

Bijlage E
Bouwsteen 5
Economische en
Financiële Haalbaarheid

1 Introductie

In de akkerbouw speelt slim waterbeheer een steeds belangrijker rol: de beschikbaarheid van zoetwater wordt niet langer als vanzelfsprekend ervaren. Waar vroeger neerslag en voldoende goed oppervlaktewater zelden een punt van aandacht was, merken veel ondernemers nu dat er periodiek te veel of te weinig water beschikbaar is of er zelfs sprake is van een structureel tekort aan water. Daardoor wordt het steeds lastiger om gewassen op het juiste moment van voldoende water te voorzien. In plaats van water zo snel mogelijk af te voeren, verschuift de aandacht steeds meer naar het vasthouden, opslaan en slim hergebruiken van neerslag. Voor agrariërs betekent dit dat er concrete keuzes gemaakt moeten worden op het bedrijf om onafhankelijk(er) te worden van externe zoetwateraanvoer in de vorm van neerslag, grondwater en/of oppervlaktewater.

In deze bouwsteen wordt de economische kant van waterbeschikbaarheid belicht. Daarbij houden we rekening met het regionaal economisch belang van de sector, de potentiële opbrengst per gewas als droogte en verzilting worden voorkomen, de investeringskosten van verschillende opties en wat verschillende keuzes betekenen in termen van kosten en opbrengsten. Het doel van deze bouwsteen is om de economische en financiële randvoorwaarden voor zoetwatermaatregelen helder te krijgen. Door deze randvoorwaarden inzichtelijk te maken, wordt het mogelijk om investeringen in zoetwatermaatregelen goed te kunnen onderbouwen.

Onderzoeksvragen

- Hoe ontwikkelt de regionale economie zich en welke kansen en risico's ontstaan daarbij onder invloed van verzilting en andere klimaat-, hydrologie- en bodem gerelateerde veranderingen?
- Wat zijn de kosten en baten van de verschillende zoetwatermaatregelen voor de agrariër en in hoeverre draagt dit bij aan de investeringsbeslissing?
- Kunnen de baten van zoutschade in de wortelzone apart worden bepaald?
- Zijn er risico's binnen de pilots die een dusdanig effect hebben op de financiële haalbaarheid dat hierdoor de doorontwikkeling kan stagneren?
- Zijn er alternatieve oplossingen, en/of maatregelen, die deze risico's kunnen afdekken?
- Is het mogelijk om de waarde te bepalen van de alternatieve aanwendbaarheid en het inlaten van zoetwater in de polder?
- Hoe kan een blauwdruk voor een zoetwatercoöperatie vorm krijgen in termen van operationeel en strategisch beheer, bestuursmodel en relatie met het waterschap, en wat zijn daarbij de kosten en baten voor zowel de coöperatieleden als het waterschap?

2 Voortgang 2^e helft 2025

De focus in de tweede helft van 2025, heeft gelegen op het bij elkaar brengen van de verschillende componenten uit het economisch en financieel onderzoek en de mogelijkheid om hiervoor de nieuwste data uit de pilots te gebruiken. Met behulp van de laatste data, analyses en discussies heeft het projectteam conclusies getrokken over de kosten, baten en de mogelijkheid om dit te kunnen bepalen.

2.1 Kosten ondergrondse waterberging

De kosten voor ondergrondse waterberging zijn in kaart gebracht gebruikmakende van werkelijke kosten zoals gemaakt binnen de pilotlocatie in Termunten. Voor de kostenberekeningen zijn de volgende uitgangspunten genomen: I) 25 ha voor opvang middels het drainagesysteem; II) opslag en onttrekking middels verticale boringen; III) zuivering met behulp van zand- en actiefkoolfiltratie met een capaciteit van ca 15 m³/u. Nadrukkelijk wordt opgemerkt dat de pilotlocatie nog in ontwikkeling is. Bij het lezen van dit hoofdstuk is het dan ook belangrijk dat de resultaten als zodanig worden beschouwd: locatie specifiek en volop in ontwikkeling. Opschaling en doorontwikkeling zullen significante invloed hebben op de in dit hoofdstuk gepresenteerde getallen. Dit hoofdstuk geeft een presentatie van de kosten op basis van de data beschikbaar eind 2025. De conclusies die worden getrokken, bieden een basis voor de doorontwikkeling en (financiële) optimalisatie van het systeem. De kosten zijn onderverdeeld in drie categorieën:

- immateriële investeringen;
- materiele investeringen;
- gebruikskosten.

Tabel 1 Kostencategorieën ondergrondse opslag Termunten

Categorie #	Kostenpost Post	#	Optie	Opties en schattingen voor 25 hectare system, verticaal boren, haspelen				
				Kosten	Levensduur [jaar]*	Kosten per jaar per 25ha	Kosten per jaar per ha	
Immaterieel	A	Pre-Scan	1	Optie 1	€ 1.210,00	25	€ 48,40	€ 2,55
	B	Vooronderzoek	2	Optie 1	€ 10.560,00	25	€ 422,40	€ 22,23
	C	Voorontwerp	3	Optie 1	€ 14.080,00	25	€ 563,20	€ 29,64
	D	Definitiefontwerp	4	Optie 1	€ 6.930,00	25	€ 277,20	€ 14,59
	E	Watervergunningen	5	Optie 1	€ 10.450,00	25	€ 418,00	€ 22,00
	F	Omgevingsvergunningen	6	Optie 1	€ 3.850,00	25	€ 154,00	€ 8,11
Materieel	G	Drainage	7	Nieuw met sleuf (8m)	€ 97.719,60	25	€ 3.908,78	€ 205,73
			8	Nieuw met sleuf (10m)	€ 77.936,10	25	€ 3.117,44	€ 164,08
			9	Nieuw met ketting (8m)	€ 106.431,60	25	€ 4.257,26	€ 224,07
			10	Nieuw met ketting (10m)	€ 84.651,60	25	€ 3.386,06	€ 178,21
			11	Bestaand (8m)	€ 38.913,60	25	€ 1.556,54	€ 81,92
			12	Bestaand (10m)	€ 33.831,60	25	€ 1.353,26	€ 71,22
	H	Transportleiding	13	500m lengte	€ 12.500,00	20	€ 625,00	€ 32,89
			14	1000m lengte	€ 25.000,00	20	€ 1.250,00	€ 65,79
			15	1500m lengte	€ 37.500,00	20	€ 1.875,00	€ 98,68
	I	Zuiveringssysteem	16	Capaciteit ca 15 m ³ /uur	€ 148.000,00	20	€ 7.400,00	€ 389,47
	J	Meet-regel-container	17	Regelunit + leidingwerk	€ 62.000,00	15	€ 4.133,33	€ 217,54
	K	Boring	18	Verticaal (5x)	€ 90.000,00	25	€ 3.600,00	€ 189,47
	L	Waterbassin	21	15000 m ³	€ 90.000,00	25	€ 3.600,00	€ 189,47
			22	10000 m ³	€ 70.000,00	25	€ 2.800,00	€ 147,37
			23	5000 m ³	€ 40.000,00	25	€ 1.600,00	€ 84,21
			26	Kort	€ 2.275,00	5	€ 455,00	€ 23,95
27			Tussenin	€ 1.400,00	10	€ 140,00	€ 7,37	
Gebruik	N	Papier	28	Lang	€ 1.050,00	15	€ 70,00	€ 3,68
			29	Kort	€ 10.000,00	4	€ 2.500,00	€ 131,58
			30	Tussenin	€ 10.000,00	7	€ 1.428,57	€ 75,19
	O	Zandfilter	31	Lang	€ 10.000,00	10	€ 1.000,00	€ 52,63
			32	Optie 1	€ 2.500,00	1	€ 2.500,00	€ 131,58
			33	Optie 2	€ 3.000,00	1	€ 3.000,00	€ 157,89
P	Energie	37	Per halfjaar	€ 1.250,00	€ 0,50	€ 2.500,00	€ 131,58	
		38	Per kwartaal	€ 1.250,00	0,33	€ 3.787,88	€ 199,36	

*Voor oneindig is een betaaltermijn van 30 jaar aangehouden

Iedere categorie omvat verschillende kostenposten (zie Tabel 2). Ondergrondse opslag karakteriseert zich door een hoge mate van locatie specifieke eigenschappen. Dit vertaalt zich door in de kostenposten en voor de meeste kostenposten zijn meerdere opties mogelijk. De categorieën, kostenposten en verschillende opties zijn bepaald op basis van gemaakte kosten voor de pilotlocatie en een expert-inschatting. Uiteindelijk zijn hiermee 1944 kostencombinaties ontwikkeld zodat het mogelijk is om technische opties en onzekerheden te bepalen. Bijvoorbeeld de levensduur van de zuivering met actief kool is nog niet volledig zeker. Uiteindelijk resulteert dit in een bandbreedte aan totale kosten.

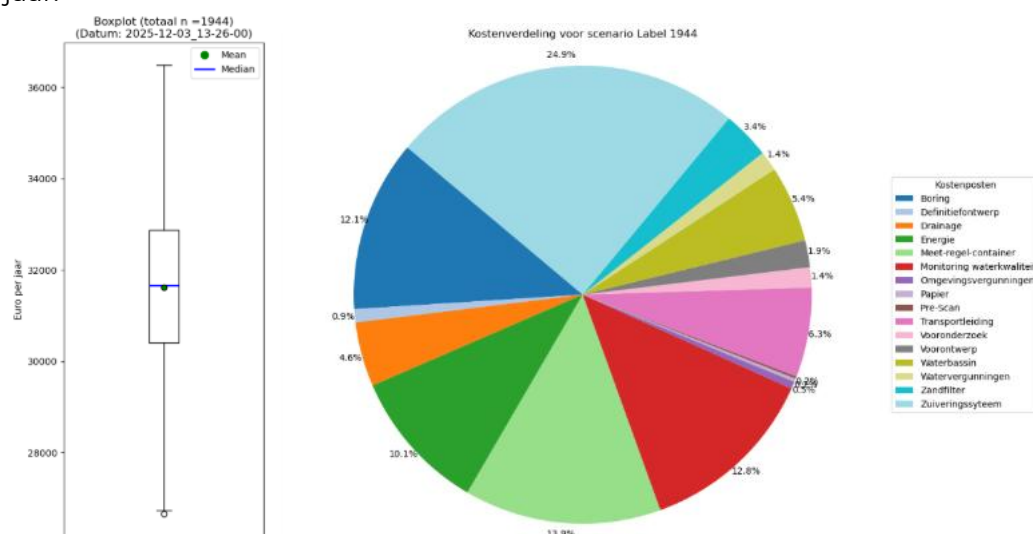
De totale kosten worden gepresenteerd in €/jaar voor een systeem van 25ha en in €/ha/jaar.

