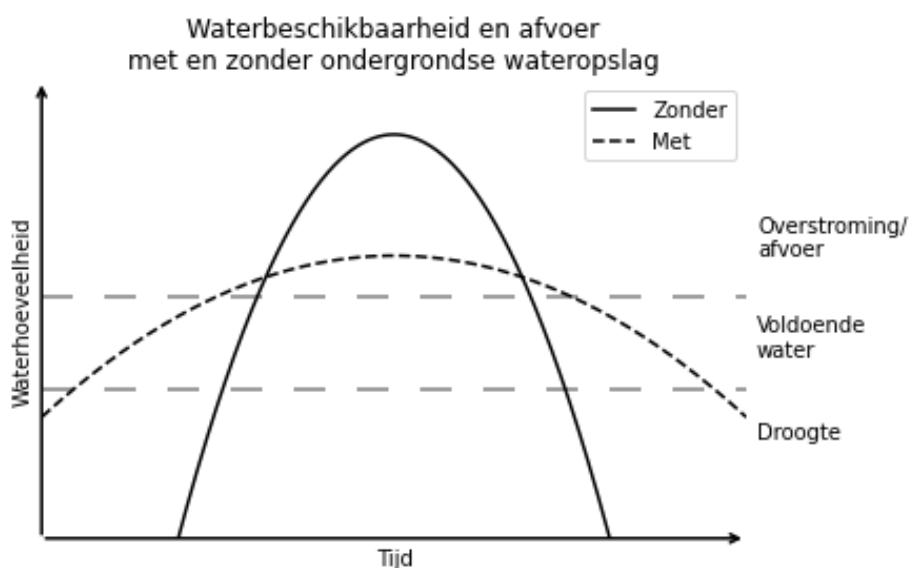
Wanneer dit op (gebied)schaal gebeurt kan dit in potentie verschillende voordelen hebben voor het waterschap, waaronder:

- Lagere en minder dijken;
- Minder (weg)pompkosten voor gemalen (waterdistributie);

- Minder kosten voor het openen en sluiten van sluizen (waterdistributie).

Het water wordt dus opgeslagen in de ondergrond en is vervolgens beschikbaar in droge periodes. De boeren zouden eventueel water kunnen oppompen om een stabiele afvoer te geven aan de sloten, beekjes, en rivieren. Dit heeft dan een positief effect op de waterbeschikbaarheid van de omliggende gebieden (bijvoorbeeld voor natuur, watersport, of drinkwater). Het waterschap hoeft dan minder te pompen en minder sluizen open te zetten. Eventueel zouden dus kosten gerelateerd aan waterdistributie tijdens droogte gereduceerd kunnen worden.

Het effect van ondergrondse wateropslag op gebiedsniveau kan geconceptualiseerd worden als 'afvlakking van het hydrogram' (zie Figuur 7).



Figuur 7: Schematisch weergave maatschappelijke baat afvlakking hydrogram

Wanneer het water ondergronds is opgeslagen, kunnen er ook wat uitstromen zijn naar dieper of verder gelegen grondwater. Er zal onderzocht moeten worden hoeveel dit is en wat het effect ervan kan zijn. Wellicht wordt het gebruikt voor drinkwater.

2.4.1 Hoe nu verder?

Hierboven zijn mogelijke maatschappelijke baten van conceptueel uitgewerkt. Het doel voor aankomende tijd is om data te verzamelen bij deze concepten. Het model dat is ontwikkeld onder bouwsteen regionaal waterbeheer is een belangrijk aspect hierin. Er gekeken worden of het mogelijk is om een scenario analyse te doen voor verschillende niveaus inlaatwater en afstroom van de akkers. Dit zal inzicht geven in wat het effect van de maatregelen is op polder niveau, met uiteindelijke doel inzicht te geven in management opties voor het waterschap.

Twee aspecten zijn essentieel in de scenario analyse: het minimale en maximale peil; en de waterkwaliteit met name het zout gehalte. Het waterschap is verplicht om een bepaalde doorstroom van de inlaten te hebben resulterend in een minimum peil. Maar het is ook noodzakelijk dat het maximum peil niet overschreden wordt i.v.m. veiligheid.

