

Deltares

Enabling Delta Life



Droge kost

innoveren op droogte en watertekort



Droge Kost

innoveren op droogte en watertekort

Voorwoord

Het waterbeheer in Nederland is op hoofdlijnen op orde. We zijn veilig en we hebben voldoende en relatief schoon water. Met het oog op de klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling is het echter de vraag of dat zo blijft. De meest recente klimaatscenario's geven aan dat er in Nederland in de toekomst vaker aanhoudend droge, warme zomers kunnen optreden die aanleiding geven tot watertekorten. Maar dat het niet iets is wat uitsluitend in de toekomst speelt, hebben de zomers van 1976 en 2003 ons geleerd. Het is van belang dat we onze waterhuishouding met het oog op toekomstige ontwikkelingen op orde hebben. Problemen op het gebied van veiligheid, zoetwatervoorziening, verzilting en een veranderend watergebruik vragen om nieuwe oplossingen. Daarbij zijn creativiteit en innovatief denken sleutelwoorden.

Op initiatief van WINN (Waterinnovatie Rijkswaterstaat Waterdienst en Deltares) is vanuit het thema 'Droogte' een inspiratieboekje voor droogte-innovaties samengesteld. Het prettig leesbare boekje schetst een palet aan innovatieve maatregelen die kunnen inspireren om de droogteproblematiek te lijf te gaan. Het inspiratieboekje streeft geen compleetheid na, maar geeft een korte bloemlezing van concrete en minder concrete ideeën.

Dit boekje draagt als titel "Droge kost" en roept misschien herinneringen aan de schooltijd op. Echter, de inhoud van dit boekje werpt een blik op de dynamische toekomstmogelijkheden van waterbeheer. Ik hoop daarom van harte dat dit boekje waterbeheerders van Rijkswaterstaat, waterschappen, provincies, gemeenten, NGO's en het bedrijfsleven zal inspireren en daarmee bijdraagt aan een constructieve en innovatieve uitwerking van het Deltaprogramma dat we samen in Nederland gaan vormgeven.

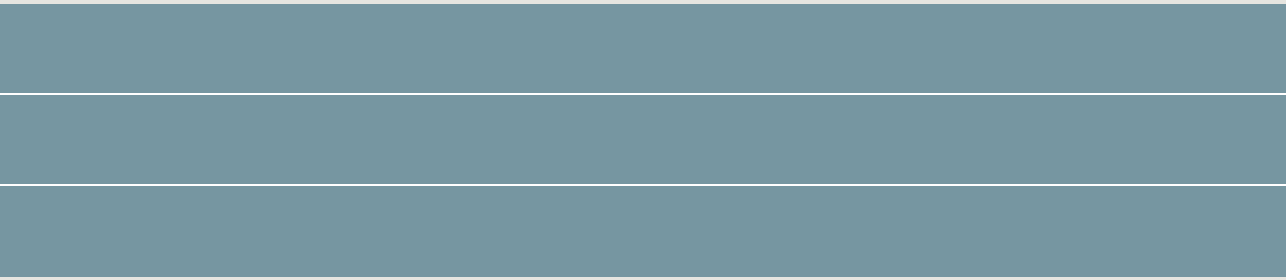
Ik wens u veel leesplezier.



Mr. R.J. (Rein) van der Kluit
Hoofdingenieur-directeur Rijkswaterstaat Zeeland, en sponsor van het Cluster Waterveiligheid v.h. RWS-Corporate Innovatie-Programma

Inhoudsopgave

	Inleiding	7
1	Watertankers	15
2	Strategische waterberging in de diepte	19
3	Serious gaming	23
4	Eco-labeling met water footprints	27
5	Grensoverschrijdende droogteaanpak	31
6	Droogte-afhankelijke watertarieven	35
7	Innovatieve ontzilting	39
8	Buienradar voor droogte	43
9	Droogteschip	47
10	Waterhouderij	51
11	Sensoren om droogteschade te voorkomen	55
12	Verzekeringen tegen 'natjes' en 'droogjes'	59
13	Beperken van zoutindringing in riviermondingen	63
14	Achteroevers	67
15	Ondergrondse hydraulische barrière	71
16	Droogtesessies	75
17	Water uit de wal	79
18	Bellenschermen en andere sluisaanpassingen	83
19	Peilgestuurde drainage	87
20	De Zoetblijver	91
	Nawoord	95
	Afkortingen	97
	Referenties	99
	Bijlage: Overige droogte-maatregelen	101
	Colofon	104



Inleiding

Doel van 'Droge kost'

Nederland heeft te kampen met problemen, ontstaan door droogte. Wie Nederland ziet als een land waar regelmatig regenbuien vallen, in een overwegend groen landschap met daarin een overvloed aan oppervlaktewater kan zich dit moeilijk voorstellen. Toch is het waar. En de verwachting is dat de frequentie en duur van droogte in de toekomst als gevolg van de klimaatverandering zullen toenemen.