Tabel 2 kostenposten

	€/25ha/jaar	€/ha/jaar
Minimale kosten	26.665	1.066
Gemiddelde kosten	31.620	1.265
Maximale kosten	36.490	1.460

De kostenposten in de tabel laten zien dat er een bandbreedte ontstaat door het samenvoegen van verschillende technische opties en onzekerheden. In deze paragraaf wordt de spreiding van de kosten gepresenteerd en gekwantificeerd.

Figuur 1 Kostencombinaties laat de spreiding zien van de in totaal 1944 mogelijke kostencombinaties. Voor een systeem op 25 hectare variëren de totale kosten tussen €26.665 en € 36.490 per jaar, waarbij voor 50% van de combinaties de kosten/jaar tussen de €30.500 en €33.000 liggen. Gemiddeld liggen de kosten rond de €31.620 per 25 hectare per jaar. De minimale, gemiddelde en maximaal te verwachten kosten bedragen omgerekend, respectievelijk € 1.066, € 1.265 en €1.460 per hectare per jaar.



Figuur 1 Kostencombinaties

In Figuur 1 is te zien dat het relatieve aandeel van de kosten van het zuiveringssysteem met 25% groot is. Zoals ook in hoofdstuk 3 bij ondergrondse waterberging te lezen is, wordt in Nederland veel aandacht besteed aan de waterkwaliteit van ondergronds op te slaan water. Hoewel de verschillen tussen de waterbeheerders groot zijn, ziet Acacia Water dat het van groot belang is om bij het ontwikkelen van de pilotlocaties uitgebreide zuiveringsinstallaties te installeren. Dit om het risico voor de pilot, de ondernemer en eventuele ongewenste stoffen in de ondergrond weg te nemen. Ook in het geval van Termunten is een dergelijk uitgebreid zuiveringssysteem geïnstalleerd. Dit is terug te zien in de kosten. Waar in 2019 bij het einde van Spaarwater II nog werd gesuggereerd dat het

mogelijk was om eventueel zonder zuivering verder te ontwikkelen, concluderen we nu, eind 2025, dat dit geen optie is en wordt bijna 25% van de investeringskosten bepaald door de zuivering, daarnaast worden ook de jaarlijkse kosten in grote mate bepaald door de zuivering (onderhoud, filterzand, actief kool etc.). Hoewel het systeem in ontwikkeling is, is er geen reden om aan te nemen dat de waterkwaliteitseisen in de nabije toekomst zullen versoepelen en het is dan ook belangrijk om rekening te houden met significante kosten voor een zuiveringsinstallatie in het geval van ondergrondse waterberging.

6.3.2 Kans op droogte en potentiële schade

Vermeden droogteschade is de belangrijkste opbrengst van de innovaties waarbij wordt gewerkt aan het vasthouden en opslaan van water met als doel om in droge perioden gebruikt te worden. Bij het berekenen van vermeden droogteschade is het van belang om rekening te houden met meerdere variabelen zoals: geografische locatie, gewas, gewasrotatie en klimaat scenario. In dit hoofdstuk wordt uitgewerkt hoe is gekomen tot de opbrengstdata die wordt gebruikt ter ondersteuning van de verschillende kosten-batenanalyses in dit onderzoek.

De eerste stap in het bepalen van de baten, is het scherp afbakenen van droogte binnen de bandbreedte van de relevante variabelen. Om deze onzekerheden systematisch en inzichtelijk te maken, wordt gewerkt met vier uitgangspunten die als consistent analysekader dienen:

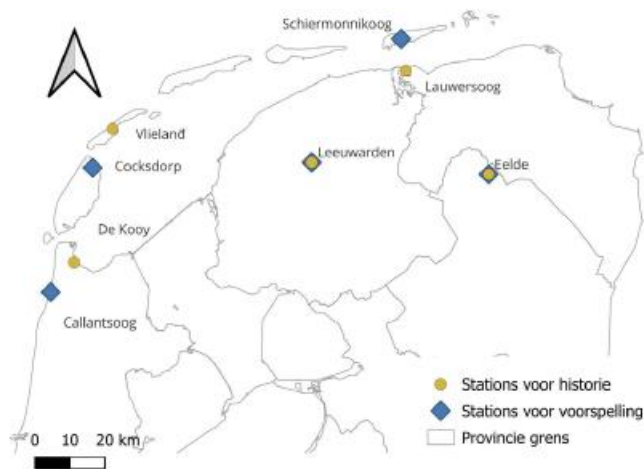
1. Allereerst focussen we op twee uiterste klimaatscenario's: Ln, het minst droge scenario dat ondanks mitigatie nog altijd droger wordt dan het huidige klimaat, en Hd, het droogste scenario dat uitgaat van hoge uitstoot en het niet behalen van klimaatdoelen.
2. Daarnaast onderscheiden we vier droogtecategorieën op basis van het neerslagtekort (van geen droogte tot hevige droogte met meer dan 150 mm neerslagtekort) in de kritieke periode (Tabel 3), zodat de impact per droogteniveau helder kan worden geanalyseerd.
3. Vervolgens vergelijken we data van vijf weerstations in Noord-Holland, Friesland en Groningen om de regionale variatie inzichtelijk te maken en te laten zien hoe sterk locatie gebonden verschillen bijdragen aan de totale onzekerheid binnen de droogteanalyse.
4. Daarnaast houdt de analyse rekening met het 'neerslagtekort in de kritieke groeiperiode' van de specifieke gewassen. Dit zijn de perioden in de groeicurve van de gewassen waar voldoende water van belang is voor een goede opbrengst, zie Tabel 4. De analyse houdt rekening met de KNMI '24 scenario's (KNMI, 2023).

Tabel 3: Kritieke periode voor de onderzochte gewassen

Gewas	Begin	Eind
Suikerbieten	15 Juni	31 Juli
Gerst	1 Mei	30 Juni
Zaaiuien	15 Juni	31 Juli
Mais	15 Juni	31 Juli
Graszaad	1 Mei	31 Juli
Aardappels	15 Juni	31 Juli
Tulpen	1 Mei	30 Juni

Tabel 4 De vier droogte scenario's en bijbehorende definities

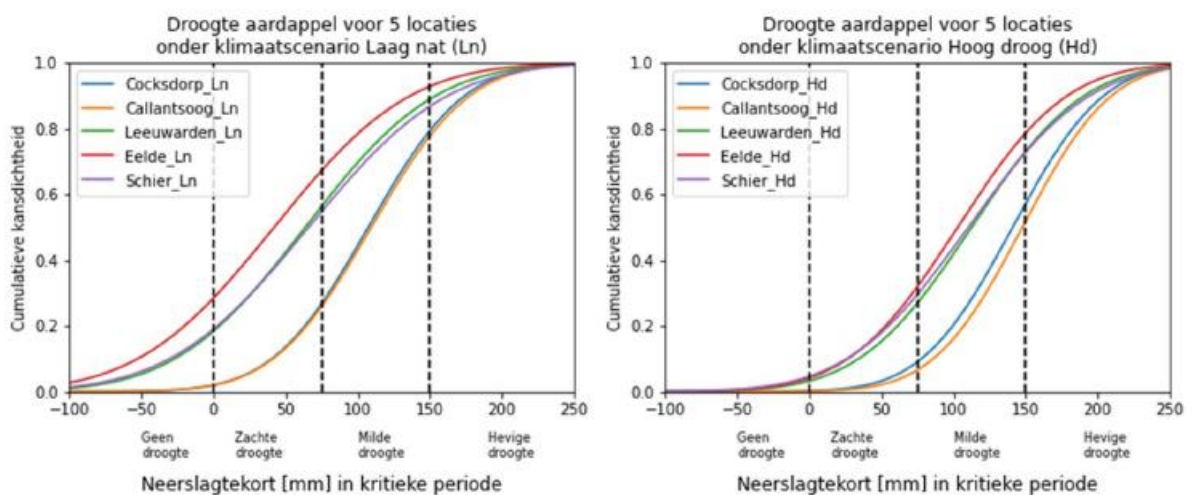
Droogtescenario	Neerslagtekort
Geen droogte	-100 tot 0 mm
Zachte droogte	0 tot 75 mm
Milde droogte	75 tot 150 mm
Hevige droogte	Meer dan 150 mm



Figuur 2 Kaart van de gebruikte KNMI stations

2.1.1.1 Kans op droogte voor poot aardappels onder klimaatscenario's

Figuur 3 toont de cumulatieve kansdichtheid voor vijf locaties in Noord-Nederland onder de "Ln"- en "Hd"-scenario's. Deze curve laat zien hoe groot de kans is dat het neerslagtekort kleiner dan of gelijk aan een bepaalde waarde is. Uit deze figuur blijkt dat de kans op droogte tussen de locaties verschillen, waarbij Callantsoog en De Cocksdoorp de grootste kans hebben op droogte en Eelde de kleinste kans. Dit geldt voor zowel het Ln scenario als het Hd scenario. Daarnaast is te zien dat de kansencurve onder het Hd scenario opschuift naar rechts en de kans op grotere droogte in de kritieke periode toeneemt.