Dit betekent dat er niet te veel water vastgehouden mag worden door agrariërs, anders zakt het peil onder het minimum en/of wordt het te zout.

2.5 Zoutschade in de wortelzone en perceelhydrologie

In dit onderdeel is het uiteindelijke doel om inzicht te genereren over de monetaire baten van anti-verziltingsdrainage, door het effect van zout op gewasopbrengst te kunnen berekenen. In 2022 is er begonnen met het modelleren hiervan. Een tweestap model werd gebruikt waarbij het zout-zoet grensvalk eerst was berekend met SVOoffice. Dit werd vervolgens gebruikt in SWAP.

Hierbij hebben we het volgende geconcludeerd:

- Zoutschade is op basis van de eerste berekeningen beperkt tot maximaal 2%, en dan op 1 bodemtype (zand), voor het gewas aardappel en in een extreem droog jaar
- Uitgaande van een droog scenario neemt zoutschade licht toe volgens de berekeningen (tot 8% voor aardappel), en is ook voor suikerbiet zoutschade gesimuleerd (maximaal 2%).
- De gevoeligheid voor initiële grondwaterstand, startdatum van de modellering, doorlatendheid van de bodem, en draindiepte is getest voor alle gewassen en bodemtypen, en alleen extreem droog jaar 2018. Hiervan had alleen de draindiepte een merkbaar effect: zoutschade voor het gevoeligste gewas (aardappel) op de gevoeligste bodem (zand) neemt in een extreem jaar toe van 2 naar 6%.
- Andere belangrijke parameters kunnen de wortelverdeling, zoutschadedrempels, en mogelijk andere gewaseigenschappen, zijn. Deze zijn echter niet getest. De wortelverdeling van aardappel is wel getoetst bij experts, er is geen aanleiding om die diepte en/of verdeling aan te passen.

Op basis hiervan zijn verschillende aanbeveling gedaan die meegenomen zijn in twee nieuwe modelleringspogingen in periode 2023-2024. Ook werd in 2023-2024 een uitgebreide literatuurstudie gedaan.

2.5.1 Modelleren met SWAP en WOFOST

Op basis van literatuur lijkt het dat SWAP-WOFOST geschikt om zoutschade te berekenen. Uit alle studies komen goede overeenkomsten tussen de gemeten waarden van de 'soil salinity' in het veld en de gemodelleerde waarden, evenals de 'crop yield' gemeten en de 'crop yield' gemodelleerd. Ook noemen twee studies dat SWAP WOFOST betere resultaten produceert dan AquaCrop, met als waarschijnlijke reden dat Aquacrop bepaalde processen niet meeneemt. Goed om te noemen dat alle studies op een na zijn uitgevoerd in het buitenland, voornamelijk in Azië.

Ook goed om te opmerken is dat de grenswaarden van zouttolerantie van verschillende gewassen die in de tabel van Maas (1990) staan, niet de absolute waarheid zijn. Deze grenswaarden zijn door experimenten tot stand gekomen en hangen af van veel verschillende variabelen; weer, bodem type, water stress, ziekte, etc. Deze waarden zullen dus vaak, voor hetzelfde gewas, in diverse experimenten van elkaar verschillen. Echter zijn deze waarden wel nuttig om te beoordelen hoe gewassen ten opzichte van elkaar reageren op zout.

Het lijkt er sterk op dat de flopy modellen, die het zoet zout grensvlak modelleren, en modellen in SWAP, waarmee zout schade doorgerekend kan worden, met elkaar gecombineerd kunnen worden. Grofweg zou dat neerkomen op het volgende: De uitkomsten van flopy kunnen als input worden gebruikt in SWAP. SWAP is een 1D model, flopy laten we nu vaak in 2D rekenen. Daarom zouden er op verschillende locaties in het flopy domein, een verticale grondwaterstandsreeks en een verticale chloride concentratie reeks kunnen worden uitgelezen en vervolgens kunnen worden ingelezen in SWAP. Bijvoorbeeld reeksen direct onder de drain en reeksen precies tussen twee drain in. Dan zouden er dus twee model runs moeten worden uitgevoerd in SWAP.