Figuur 3 De cumulatieve kansdichtheidscurve op droogte voor de vijf locaties onder de "Ln" en "Hd" klimaatscenario's

Droogte en economische waarde voor pootgoedaardappels

Droogte vermindert zowel het volume als de kwaliteit van de oogst. Voor de poot aardappelteelt is een gevalideerd economisch model ontwikkeld om droogteschade te kwantificeren (Spaarwater, 2019). In Tabel 5 is op basis van het model en de KNMI '24 scenario's de gemodelleerde regionale droogteschade in de pootgoedteelt weergegeven

per ha/jaar. Ervan uitgaande dat met de zoetwatermaatregelen voldoende water beschikbaar wordt gemaakt om deze schade te voorkomen, is dit ook de potentiële opbrengst van de zoetwatermaatregel.

Als eerste stap is de schade per droogte event bepaald, om dit vervolgens te middelen en tot een gewogen gemiddelde te komen per regio. Het gewogen gemiddelde laat zien dat de opbrengst van zoetwatermaatregelen tussen de € 800 ha/jaar en de € 3.500 ha/jaar ligt.

Tabel 5 Kans en economische uitkomsten per scenario.

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	
	Schiermkn.	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	Tussen 0 en 500
	Leeuwarden	38.04		23.67	
	Eelde	38.85		27.77	
	Schiermkn.	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	Tussen 500 en 3250
	Leeuwarden	32.54		46.14	
	Eelde	25.59		46.74	
	Schiermkn.	32.04		43.20	
Hevige droogte (tekort: >150)	De Cocksdorp	20.66		42.75	
	Callantsoog	22.29	Tussen 3250 en 9750	48.15	Tussen 3250 en 9750
	Leeuwarden	11.04		26.93	
	Eelde	7.15		21.35	
	Schiermkn.	13.18		27.23	
Gewogen gemiddelde	De Cocksdorp		2000		3225
	Callantsoog		2075		3500
	Leeuwarden		1125		2250
	Eelde		800		1950
	Schiermkn.		1250		2225

Bouwplan specifieke baten

In de voorgaande paragrafen lag de focus op pootaardappelen, omdat hiervoor een gevalideerd economisch model beschikbaar is. In de praktijk bepalen complete bouwplannen echter de investeringsbeslissing. Omdat voor andere gewassen nog geen gevalideerde modellen bestaan, zijn interviews met agrariërs gehouden om hun opbrengsten onder verschillende droogtescenario's te bepalen, waarna dit is gevalideerd met de bestaande modellen.

Tijdens deze interviews is gevraagd naar opbrengsten onder optimale watervoorziening. Het verschil tussen deze optimale opbrengst en de opbrengst per droogtescenario vormt de potentiële opbrengst van zoetwaterbeschikbaarheid. Deze opbrengsten zijn vervolgens gekoppeld aan de droogtekansen in de kritieke periode, op dezelfde manier als bij pootaardappelen. Door de gemiddelde baat per gewas te vermenigvuldigen met het aandeel van dat gewas in het bouwplan, zijn de gemiddelde potentiële opbrengsten berekend. Deze doorrekening is uitgevoerd voor vier modelbouwplannen, afgeleid uit de interviews en representatief voor de Waddenregio. Tabel 6 toont deze bouwplannen en de gewesaandelen.

Tabel 6 bouwplannen en de gewesaandelen.

Gewas	Gangbare akkerbouw		Bollen en akkerbouw		Veeteelt en akkerbouw		Oldambts bouwplan	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Aardappel (poot)	50	33%			30	30%	20	17%
Aardappel (consumptie)	10	7%					25	21%
Tarwe							30	26%
Gerst	25	17%	9	50%			11	9%
Gras	15	10%			40	40%		
Mais	20	13%			20	20%		
Peulvrucht							11	9%
Suikerbiet	25	17%	4.5	25%	10	10%		
Tulp			4.5	25%				
Zaai ui	5	3%					20	17%
SUM	150	100%	18	100%	100	100%	117	100%

In deze paragraaf worden de bouwplannen, de kans op droogte en de economische baten van zoetwaterbeschikbaarheid gecombineerd om zo de gemiddelde baten in euro's per hectare per jaar voor elk bouwplan te berekenen. Tabel 7 en Tabel 8 geven het gewogen gemiddelde van de potentiële opbrengst per gewas weer in €/ha/jaar.

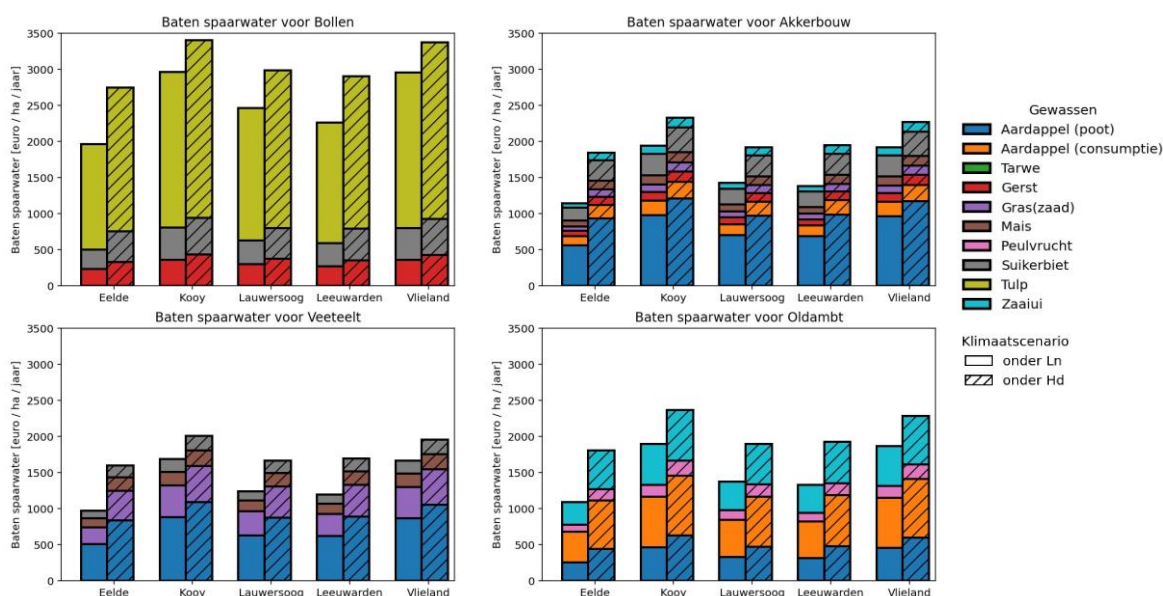
Vervolgens is deze input gebruikt om gemiddelden per bouwplan vast te stellen. Uit de analyse komt niet alleen de pootaardappel, maar ook de ui, tulp en in mindere mate de suikerbiet als gewas met een hoge opbrengstpotentie naar voren i.r.t. waterbeschikbaarheid.

Tabel 7 Potentiële opbrengst per gewas - Minst Droog

Gewas	Minst droog: Laag Nat (KNMI 2024)				
	Eelde 280	Kooy 235	Lauwersoog 277	Leeuwarden 270	Vlieland 242
	Gewogen gemiddelde (NTK kans maal vermeden droogte schade) [euro/ha/jaar]				
Aardappel (poot)	€ 1.672	€ 2.916	€ 2.091	€ 2.044	€ 2.879
Graan	€ 453	€ 717	€ 593	€ 527	€ 716
Gras	€ 590	€ 1.114	€ 840	€ 771	€ 1.088
Mais	€ 613	€ 933	€ 723	€ 717	€ 926
Suikerbiet	€ 1.071	€ 1.769	€ 1.301	€ 1.289	€ 1.757
Tulp	€ 5.853	€ 8.645	€ 7.365	€ 6.694	€ 8.638
Zaaiui	€ 1.814	€ 3.399	€ 2.334	€ 2.278	€ 3.356

Tabel 8 Potentiële opbrengst per gewas - Meest Droog

Gewas	Meest droog: Hoog Droog (KNMI 2024)				
	Eelde 280	Kooy 235	Lauwersoog 277	Leeuwarden 270	Vlieland 242
	Gewogen gemiddelde (NTK kans maal vermeden droogte schade) [euro/ha/jaar]				
Aardappel (poot)	€ 2.780	€ 3.622	€ 2.895	€ 2.951	€ 3.503
Graan	€ 655	€ 861	€ 735	€ 700	€ 851
Gras	€ 1.030	€ 1.261	€ 1.089	€ 1.098	€ 1.229
Mais	€ 904	€ 1.073	€ 922	€ 938	€ 1.050
Suikerbiet	€ 1.693	€ 2.020	€ 1.721	€ 1.759	€ 1.983
Tulp	€ 7.969	€ 9.877	€ 8.738	€ 8.435	€ 9.801
Zaaiui	€ 3.218	€ 4.233	€ 3.343	€ 3.423	€ 4.095



Figuur 4 Resultaten per bouwplan

De resultaten per bouwplan zijn als volgt:

- Bollen: De baten van Spaarwater liggen tussen ca. €2.800 (onder Ln) en €3.400 (onder Hd) per hectare per jaar.
- Akkerbouw: De baten variëren van ongeveer €1.800 (onder Ln) tot €2.200 (onder Hd) per hectare per jaar.
- Veeteelt en akkerbouw: Hier liggen de baten tussen €1.500 (onder Ln) en €1.900 (onder Hd) per hectare per jaar.
- Oldambts bouwplan: De baten bedragen circa €1.900 (onder Ln) tot €2.400 (onder Hd) per hectare per jaar.

Gevoeligheidsanalyse opbrengsten

De opbrengsten van zoetwaterbeschikbaarheid in de akkerbouw kennen verschillende onzekerheden, waaronder weersinvloeden, klimaatverandering en prijsvorming. De onzekerheden rond het optreden van droge jaren en de mate waarin het systeem dan een meeropbrengst levert, zijn meegenomen in de batenanalyse, evenals het aandeel dat aan klimaatverandering kan worden toegeschreven. De invloed van prijsvorming is daarbij nog beperkt expliciet uitgewerkt; dit zal in een vervolg nader worden uitgewerkt. Op dit moment is er echter nog onvoldoende zekerheid aan de kostenkant om hier al

veel tijd en detailniveau in te investeren. De opbrengsten zoals gepresenteerd in de rapportages over 2024–2025 zijn gebaseerd op en gevalideerd met het prijspeil van 2020, dat overeenkomt met het nulpunt zoals gehanteerd binnen Agrimatie (Agrimatie.nl, 2026). De in dit onderzoek gebruikte opbrengsten, zijn vastgesteld in de periode 2019–2024, waarbij het opbrengstmodel uit 2019 en de validatie in 2020 leidend zijn geweest. Daarmee sluiten de gehanteerde Agrimatie-prijzen uit 2020 aan bij de prijzen die in de analyse zijn gebruikt. Aangezien marktprijzen sterk volatiel kunnen zijn, zijn scenario's uitgewerkt met lage prijzen (-30%), een normaal scenario (2020-prijzen) en hoge prijzen (+30%). Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de juiste cijfers zijn gebruikt en dat het verantwoord is om in de analyse een bandbreedte van circa 30% naar boven en naar beneden aan te houden.

Kosten-baten en terugverdiëntijd

De ondergrondse waterberging in Termunten, en op Texel, zijn prototypes van een systeem dat in het veld van 1 naar 25 hectare zijn doorontwikkeld. In de ontwikkeling van deze prototypen is veelal gekozen voor oplossingen die werken om, binnen de doorlooptijd van het project, tot een werkend systeem te komen. Deze keuzes hebben geleid tot een werkend systeem. Het huidige systeem is niet een op een op de markt te brengen, hiervoor staan de huidige systemen te ver van een marktklaar-product af. Om wel een idee te krijgen van de economische kansrijkheid, is gekozen om een Return on Investment (ROI) analyse te doen. De ROI geeft de verhouding weer tussen de totale baten en de totale kosten van een investering over de beschouwde levensduur. De ROI is daarmee een eenvoudig kengetal om verschillende kosten- en opbrengstscenario's onderling te vergelijken en een eerste indicatie te krijgen van de financiële aantrekkelijkheid van een systeem.

In dit onderzoek is de ROI gebruikt als snelle toets. Omdat de kostenopbouw in deze fase nog onzeker is, is gekozen voor een vereenvoudigde, niet-verdisconteerde benadering, gebaseerd op gemiddelde jaarlijkse baten en kosten over een levensduur van 15 jaar. Met de ROI wordt het rendement van de investering berekend, en geeft dus aan hoeveel winst je maakt ten opzichte van de investering. De resultaten in deze analyse worden als percentage uitgedrukt. De ROI-berekening dient nadrukkelijk niet als definitieve investeringsanalyse, maar als indicatie van de gevoeligheid van het systeem voor veranderingen in het kostenniveau.

De verschillen in ROI-percentages laten zien in welke mate de economische haalbaarheid afhankelijk is van de kosten. Een hogere ROI duidt op meer rendement en dus robuustheid van de investering, terwijl een lagere ROI aangeeft dat het systeem gevoeliger is voor kostenstijgingen of tegenvallende opbrengsten.

Voor de ROI-berekening is gekozen voor een eenvoudig voorbeeld. Hierbij zijn 3 kosten varianten genomen en is een opbrengsten variant gekozen uit de gewasrotatie 'Akkerbouw – KNMI scenario Hd' waarbij de opbrengst van waterbeschikbaarheid bij de gewassen poot aardappel, consumptie aardappel, gerst, graszaad, mais, suikerbieten en uien zijn meegenomen. Dit getal is een gewogen gemiddelde voor de kans van voorkomen van verschillende droogtejaren (pagina 9). We hebben voor dit bouwplan gekozen omdat het naast dat het een realistisch scenario is, ook het dichtst bij het gemiddelde van alle opbrengsten, scenario's geeft.

Tabel 9 ROI antiverziltingsdrainage met externe zoetwateraanvoer

Scenario	Oppervlakte (ha)	Kosten (€/ha/jaar)	Baten (€/ha/jaar)	Levensduur (jaar)	ROI over 15 jaar (%)
Minimale kosten	25	1066	2200	15	106
Gemiddelde kosten	25	1250	2200	15	76
Maximale kosten	25	1460	2200	15	50

De ROI-berekening laat dus zien dat voor alle kostenvarianten een hoog rendement wordt gehaald in 15 jaar. Bij het minimale kostenniveau wordt zelfs een verdubbeling van de investering verwacht.

Gevoeligheidsanalyse ROI voor marktprijsvariatie

Omdat landbouwprijzen sterk kunnen fluctueren, is aanvullend een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de Return on Investment (ROI). Daarbij is uitgegaan van een variatie van -30% en +30% ten opzichte van de basisprijs, wat representatief is voor de historisch waargenomen prijschommelingen in de landbouw (Agrimatie.nl, 2026). Voor elk kostenniveau is de ROI berekend voor een laag-, basis- en hoog prijsscenario.

Tabel 10 Gevoeligheidsanalyse ROI ondergrondse waterberging op basis van marktprijsfluctuatie

Kosten (€/ha/jaar)	ROI bij -30% prijs (%)	ROI bij basisprijs (%)	ROI bij +30% prijs (%)
1066	44	106	168
1250	23	76	128
1460	5	50	96

Deze gevoeligheidsanalyse laat zien hoe gevoelig de economische haalbaarheid van het systeem is voor veranderingen in marktprijzen. Hierbij moet worden opgemerkt dat in deze gevoeligheidsanalyse wordt uitgegaan van structurele verandering van de prijzen van + of - 30% over 15 jaar, in de realiteit is deze structurele verandering onwaarschijnlijk. We kunnen concluderen dat alleen bij het meest negatieve scenario (-30% marktprijs en maximale kosten) een winstwaarschuwing gegeven zal worden. Echter is het rendement hier met 5% nog steeds positief. In alle andere scenario's geldt dat de investering een goed rendement oplevert.

De verschillen tussen de scenario's geven inzicht in de robuustheid van de investering: hogere ROI's duiden op meer financiële ruimte bij tegenvallende marktomstandigheden, terwijl lagere ROI's aangeven dat het systeem kwetsbaar is voor prijsdalingen.

Conclusie

Op basis van de huidige cijfers kunnen we dus concluderen dat, wanneer alle ondergrondse waterberging systemen zoals de pilot werken, het een goede investering is. Echter, de huidige cijfers zijn gebaseerd op de pilotlocatie, waarbij we de volgende aannames doen over de omstandigheden op overige locaties:

- het systeem wordt aangelegd op een locatie waar voldoende zoetwater geogst kan worden voor opslag in de ondergrond. Het is onzeker of op iedere locatie voldoende water geogst kan worden voor opslag;

- het systeem levert altijd voldoende water om het volledige neerslagtekort te kunnen overbruggen en hiermee wordt de potentiële opbrengst behaald;
- de ondernemer begrijpt het systeem en kan het zo beheren waardoor de perioden van stilstand tot een minimum worden beperkt en er geen efficiëntie verlies ontstaat tijdens het seizoen;
- de ondernemer begrijpt de hydrologische beperkingen van het systeem bij zowel infiltratie als onttrekking en beheert het dusdanig dat er geen negatieve effecten op het hydrologisch systeem ontstaan;
- er is een dekkend service en onderhoudsteam die storingen en onderhoud kan uitvoeren aan het systeem waardoor de perioden van stilstand tot het minimum worden beperkt en er geen efficiëntie verlies ontstaat;
- de zuivering werkt naar behoren en hiermee voldoet het systeem aan de vergunningseisen van het waterschap;
- in de vergunningverlening levert PFAS geen beperkende factor op;
- de boring van de putten gaan goed en er komen geen extra kosten voor putontwikkeling bij. Het boren van grondwaterputten is een risicovolle exercitie die niet altijd goed gaat;
- putverstopping kan tijdig worden verholpen waardoor de perioden van stilstand tot een minimum worden beperkt en er geen efficiëntie verlies ontstaat tijdens het seizoen;

We weten dat bovenstaande variabelen in de pilotfase worden ondervangen omdat het in een gecontroleerde omgeving wordt ontwikkeld en uitgevoerd. Echter, het zijn onzekerheden waardoor de kosten wel voor kunnen komen buiten een gecontroleerde omgeving, wat effect heeft op het eerder gepresenteerde rendement.

Ontwikkelrichting

Op basis van de huidige, indicatieve kosten- en batenanalyse kan dus worden geconcludeerd dat het, op grond van de op de pilot en aannames gebaseerde cijfers, rendement oplevert. Echter, bevindt het systeem zich nog in een ontwikkelfase en is op dit moment niet markt gereed.

De resultaten laten zien dat, afhankelijk van het gehanteerde kostenniveau, de Return on Investment (ROI) over de levensduur van het systeem, sterk kan variëren. Dit wijst erop dat economische haalbaarheid in potentie mogelijk is, maar momenteel sterk afhankelijk blijft van verdere kostenreductie, technische optimalisatie en marktomstandigheden. De uitkomsten moeten daarom worden geïnterpreteerd als richtinggevend en niet als doorslaggevend.

Het bereiken van een marktwaardige balans tussen kosten en opbrengsten wordt beïnvloed door meerdere, deels onzekere factoren, waaronder marktprijsontwikkeling, technische doorontwikkeling, beleidskeuzes, hydrologische prestaties van het systeem en het daadwerkelijke gebruik in de praktijk. Juist deze onzekerheden benadrukken de noodzaak tot verdere doorontwikkeling en validatie.