De scenario's

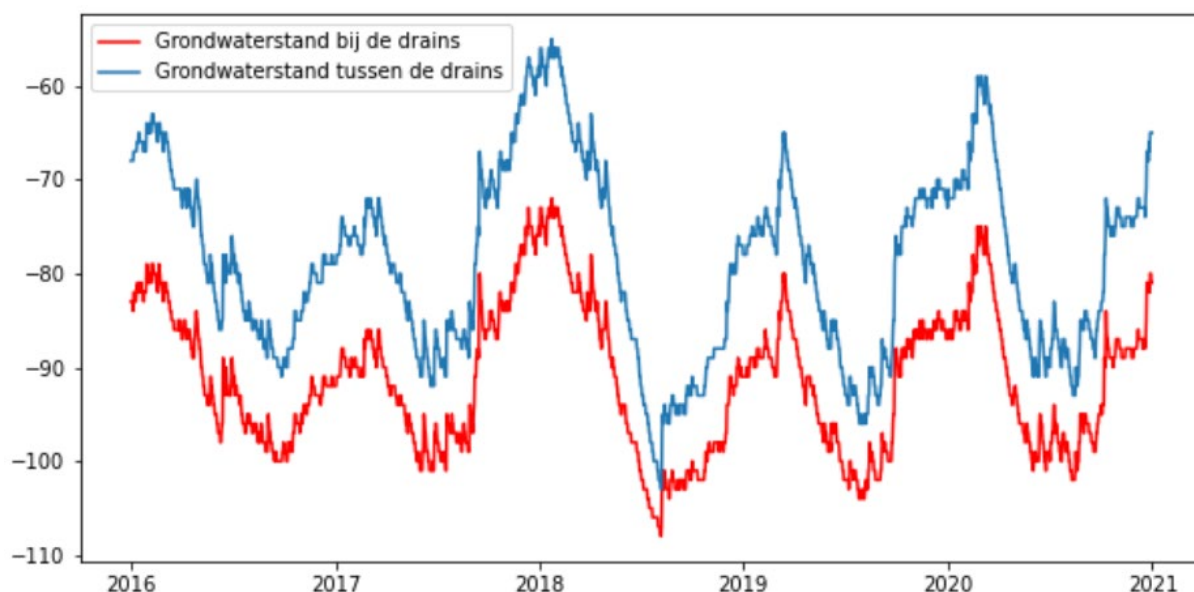
Voor dit onderzoek is als basis het voorbeeldmodel '5.salinitystress' gebruikt dat met de software download van SWAP wordt meegeleverd. Dit voorbeeld model is aangepast, waar nodig, naar de juiste parameters en inputgegevens. Het model is aangepast naar de situatie bij agrariër De Boer te Houwerzijl, Groningen. Het zoet zout grensvlak zit op deze locatie dicht bij de oppervlakte (circa 90 cm onder maaiveld). Op basis van observaties weten we dat de gewassen zomers stress ervaren. Daarom is dit een goede case om te kijken of het model ook zoutstress kan modeleren voor deze situatie.

Er zijn twee verschillende model scenario's gerund: Het eerste scenario representeert de situatie van het bodemprofiel bij de drains en het tweede scenario representeert de situatie tussen twee drains. Omdat drains zout water aantrekken en er tussen twee drains een zoet waterlens zou kunnen vormen wordt er een hogere chloride concentratie verwacht bij de drains in vergelijking met tussen de drains. Beide scenario's zijn gerund voor de periode 2016 tot en met 2020. Deze periode is gekozen omdat 2018 een droog jaar is geweest en er dus veel zoutstress verwacht kan worden.

De grondwaterstanden

Figuur 8 toont de grondwaterstanden (zoals gemodelleerd door flopy en welke als input zijn gebruikt voor SWAP) op de locatie bij de drains en tussen de drains voor de periode 2016 tot 2020. Te zien is dat de grondwaterstanden bij de drains consequent wat lager zijn in vergelijking met die van tussen de drains. Dit wordt veroorzaakt door opbolling tussen de drains. De grondwaterstanden fluctueren tussen de 55 cm en 105 cm beneden maaiveld. Verder valt op dat in de droge zomer van 2018 de grondwaterstanden inderdaad ver uitzakken.

In de paragraaf hierboven is genoemd dat de chloride concentraties van 1 meter diepte gebruikt zijn voor het modelscenario tussen de drains. Zoals te zien is in onderstaande grafiek klopt de aanname dat de grondwaterstand tussen de drains niet veel verder uitzakt dan 1 meter.