De grootste kansen voor opschaling naar een robuuster systeem liggen met name in de volgende ontwikkelrichtingen:

- **Een hogere systeemefficiëntie** kan het mogelijk maken meer m³ water op te slaan, waardoor een groter volume kan worden teruggewonnen en meer hectares

kunnen worden berekend. Dit leidt tot een hogere opbrengst bij eventueel gelijkblijvende investeringskosten. Efficiëntiewinst kan eventueel worden bereikt door het systeem beter te begrijpen en optimaler te benutten, zodat meer water binnen hetzelfde systeem kan worden geïnfiltreerd. Daarnaast heeft het projectteam tijdens de pilot op Texel vastgesteld dat het geohydrologisch systeem zich in de tijd ontwikkelt doordat de opgebouwde zoetwaterbel steeds robuuster wordt waardoor het terugwinrendement toeneemt. Om deze efficiëntieslag te kwantificeren en te realiseren, is langdurige operationele voortzetting, monitoring en verdere doorontwikkeling van het huidige systeem noodzakelijk. Op basis van praktijkervaring en voortschrijdend inzicht kan worden bepaald welke maatregelen het meest effectief zijn, waarna deze binnen bestaande systemen kunnen worden doorgevoerd of bij nieuwe systemen kunnen worden toegepast.

- **Lagere initiële investeringskosten** door te ontwikkelen op de grootste kostenposten: het zuiveringssysteem, de boringen en de meet- en regelcontainer. De zuivering vormt binnen het huidige ontwerp een aanzienlijke kostenpost. Hoewel het systeem nog in ontwikkeling is, zijn er geen aanwijzingen dat de eisen aan waterkwaliteit in de toekomst zullen versoepelen; de kosten voor hoogwaardige zuivering zullen daarom blijvend zijn en mogelijk zelfs verder toenemen voor stoffen als PFAS. Kostenreductie op dit punt blijft een uitdaging en hangt nauw samen met onderzoek naar de zuivering van drainagewater en de bijbehorende beleidsontwikkeling. Tijdens het project heeft het team nieuwe inzichten opgedaan in de zuivering van drainagewater, die zijn verwerkt in de huidige opstelling. Daarbij is samengewerkt met OWB-projecten op Texel en in Boskoop, waarbij beleidsvragen en wettelijke eisen uit die locaties zijn doorvertaald naar Termunten. De huidige zuiveringsopzet is daarmee gebaseerd op de eisen rond infiltratie van drainagewater en niet op een vergelijking tussen concurrerende marktpartijen.

Naast de zuivering vormen ook de boringen en de meet- en regelcontainer een aanzienlijk deel van de initiële investeringskosten. Voor de aanleg van infiltratie- en onttrekkingsputten zijn nauwelijks besparingsmogelijkheden te verwachten, aangezien deze worden ingekocht in een bestaande, concurrerende markt waarin de prijs door meerdere aanbieders wordt bepaald. De meet- en regelunit daarentegen is, net als de zuivering, grotendeels project-specifiek ontwikkeld en niet vrij op de markt ingekocht. Juist daar liggen potentiële kansen voor kostenreductie.

Lagere operationele kosten zijn met name te realiseren door het terugdringen van de kosten voor waterkwaliteitsmonitoring, die momenteel een aanzienlijk deel van de exploitatiekosten vormen. Door intensieve samenwerking met waterschappen en het voeren van een structurele beleidsdialoog wordt toegewerkt naar het aantonen dat de toegepaste zuivering voldoende is om het water veilig te infiltreren en dat de risico's voor de waterkwaliteit minimaal zijn. Dit moet leiden tot versoepeling van de monitoringseisen (meetfrequentie en breedte stoffenpakket) en daarmee tot een verlaging van de bijbehorende kosten. Op dit moment wordt binnen het vervolgproject in Boskoop gewerkt aan het vaststellen van een zogenaamde lijst met een beperkt aantal gidsstoffen waarop geanalyseerd moet worden. Hiermee kan een goed evenwicht worden verkregen

tussen monitoringskosten enerzijds en voldoende zekerheid m.b.t. behalen van de infiltratie-eisen anderzijds.

Dus, ondergrondse waterberging is daarmee een interessante maatregel. Op basis van de huidige ROI kan worden geconcludeerd dat het huidige rendement voldoende perspectief biedt om de ontwikkeling voort te zetten en de producten naar de markt te brengen, zelfs als het rendement in de toekomst iets lager uitvalt.

De huidige pilot heeft veel ervaring opgeleverd om op te bouwen in een fase van doorontwikkeling. Het is nuttig deze onderwerpen mee te nemen in de doorontwikkeling en zo te zorgen dat zo veel mogelijk onzekerheden worden gedrukt, rentabiliteit niet te ver zakt en een soepele marktintroductie.

2.2 Kosten -baten antiverziltingsdrainage

Bij aanvang van het project, is het doel gesteld om naast droogteschade ook een aparte analyse te maken van de zoutschade en deze net als droogteschade te moneteriseren om hiermee de kosten-baten verhouding van antiverziltingsdrainage te kunnen bepalen.

Methode

Om te bepalen wat het rendement van anti- verziltingsdrainage is, zal een koppeling gemaakt moeten worden tussen de kosten en de baten. De kosten zijn gepresenteerd in de tussenrapportage 2024-2025 (AW25_182_TW_211234 v2) Het vaststellen van de opbrengsten wordt in deze tussenrapportage toegelicht.

Voor het bepalen van de meeropbrengsten is het van belang om duidelijk onderscheid te maken tussen antiverziltingsdrainage met en zonder beschikbaarheid van extern zoetwater. Zonder beschikbaarheid van extern zoet water, is de meeropbrengst van het systeem volledig afhankelijk van de aanvulling via neerslag in de winter. In dit geval is bepaling van de meeropbrengst gestoeld op de interactie van de grondwaterstand, bodemvocht en de duur van het in stand houden van de zoetwaterlens in het perceel. Wanneer er wel externe aanvoer van zoetwater mogelijk is, is het bepalen van de meeropbrengsten eenvoudiger omdat dit actieve peilopzet en sub irrigatie mogelijk maakt.

Uit het onderzoek blijkt dat de daadwerkelijke invloed van het opbouwen van een zoetwaterlens op het zoute grondwater tot maar enkele weken is. Hierbij komt dat het sterk afhankelijk is van de meteorologische omstandigheden

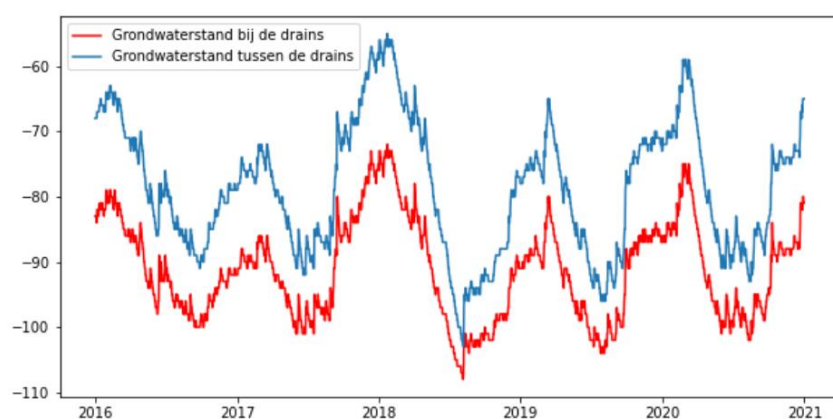
Het vaststellen van de opbrengsten van antiverziltingsdrainage zonder externe zoetwaterbeschikbaarheid, kan in theorie op twee manieren gebeuren: I) via veldmetingen op pilotlocaties en II) via een modelmatige benadering. In beide gevallen is de centrale vraag: "wat is de impact van de peilopzet in de winter op de zoetwatervoorraad in het perceel en in hoeverre werkt dit door in de potentiële opbrengst?" Het uitvoeren van veldmetingen op pilotlocaties is een risicovolle optie, omdat de gewasopbrengst door een groot aantal variabelen wordt beïnvloed, waaronder bodemtype, bodembewerking, neerslag, verdamping, bewortelingsdiepte, voorvrucht en ziektedruk. Daarnaast is het effect van aangepaste drainage sterk locatieafhankelijk, onder meer door verschillen in draindiepte, drainafstand, grondwaterstand, het zoet-zoutgrensvlak, kweldruk, neerslag en verdamping (AcaciaWater, 2025)(Staarink, 2015). Bovendien zijn voor deze aanpak langjarige meetreeksen noodzakelijk, die binnen de looptijd van dit project niet realiseerbaar waren, omdat de realisatie van de pilots en het bepalen van de baten, gelijktijdig plaatsvonden. Dit heeft ertoe geleid dat is gekozen voor een modelmatige aanpak, waarbij SWAP en Flopy/Modflow aan elkaar zijn gekoppeld om te bepalen in hoeverre het zoutgehalte van het grondwater invloed heeft op de gewasgroei.

Modellering

In een modelmatige studie is getracht inzicht te krijgen in de processen die zich in de wortelzone afspelen op het moment dat de grondwaterstand daalt. Dit met als doel om vervolgens het effect van de drainageaanpassing op de grondwaterstand te koppelen en zo een geïntegreerde modelaanpak te ontwikkelen. Binnen dit onderzoek is, met behulp van SWAP, gevoed met grondwaterstanden en chlorideconcentraties afkomstig uit een Modflow6-model, onderzocht of zoutstress bij gewassen realistische kan worden

gemodelleerd. Daartoe zijn twee scenario's doorgerekend, namelijk bij de drains en tussen de drains, voor de periode 2016–2020.

De modeluitkomsten laten zien dat de hydrologische verschillen tussen beide scenario's op een logische manier worden weergegeven: bij de drains worden lagere grondwaterstanden gesimuleerd en treden duidelijk hogere chlorideconcentraties in het bodemvocht op dan tussen de drains. Deze verschillen komen vooral naar voren na droge perioden, met een vertraagde respons na het droge jaar 2018. Ook droogtestress wordt consistent gesimuleerd. Dit geldt niet voor de zoutstress. Ondanks de verhoogde chlorideconcentraties op drainagehoogte, geeft het model aan dat het gemodelleerde gewas, aardappel, geen zoutstress ondervindt.