Figuur 8 Grondwaterstanden bij en tussen de drains

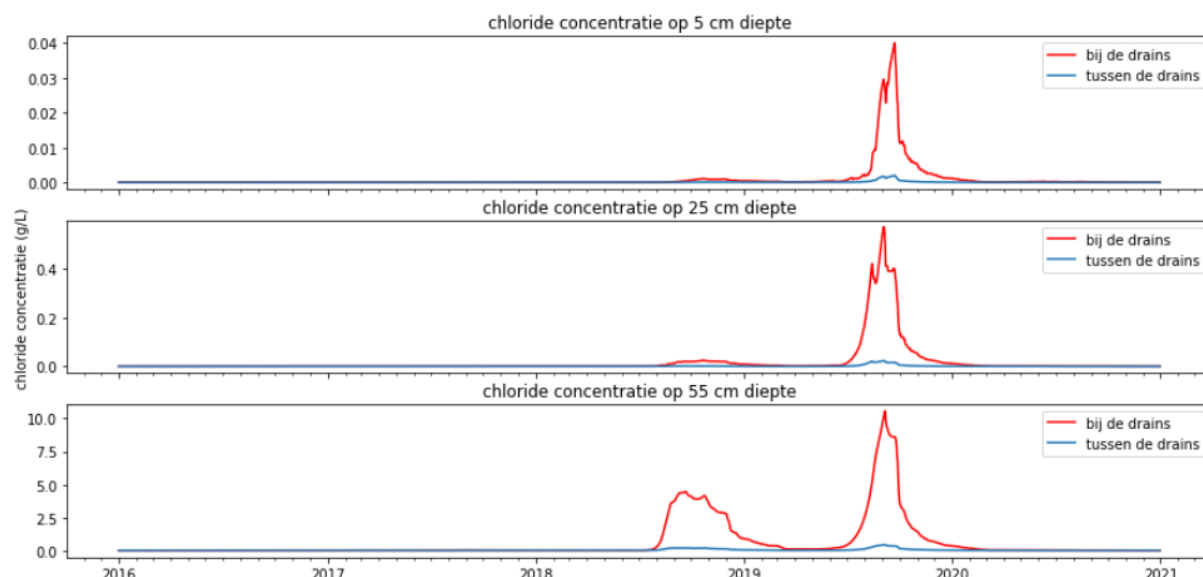
Chloride concentraties en zoutstress

Figuur 9 toont de chloride concentraties van het bodemvocht in g/L op verschillende dieptes in de onverzadigde zone voor de scenario's tussen en bij de drains. Voor het modelscenario tussen de drains blijven de concentraties laag gedurende de gehele gesimuleerde periode. Voor het modelscenario bij de drains worden er wel verhoogde concentraties waargenomen. De concentraties op 5 cm en 25 cm diepte blijven grofweg constant tot half 2018. Eind zomer 2018 vindt een kleine verhoging plaats en een grote piek in chloride concentratie is te zien eind zomer 2019. Op 55 cm diepte worden al verhoogde concentraties waargenomen eind zomer 2018 en daarna ook eind zomer 2019 (let ook op de assen op y schaal, deze zijn verschillend voor alle drie de grafieken).

Wat opvalt is dat de grote pieken in chloride concentratie pas eind zomer 2019 te zien zijn en niet al in de zomer van 2018, toen het een erg droog jaar was. Het zou kunnen zijn dat er een vertraging in reactie plaats vindt en dat de droogte in 2018 de oorzaak is voor verhoogde chloride concentraties in de zomer 2019.

De hypothese dat de chloride concentraties bij de drains hoger zijn dan tussen de drains lijkt te kloppen aan de hand van deze figuren. Doordat het scenario tussen de drains de randvoorwaarden voor chloride op 1 meter diepte zijn gebruikt, terwijl de grondwaterstand vaak hoger is, zijn relatief hogere chloride gehalten (hoe dieper, hoe zouter) op ondiepere dieptes (ondiepere grondwaterstanden dan 1 meter) toegekend. Dit betekent dus dat door de aanname die is gedaan bij het bepalen van de chloride randvoorwaarden er verwacht kan worden dat de chloride concentraties tussen de drains, zoals te zien in figuur 9 waarschijnlijk in realiteit lager zullen uitvallen.

Voor het toekennen van de randvoorwaarden voor chloride voor het scenario bij de drains zijn de chloride concentraties ter hoogte van de drains genomen (-1.1 meter). Er wordt dus vanuit gegaan dat de grondwaterstand niet boven de drains zou uitkomen, echter in figuur 8 is te zien we dat dit wel het geval is. Dit spreekt dus tegen het idee dat de randvoorwaarden de chloride concentraties van het bovenste grondwater zouden moeten zijn. Het is niet duidelijk hoe hier mee om te gaan.



Figuur 9. Chloride concentratie op verschillende dieptes in de onverzadigde zone, bij de drains en tussen de drains.

Ondanks het feit dat de chloride concentraties rond eind zomer 2019 verhoogd zijn geeft het model aan dat de planten geen zoutstress ondervinden.

Tijdens de projectduur hebben meerdere overlegmoment en kennisbijeenkomsten geweest met experts uit het Salta kenniscluster. Daarnaast wordt er door o.a. Witteveen+Bos, Acacia Water en Saltdoctors samengewerkt in het project Afwegingskader Zoet-Zout dynamiek, dit op opdracht van STOWA. Tijdens deze overleggen is door de experts gezamenlijk geconcludeerd dat op dit moment de kennis over de interactie tussen zout grondwater, bodemvocht en plantgroei onvoldoende bekend is. De kennisrapportage wordt later dit jaar (2024) gepubliceerd en gerefereerd. Om de reden van doelmatig gebruik van middelen en samenwerking op het gebied van kennisontwikkeling, kiezen wij in deze bouwsteen voor het niet verder moneteriseren van de vermeden zoutschade door antiverziltingsdrainage. Acacia Water blijft zich focussen op het monitoren van de antiverziltingsdrainage en het valideren van modelreeksen. Dit onderwerp zal in samenwerking met de bovengenoemde experts binnen het Salta kenniscluster worden uitgewerkt en wanneer beschikbaar worden gemonetariseerd.

2.5.2 Hoe nu verder?

In de resterende tijd van het project wordt bestaande kennis en expertise gebruikt om systeembegrip en een kwalitatief begrip te krijgen van zoutschade en het vermijden ervan middels drainagemaatregelen. De kennis en expertise die momenteel wordt

verzameld in het STOWA onderzoek zal hier o.a. voor worden benut. Deze rapportage komt in de tweede helft van 2024 beschikbaar.

2.6 Ontwikkeling van beheerorganisatie van watervoorraden

Het uitwerken van samenwerkingsvormen voor het investeren, beheren en onderhouden van, met name, ondergrondse opslagsystemen en het gehele watersysteem staat centraal in dit onderdeel.

Het komend half jaar worden de ervaringen van de verschillende bouwstenen (regionaal waterbeheer, antiverziltingsdrainage, ondergrondse opslag en economische haalbaarheid) bij elkaar gebracht. Ook zal hierin de ervaring van Zoete Toekomst Texel en het daar doorlopen proces worden ingebracht. Middels het ophalen van ervaringen verwachten wij een beeld te krijgen van kansrijke samenwerkingsvoorraden en lokale beheersstructuren.

3 - Slot

Hierboven is de voortgang van bouwsteen 5: Financiële en economische dataontwikkeling beschreven.