Figuur 5. Grondwaterstanden bij en tussen de drains

De resultaten voor het bodemvocht, het chloridegehalte in de wortelzone en het effect daarvan op het gewas, blijken bovendien zeer gevoelig voor aannames in randvoorwaarden en gewasparameters.

Het onderzoek toont daarmee aan dat het model in staat is om verschillen in chlorideconcentraties bij en tussen drains te reproduceren, maar dat de huidige modelopzet niet de zoutstress bij gewassen d.m.v. veranderingen in het bodemvocht als gevolg van waterconservatie en grondwaterstandsverhoging kan voorspellen. Een verdere verfijning noodzakelijk is voordat er harde conclusies kunnen worden getrokken.

Door het ontbreken van voldoende kennis over de samenhang tussen (zout) grondwater, bodemvocht, bodemsamenstelling en plantfysiologie, is het niet mogelijk gebleken om de juiste parameters te definiëren en op basis daarvan een modelmatige onderbouwing te geven van de opbrengsten van antiverziltingsdrainage zonder externe aanvoer van zoet water.

Uit de pilots van antiverziltingsdrainage zonder externe wateraanvoer, blijkt dat het mogelijk is om met het zorgvuldig opzetten van het peil in de winter, het zoet-zout grensvlak met enkele decimeters weg te drukken waardoor de invloed van de extra waterbeschikbaarheid enkele weken is. Modelmatig is het niet gelukt om de extra opbrengsten te monetariseren, op basis van de pilotresultaten blijkt dat het wel interessant is om een gevoel te krijgen bij de omvang van de mogelijke opbrengsten die nodig zijn om de investering terug te kunnen verdienen. Om die reden is een meer analytische route gekozen om zo toch met een antwoord te kunnen komen.

Zoutschade

Bij aanvang van het project is het doel gesteld om naast droogteschade ook een aparte analyse te maken van de zoutschade en deze net als droogteschade te moneteriseren. Het doel van deze analyse is om de kosten van antiverziltingsdrainage te koppelen aan de baten, waarbij naast droogteschade ook zoutschade wordt meegenomen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen situaties met en zonder externe zoetwateraanvoer. Zonder externe aanvoer zijn de baten afhankelijk van winterneerslag en de tijdelijke beschikbaarheid van een zoetwaterlens, waarvan uit pilots blijkt dat het effect slechts enkele weken aanhoudt en sterk weersafhankelijk is. Met externe aanvoer kan actief peilbeheer en subirrigatie plaatsvinden, waardoor de bepaling van baten eenvoudiger is. Het vaststellen van de meeropbrengst zonder externe aanvoer en dus puur gebaseerd op *vermeden zoutschade*, is complex en kan theoretisch via veldmetingen of modellering. Veldmetingen zijn echter sterk beïnvloed door lokale en teeltgebonden variabelen en vereisen langjarige datasets. Daarom is gekozen voor een modelmatige aanpak (SWAP gekoppeld aan Modflow). Deze modellen reproduceren hydrologische processen en chlorideverschillen goed, maar blijken onvoldoende in staat om zoutstress en het effect daarvan op gewasgroei betrouwbaar te voorspellen. Door het ontbreken van voldoende kennis over de interactie tussen grondwater, bodemvocht, zout en plantfysiologie, kunnen opbrengsten niet robuust worden gemodelleerd.

Aanvullende inzichten uit pilots tonen aan dat drainage het zoet-zout grensvlak beperkt kan verplaatsen, maar dat dit slechts tijdelijk effect heeft. Omdat modellering van opbrengsten niet mogelijk bleek, is gekozen voor een analytische benadering om toch inzicht te krijgen in de orde van grootte van benodigde baten. Hiervoor is op basis van literatuur en veldobservaties geconcludeerd dat droogte- en zoutschade in de praktijk vaak samen optreden en hetzelfde effect hebben: een gebrek aan beschikbaar zoetwater voor de plant. Daarom is aangenomen dat potentiële zoutschade gelijk is aan droogteschade en zijn de baten hierop gebaseerd. Hoewel de exacte opbrengstvermeerdering door het voorkomen van zoutschade niet eenduidig kan worden vastgesteld, biedt droogteschade daarmee een robuuste en onderbouwde proxy voor het bepalen van de economische baten.

Conclusie:

Op basis van modelberekeningen en veldmetingen is geen uitsluitel ontstaan over de potentiële opbrengstvermeerdering bij het vermijden van zoutschade. Wel is het mogelijk om met redelijke mate van zekerheid een inschatting te kunnen geven van de potentiële droogteschade in verschillende gewasrotaties. Wanneer we doorredeneren dat de afwezigheid van zoetwater optimale gewasgroei belemmert. De oorzaak van de belemmering, verminderde waterkwantiteit (droogte) of kwaliteit (zout) leidt hierbij tot hetzelfde gevolg: gewasschade.

Waterconservering drainagemaatregelen

Om te bepalen hoeveel water drainagemaatregelen daadwerkelijk beschikbaar maken voor gewassen, is gekeken naar pilots en literatuur. Uit pilots blijkt dat slechts enkele weken extra water, beschikbaar kan worden gemaakt. Literatuur laat zien dat veel onderzoeken vastlopen op het realistisch weergeven van zowel de hoeveelheid opgeslagen water als het effect op gewasgroei realistisch te bepalen (STOWA, 2012/2018) (Deltafact STOWA, Alterra, 2018).

Metingen uit het onderzoek Zoet op Zout geven inzicht in grondwater en opslag, maar niet in hoeveel water daadwerkelijk door planten wordt benut. De effectiviteit van wateropslag in percelen is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden, zoals bodemtype, grondwaterstand, drainage en weersverloop. Vooral neerslag en timing spelen een grote rol, waardoor effecten moeilijk voorspelbaar zijn.

In tegenstelling tot bassins, waar water over langere tijd kan worden opgeslagen en seizoensinvloeden worden gedempt, is drainageopslag kortdurend en gevoelig voor weersextremen. Daarnaast wordt in het voorjaar vaak water afgevoerd om het land bewerkbaar te maken, wat de effectiviteit verder beperkt. Bij antiverziltingsdrainage komt daar de complexe interactie met zout grondwater bij.

Door de vele variabelen is het lastig om exacte hoeveelheden opgeslagen water en vermeden droogteschade te bepalen. Daarom is het zinvoller om relatieve verschillen te vergelijken met percelen zonder drainage. Voor goed inzicht in opbrengsteffecten, is kennis nodig van de samenhang tussen bodemvocht, verzilting en gewasgroei. Dit vraagt om een combinatie van veldonderzoek en modellering.

Om te bepalen wat er daadwerkelijk wordt voorkomen met behulp van drainagemaatregelen, is het noodzakelijk de vraag te beantwoorden 'hoeveel water in de winter daadwerkelijk beschikbaar wordt gemaakt bij het opzetten van het peil zodat er in de zomer voldoende water beschikbaar is zonder externe zoetwateraanvoer'. Uit de pilots is geconcludeerd dat het mogelijk is om voor 'enkele weken' extra water beschikbaar te maken.

Interpretatie kosten-baten antiverziltingsdrainage

Om, ondanks beperkte data, toch een realistisch en onderbouwd beeld te geven van het rendement, voeren we een conceptuele rendementsanalyse (ROI) uit op basis van beschikbare gegevens en expert judgement.

De rendementsanalyse wordt uitgevoerd op basis van de volgende uitgangspunten:

1. Antiverziltingsdrainage zonder externe wateraanvoer;
2. De meeropbrengst zal afkomstig zijn uit de extra zoetwaterbeschikbaarheid opgebouwd in het perceel door peilopzet in de winter;
3. Drie kostenvarianten;
4. De mogelijke meeropbrengst is de gemiddelde meeropbrengst bij het voorkomen van droogteschade van alle in deze studie verwerkte gewasrotaties (EUR 2.200/ha/jaar).

De belangrijkste kennislacune betreft de exacte invloed van drainage op de waterbeschikbaarheid en daarmee het aandeel in de potentiële meeropbrengst. Om binnen deze onzekerheid toch tot een robuuste beoordeling te komen, is de analyse omgedraaid: welk percentage van de potentiële meeropbrengst is minimaal nodig om een ROI van 10% te realiseren over een periode van 10 en 15 jaar?

Als referentiekader voor deze berekening is gekeken naar gangbare rendementen in irrigatieprojecten. Op basis van internationale literatuur kan een rendement van circa 10% worden beschouwd als een realistische en gangbare benchmark.

Door 10% als uitgangspunt te nemen voor ROI kunnen we onderstaande berekening maken:

Tabel 11 Conceptuele ROI antiverziltingsdrainage zonder externe waterbeschikbaarheid

Scenario	Oppervlakte (ha)	Eenmalige kosten (€/ha)	Maximale baten (€/ha/jaar)	ROI van 10% over 10 of 15 jaar	% van de baten bendodigd
Minimale kosten	25	1230	2200	10	6,2%
Gemiddelde kosten	25	2920	2200	10	14,6%
Maximale kosten	25	4660	2200	10	23,3%
Minimale kosten	25	1230	2200	15	4,1%
Gemiddelde kosten	25	2920	2200	15	9,7%
Maximale kosten	25	4660	2200	15	15,5%

Op basis van een referentie-ROI van 10% laat de analyse zien dat slechts een beperkt deel van de potentiële meeropbrengst nodig is om de investering in antiverziltingsdrainage rendabel te maken. Afhankelijk van de investeringskosten varieert dit aandeel van circa 6–23% bij een terugverdientijd van 10 jaar, en van circa 4–16% bij 15 jaar.

Hoewel op basis van de huidige kennis niet met zekerheid kan worden vastgesteld of deze percentages in de praktijk haalbaar zijn, geeft de uitkomst wel een duidelijke bandbreedte. Hieruit blijkt dat antiverziltingsdrainage, in vergelijking met andere maatregelen, een relatief kostenefficiënte investering is: zelfs bij een beperkte realisatie van de potentiële meeropbrengst kan al een economisch rendabele situatie ontstaan.

Deze conclusie geldt specifiek voor situaties zonder externe aanvoer van zoetwater, waarbij de maatregel volledig afhankelijk is van het vasthouden en benutten van overtollige neerslag.

Beschikbaarheid van externe zoetwateraanvoer

De aanwezigheid van een externe zoetwaterbron verandert het functioneren en het rendement van antiverziltingsdrainage fundamenteel. In deze situatie kan de drainage niet alleen passief water vasthouden, maar ook actief worden ingezet voor peilopzet en sub irrigatie. Daarmee ontstaat de mogelijkheid om droogteschade structureel te beperken en de volledige potentiële meeropbrengst van circa €2.200/ha/jaar te realiseren.

Onderstaande tabel toont de rendementsberekeningen voor de drie kostenvarianten onder deze uitgangspunten.

Tabel 12 ROI antiverziltingsdrainage met externe zoetwateraanvoer

Scenario	Oppervlakte (ha)	Eenmalige kosten (€/ha)	Baten (€/ha/jaar)	Levensduur (jaar)	ROI over 10 jaar (%)
Minimale kosten	25	1230	2200	10	1688%
Gemiddelde kosten	25	2920	2200	10	653%
Maximale kosten	25	4660	2200	10	372%

De resultaten laten zien dat, bij beschikbaarheid van externe zoetwateraanvoer, de investering in antiverziltingsdrainage leidt tot zeer hoge rendementen. Afhankelijk van de kostenvariant varieert de ROI over 10 jaar van circa 370% tot bijna 1.700%. Dit onderstreept dat de maatregel, in combinatie met actieve wateraanvoer, economisch bijzonder aantrekkelijk is.

Deze hoge rendementen worden verklaard doordat het gaat om een eenmalige investering, terwijl de baten zich jaarlijks blijven herhalen. Daarbij is in deze berekening uitgegaan van een optimale situatie waarin er continu voldoende zoetwater beschikbaar is om het volledige neerslagtekort te compenseren en de maximale potentiële meeropbrengst te realiseren.

Deze aanname is in de praktijk onzeker. Om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van het rendement voor variaties in waterbeschikbaarheid en gerealiseerde opbrengst, is daarom aanvullend een eenvoudige onzekerheidsanalyse uitgevoerd.

Tabel 13 Gevoeligheidsanalyse ROI antiverziltingsdrainage met externe zoetwateraanvoer

Scenario	Totale opbrengst	ROI variant 1 (€1230/ha)	ROI variant 2 (€2920/ha)	ROI variant 3 (€4660/ha)
75% opbrengst	€ 412.500	1241,5%	465,1%	254,1%
50% opbrengst	€ 275.000	794,3%	276,7%	136,1%
25% opbrengst	€ 137.500	347,2%	88,4%	18,0%
10% opbrengst	€ 55.000	78,9%	-24,7%	-52,8%

De onzekerheidsanalyse maakt duidelijk dat het rendement sterk afhankelijk is van het daadwerkelijk gerealiseerde opbrengstniveau, maar laat tegelijkertijd zien dat de maatregel in veel gevallen economisch robuust is. Bij middelhoge tot hoge opbrengsten ($\geq 50\%$ van het maximum) zijn alle drie de investeringsvarianten overtuigend rendabel, met zeer hoge ROI's.

Ook bij lagere opbrengsten blijft de maatregel in veel gevallen haalbaar. De goedkoopste variant (€1.230/ha) blijkt het meest robuust en blijft zelfs bij een zeer beperkte realisatie van 10% nog positief. De middenvariant blijft rendabel vanaf circa 25% opbrengst, terwijl de duurste variant gevoeliger is en pas bij hogere opbrengstniveaus duidelijk positief wordt.

Dit betekent dat het financiële risico toeneemt naarmate de initiële investering hoger is, maar ook dat er een duidelijke balans bestaat tussen investeringsniveau en opbrengstzekerheid. Lagere investeringen bieden een robuuste basis onder onzekere omstandigheden, terwijl hogere investeringen vooral gerechtvaardigd zijn wanneer er voldoende zekerheid is over het realiseren van hogere opbrengsten.

In de praktijk impliceert dit dat hogere investeringsniveaus met name verdedigbaar zijn wanneer de beschikbaarheid van zoetwater geborgd is, bijvoorbeeld via externe aanvoer of een eigen buffer zoals een bassin, waardoor het systeem daadwerkelijk actief kan worden gestuurd en hogere opbrengsten realistisch worden.

Praktijkervaringen

De praktijk laat zien dat het met drainage mogelijk is om water gedurende een langere periode na de laatste bui in het perceel vast te houden, al leidt dit niet tot een volledige opheffing van droogteschade. De maatregel draagt wel bij aan het beperken van de effecten van droogte, waarbij langjarige monitoring op verschillende percelen nodig is om hier een goed beeld van te krijgen en om de opgedane kennis en parameters te kunnen toevoegen aan eventuele modelstudies. Daarbij is de praktijkervaring van de boer van groot belang: het daadwerkelijk zien dat water tijdens droge perioden langer in het perceel aanwezig blijft dan op percelen zonder drainage, overtuigt dat het om een bruikbare toepassing gaat. Bovendien geeft de ervaring van een "extra" knop om aan te draaien de ondernemer een zekerder gevoel. In dat kader kan de aanleg van drainage worden gezien als een voorloper op het bufferen van water in een bassin of in de

ondergrond, en daarmee als onderdeel van een groter watermanagementsysteem op het bedrijf.

Conclusie

De economische haalbaarheid van antiverziltingsdrainage wordt in sterke mate bepaald door de beschikbaarheid van externe zoetwateraanvoer.

Voor situaties zonder externe aanvoer, geldt dat de maatregel economisch potentie heeft, maar dat het rendement onzeker is. De effectiviteit is beperkt tot het tijdelijk vasthouden van water (enkele weken) en sterk afhankelijk van lokale omstandigheden en weersverloop. Daarnaast ontbreekt momenteel een robuuste kwantitatieve onderbouwing van de relatie tussen waterconservering, zoutdynamiek en gewasopbrengst. De uitgevoerde conceptuele analyse laat zien dat slechts een beperkt deel van de potentiële meeropbrengst nodig is om de investering rendabel te maken, maar of dit aandeel in de praktijk daadwerkelijk wordt gerealiseerd, kan op dit moment niet met zekerheid worden vastgesteld. Daarmee is deze variant economisch kansrijk, maar onzeker en locatieafhankelijk.

Voor situaties met externe zoetwateraanvoer verandert het beeld fundamenteel. De maatregel kan dan actief worden ingezet voor peilbeheer en subirrigatie, waardoor droogte- en zoutschade structureel kunnen worden beperkt. De economische analyse laat zien dat de investering in alle doorgerekende scenario's ruim rendabel is, met zeer hoge rendementen en een sterke robuustheid, zelfs bij lagere opbrengstniveaus. Daarbij krijgt de ondernemer feitelijk extra sturingsmogelijkheden ("knoppen om aan te draaien"), wat het systeem niet alleen economisch aantrekkelijker maakt, maar ook operationeel betrouwbaarder.

Samenvattend kan worden gesteld dat antiverziltingsdrainage zonder externe aanvoer een potentieel rendabele maar onzekere maatregel is, terwijl met externe zoetwateraanvoer sprake is van een aantoonbaar robuuste en economisch zeer aantrekkelijke investering.

2.3 Alternatieve opslagopties

Hoewel het ondergronds opslaan van zoetwater qua capaciteit en ruimtegebruik een veelbelovende technologie is, is de technologie innovatief en complex. De complexiteit brengt hoge investeringskosten en daarmee risico's met zich mee, dit ook in het licht van waterkwaliteit en vergunningen. Om die reden wordt hier een alternatieve opslagoptie gepresenteerd: het aanleggen van een bassin. Een bassin heeft als voordeel dat eigen zoetwater direct beschikbaar is, onafhankelijk van oppervlaktewater en externe aanvoer. Verder is het technologisch eenvoudiger dan ondergrondse opslag, is voorzuivering i.v.m. waterkwaliteit niet nodig en is geen kostbaar vooronderzoek nodig. Wel neemt het een groter areaal in beslag, ook al is het relatief gemakkelijk in de oude staat terug te brengen.

Net als bij ondergrondse opslag, kan het water met een verzamelleiding van het eigen perceel gewonnen worden. De potentiële opslagruimte is wel aanzienlijk kleiner dan bij een ondergronds systeem. Ondergronds is zelfs onder lastige omstandigheden bij een systeem van 30 ha, een jaarlijks opslagvolume van 20.000 – 40.000 m³ realistisch, waarbij het niet gebruikte water in de bodem blijft en het jaar erop weer een aanvullende hoeveelheid kan worden geïnfiltrerd. Bovengronds zijn dergelijke opslagvolumes in theorie ook haalbaar, maar vormt landgebruik en ruimtebeslag een beperkende factor.

Investeringsafweging zoetwatermaatregelen

Het is belangrijk om vooraf goed af te wegen welke investering het beste past bij de bedrijfsvoering en bij lokale omstandigheden. Vaak zijn de investeringen pas op de lange termijn terug te verdienen, waarbij dit in droge jaren aanmerkelijk sneller gaat dan in natte jaren. Voor de ene ondernemer weegt de zekerheid van een betrouwbare waterbron zwaarder dan de initiële kosten, terwijl een ander kiest voor een eenvoudiger en goedkoper systeem dat flexibiliteit biedt. Een investering in zoetwatervoorziening draagt in ieder geval bij aan een robuustere bedrijfsvoering en minder afhankelijkheid van externe wateraanvoer in een toekomst met toenemende weersextremen.