- Voor de berekening van droogteschade is een model gebruikt dat eerder werd toegepast in het project Zoete Toekomst Texel (ZTT) (eindrapportage ZTT 2024). Dit model biedt een bandbreedte van mogelijke droogtescenario's, gebaseerd op KNMI-klimaatscenario's en specifieke locaties. De waardering van de droogteschade is uitgevoerd voor pootgoedaardappelen, met behulp van een economisch model uit Spaarwater. Ons doel tegen het einde van het project is om de resultaten uit te breiden met verschillende gewassen. Hierdoor willen we inzicht verkrijgen in de baten van vermeden droogteschade voor een compleet bouwplan.
- Binnen ZTT is ook een methode ontwikkeld om de kosten van verschillende ondergrondse opslagsystemen te berekenen. Dit rekenmodel kan verschillende onzekerheden meenemen. Het model werkt als volgt: een systeem bestaat uit verschillende componenten, en elke component kan worden ingevuld met verschillende opties of schattingen. Bijvoorbeeld, drainage is een component van het ondergrondse opslagsysteem, dat kan worden aangelegd met een sleuf of een ketting en met verschillende drainageafstanden. Ook kan een koolstoffilter vijf jaar meegaan, maar mogelijk ook tien jaar, wat andere kosten met zich meebrengt. Voor elke optie worden een prijs en levensduur gekoppeld. Het rekenmodel berekent vervolgens de totale kosten voor alle mogelijkheden. De uitkomst geeft een goed beeld van de bandbreedte van de kosten.
- Voor het berekenen van de kosten van anti-verziltingsdrainage wordt dezelfde rekenmethode gebruikt. In de afgelopen periode zijn de verschillende systeemcomponenten geïdentificeerd, waardoor het nu mogelijk is om de kosten te verzamelen.
- Voor de waarde van inlaatwater zijn verschillende concepten uiteengezet die de baten van spaarwatermaatregelen voor het waterschap illustreren. Echter, deze bevinden zich nog in de conceptfase. Tegen het einde van het project zal ernaar gestreefd worden om meer inzicht te krijgen in de baten van spaarwatermaatregelen door middel van een scenario-analyse met het KELP-model. Dit model is ontwikkeld binnen de bouwsteen Regionaal Waterbeheer.
- Om zoutschade te berekenen zijn in de afgelopen periode verschillende modelstudies uitgevoerd. Op basis van voortschrijdend inzicht en expertmeetings is het besluit genomen om het moneteriseren van zoutschade te stoppen en ons op systeembegrip en kwalitatieve data te richten.
- Ervaringen en verhalen uit de praktijk zullen worden opgehaald om samenwerkingsvormen te identificeren en te duiden.

Binnen deze bouwsteen zijn de afgelopen tijd stappen gezet in het berekenen van de financiële waarde van vermeden droogteschade en de kosten van verschillende ondergrondse opslag- en anti-verziltingsdrainagesystemen. Ook is geconcludeerd dat voor het benaderen van zoutschade en zoetwatercoöperaties een nieuwe richting moet worden ingeslagen.

4 Bibliography

- Acacia Water. (2024). *Eindrapport Zoete Toekomst Texel*.
- CBS. (2017). Waterschappen inden 2,7 miljard aan heffingen in 2016. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/38/waterschappen-inden-2-7-miljard-aan-heffingen-in-2016>
- Dominati, E., Mackay, A., Green, S., & Patterson, M. (2014). A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: A case study of pastoral agriculture in New Zealand. *Ecological Economics*, 119-129. Opgehaald van <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.008>
- KNMI. (2023). KNMI 2023 -klimaatscenario's. Opgehaald van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatscenario-s>
- RIVM. (2023). Nitraat in het uitspoelend water onder landbouwbedrijven, 1992-2021. Opgehaald van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0271-nitraat-in-het-uitspoelend-water-onder-landbouwbedrijven>
- Schindler, D., Hecky, R., Findlay, D., & Kasian, S. (2008). Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Biological Sciences*, 11254-11258.
- Spaarwater. (2015). Eigen watervoorziening: Vastlegging en afbraak van nutriënten en bacteriën. *Deelrapport 2013-2015*. Opgehaald van https://www.spaarwater.com/content/27227/download/clnt/67005_Eigen_watervoorziening_%E2%80%93_Vastlegging_en_afbraak_van_nutriënten_en_bacteriën.pdf
- Spaarwater. (2019). Rendabel en duurzaam agrarisch watergebruik en waterbeheer in de verziltende Waddenregio. Opgehaald van https://www.spaarwater.com/content/27227/download/clnt/87095_Spaarwater_Hoofdrapportage_januari_2019.pdf

Annex

Hoofdkantoor

Van Hogendorpplein 4
2805 BM Gouda

**Regiokantoor
Noord-Nederland**

Watercampus
Agora 4
8934 CJ Leeuwarden

**Regiokantoor
Oost-Afrika**

Woreda 03, Bole Sub city
House No. 4/020
Addis Abeba

www.acaciawater.com