Om een praktisch overzicht te kunnen bieden, presenteren we in Tabel 14 een meer kwalitatief totaaloverzicht voor de verschillende combinaties van opvangen, opslaan en gebruiken.

Tabel 14 Kosten en voor- en nadelen voor de verschillende opties die hier besproken zijn

	Optie	Voorinvestering	Onderhoud	Efficiëntie	Voor-/nadelen
Opvang	Grondwater	€	€	+++	Verziltting maakt het toekomstig gebruik onzeker en grondwater als bron voor osmosewater komt steeds meer onder druk te staan. Indien vergunbaar lage kosten en flexibiliteit
	Drainagewater	€€	€	++	Betrouwbare eigen bron, lokaal beschikbaar, kwaliteit bij OWB vraagt flinke zuivering. Inzetbaar ook binnen bruinrotgebied
	Regenwater	€	-	+	Schoon water, breed toepasbaar, geen beperkingen bij gewassen. Bovengrondse opslag geen zuivering, bij OWB wel.
	Oppervlaktewater	€	€	+++	Groot potentieel volume, sterk beperkt bruikbaar in bruinrotgebieden. Kwaliteit kan een uitdaging zijn in combinatie met OWB, hiermee zullen de kosten toenemen.
Opslag	Ondergrondse opslag	€€€	€€€	+++	Grote volumes, weinig grondgebruik, verliezen naar grondwater, hoge voorinvestering, technisch complex, vergunningstraject mogelijk lastig, waterzuivering nodig.
	Bassin	€€	€	+	Directe toegang tot eigen voorraad, nauwelijks

					verliezen. Beperkt opslagvolume.
Gebruik	Haspelbereging	€€	€€	+	Grote oppervlakken snel beregend, eenvoudig te combineren met bestaande systemen. Vraagt hoge debieten, bij OWB-bassin nodig als buffer
	Druppelbereging	€€€	€	+++	Zeer efficiënt watergebruik, hogere opbrengstzekerheid, geschikt voor kapitaalintensieve teelten. Afval en jaarlijks terugkomende kosten
	Subirrigatie	€€	€	++	Geschikt i.c.m. opslag drainagewater, geen extra investering nodig, geen verdampingsverliezen. Hoog waterverbruik.

2.4 Alternatieve aanwendbaarheid en waarde van inlaatwater

Tijdens het bepalen van de onderzoeksvragen (2019) voor deze bouwsteen, is de nadruk gelegd op het bepalen van de waarde van inlaatwater. Deze behoefte kwam voort uit de publiek-private insteek van onderzoek naar pilots voor zoetwaterbeschikbaarheid.

Waar een gezamenlijke aanpak tussen waterschap en agrarisch ondernemers zeer succesvol kan zijn voor het optimaal beheer van het zoete water in een polder (zie Regionaal Waterbeheer), concluderen we dat het reduceren van een waterstroom tot een economische waarde hier geen duidelijke meerwaarde in zal leveren.

2.5 Blauwdruk voor zoetwater coöperaties

In Zoet op Zout is vanwege de opzet van de pilots geen sprake geweest van concrete samenwerking op het gebied van investeren, beheren en onderhouden van een zoetwatermaatregel. Dit neemt echter niet weg dat dit in de toekomst voor kan komen. Om die reden is er wel gewerkt aan het inzichtelijk maken van de randvoorwaarden voor een werkende zoetwater coöperatie. Dit inzicht is verkregen doormiddel van samenwerking met het [project Zoete Toekomst Texel](#). Onderstaande informatie is mede onttrokken uit een publicatie van april 2025, te vinden via bovenstaande link.

De coöperatie als rechtspersoon ondersteunt samenwerking door transparante afspraken over kosten, rechten, plichten en aansprakelijkheden. Een coöperatie biedt ook flexibiliteit. Het belangrijkste is onderling vertrouwen en heldere afspraken. Hoeveel water vang jij op? En hoeveel m³ water heb jij nodig? Wat is de omvang van jouw teeltoppervlak? Dit zijn vragen die deelnemers in de zoetwatercoöperatie elkaar kunnen stellen. Er komt veel kijken bij samen zoetwater opslaan en hergebruiken. Het levert

echter ook veel op. Vertrouwen en heldere afspraken zijn het beginpunt. Daarbij is maatwerk de sleutel voor een succesvolle basis.

Een zoetwatercoöperatie kent drie rollen: het bestuur, de leden (algemene ledenvergadering) en de watermeester. Het bestuur verzorgt de dagelijkse leiding van de coöperatie, inclusief financieel beheer, onderhoudsplanning, en communicatie met externe partijen. Het is verantwoordelijk voor het voorbereiden van vergaderingen, het naleven van verplichtingen, en het opstellen van de jaarrekening van de coöperatie.

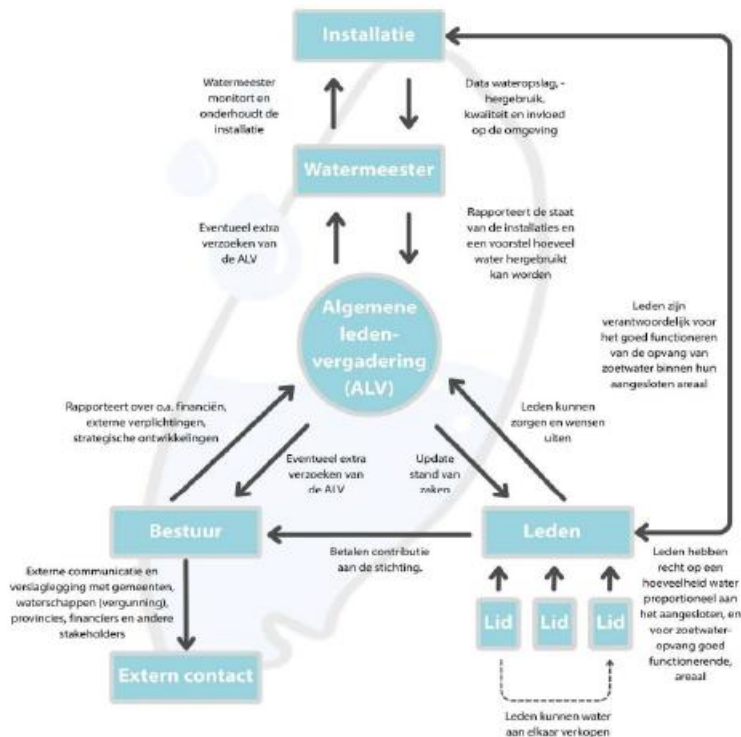
De leden brengen hectares teeltgrond in voor wateropslag en hebben stemrecht in de algemene ledenvergadering, waarin zij samen belangrijke besluiten nemen, zoals over waterverdeling, contributie en benoeming van bestuur en watermeester. Ze nemen actief deel aan vergaderingen en het beheer van de coöperatie. Ook kunnen leden water van elkaar kopen. De watermeester monitort de werking van de installatie, bewaakt waterkwaliteit en -hoeveelheden, en rapporteert hierover aan bestuur en leden. Deze doet dit in opdracht van het bestuur en kan waterlevering aan leden stopzetten bij overschrijding van het toegestane gebruik.

Benodigde juridische documenten Net als bij iedere coöperatie heeft ook de zoetwatercoöperatie juridische documenten waarin afspraken worden vastgelegd en gedeeld.

Statuten - Voor de oprichting van een zoetwatercoöperatie maakt de notaris de oprichtingsakte met daarin de statuten. Deze documenten worden daarna gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel (KvK). In de statuten staan zaken als het doel van de coöperatie, het lidmaatschap, de ledenvergadering, de samenstelling van het bestuur etc. Statuten zijn bondig en zo helder mogelijk. Het is de bedoeling dat dit document lang meegaat en zo min mogelijk wijzigt.

Ledenovereenkomst – De spelregels rond het lidmaatschap staan in de ledenovereenkomst en gelden voor zowel de leden die bij de oprichting betrokken zijn als nieuwe leden die later (kunnen) toetreden. Hierin staan zaken als waar stemt een lid mee in, wat is de inbreng van teeltoppervlak etc.

Huishoudelijk reglement – Alle praktische zaken zijn in het huishoudelijk reglement vastgelegd. Daaronder vallen financiën, tijdsbesteding, beheer van de installatie, ondergrondse opslag van water, jaarplanning en verdeling van het beschikbare water.



Figuur 6 Overzicht blauwdruk zoetwater coöperatie (Zoete Toekomst Texel, 2025)

2.6 Onzekerheid, terugverdiendtijd en investeringsbereidheid

Er is duidelijk sprake van onzekerheid met betrekking tot zowel de kosten als de baten. Deze onzekerheid kan op dit moment niet worden weggenomen door aanvullend onderzoek, modelstudies of vergelijkbare analyses. De inzichten in kosten en baten die momenteel beschikbaar zijn, vormen daarmee het best mogelijke uitgangspunt en dienen te worden benut voor verdere doorontwikkeling. Deze situatie hangt voornamelijk samen met het stadium van ontwikkeling waarin het systeem zich bevindt; er is nog geen sprake van marktklare producten.

Tegelijkertijd is het duidelijk dat er investeringsbereidheid bestaat bij agrarische ondernemers en dat zij bereid zijn om verdere stappen te zetten. Deze signalen zijn met name in de afgelopen twee jaar opgevangen en uitte zich onder andere in verzoeken om offertes, het meedenken over subsidievragen, het gezamenlijk verkennen van te nemen stappen zoals het eerst aanleggen van systeemgerichte drainage, het grote aantal aanmeldingen voor de pilot ondergrondse waterberging, de interesse vanuit boeren tijdens verschillende bijeenkomsten, praktijkgerichte vragen over bijvoorbeeld het uitvoeren van sonderingen die ook in een later stadium bruikbaar zijn, en verzoeken om veldbezoeken bij lopende pilots, zoals op Texel.