Het doel van dit boekje is waterbeheerders en ook andere waterbelanghebbenden en betrokkenen te inspireren om samen de droogteproblematiek aan te pakken en creatieve, duurzame en effectieve oplossingen te bedenken. Waterbelanghebbenden zijn bijvoorbeeld de landbouw, de binnenvaartsector, het natuurbeheer, de drinkwatervoorziening en andere waterafhankelijke sectoren zoals industrie en recreatie.

We hebben verschillende inspirerende droogte-innovaties in de etalage gezet. Die droogte-innovaties variëren van maatregelen die zich in het buitenland hebben bewezen maar hier nog onbekend zijn, tot Hollandse innovatieve technologiepareltjes, die wachten op brede toepassing, of nog prille ideeën en concepten die nog nadere uitwerking nodig hebben.

Droogte in het nog natte kikkerlandje

Wat is droogte? Meteorologen definiëren droogte als een periode waarbij er significant minder neerslag valt op een gebied dan, het gemiddelde binnen die periode en dat gebied. Hydrologen en waterbeheerders ervaren droogte als een periode waarin als gevolg van een tekort aan wateraanvulling (via neerslag en rivieraanvoer) grondwaterstanden en afvoerdebieten beneden een gedefinieerde gewenste drempel zakken en waterreservoirs leeg raken. Agrariërs definiëren droogte eerder als een periode waarin er onvoldoende bodemvocht in hun percelen aanwezig is en gewasgroei wordt belemmerd. Socio-economische of maatschappelijke droogte is een onverwachte maar tijdelijk aanhoudend

tekort in het aanbod van water van voldoende kwaliteit. Hierdoor kan men niet in de watervraag voor landbouw en industrie voorzien. Ook bestaat dan de kans op onomkeerbare schade aan landschap en natuur.

In ieder geval manifesteren de gevolgen van droogte zich op veel verschillende manieren. Zo kan een vochttekort in de bodem, gewasgroei beperken. Een verminderde uitstroming van grondwater naar rivieren kan tot een omslag in ecosystemen leiden. Laag water in hoofdwatersystemen kan het transport over water en het inlaten van koelwater belemmeren. Het oppervlaktewater en grondwater kan door zoutindringing verzilten. Door veenoxidatie kan de bodem dalen. Droogtes komen vooral voor in zomerperiodes en de effecten daarvan kunnen worden versterkt door andere factoren zoals hitte en stof.

Droogte, watertekort en verdroging

Droogte zien we vooral als een calamiteit of in ieder geval als een niet gewenste gebeurtenis met een bepaalde duur. Watertekort is een structurele onbalans tussen het watergebruik in een sector of in een gebied en de daar aanwezige en toegankelijke hoeveelheid water met een gewenste kwaliteit. Hoewel droogte en watertekort dus niet hetzelfde zijn en ze in duur en mate van voorspelbaarheid verschillen, veroorzaken ze wel hetzelfde soort negatieve gevolgen. In dit inspiratieboekje gebruiken we geen harde grens tussen droogte en watertekort en spreken we in beide gevallen over droogte.

Verdroging is niet hetzelfde als droogte. Droogte is een tijdelijk terugkerend fenomeen (variërend van weken tot jaren) waarbij sprake is van een neerslaghoeveelheid lager dan normaal. Verdroging heeft betrekking op schade aan natuur als gevolg van het onttrekken van water aan de ondergrond ten behoeve van de landbouw en bijv. drinkwaterwinning. In tegenstelling tot droogte heeft verdroging betrekking op een structurele situatie.

Droogte en watertekort in Nederland, nu en straks

Voor Nederland, in zijn totaliteit, geldt dat het een waterrijk land is. We gebruiken minder dan 20% van het zoete water dat ons land ontvangt. Onze waterbeschikbaarheid is vooral hoog omdat de Rijn en Maas veel water aanvoeren. Zonder deze aanvoer zou de situatie totaal anders zijn. Echter op een kleinere schaal kennen we al wel waterschaarste. Zo is de verzilting van het water in delen van de zuidwestelijke delta al zo hoog dat het de mogelijkheden voor landbouw structureel beperkt.

Nederland heeft de afgelopen decennia enkele malen een periode van droogte ervaren, zoals in 1976 en in 2003. Op basis van studies^{1,2} (referenties achter in boekje) nemen we aan dat omstreeks 2050 extreem lage waterstanden in ongestuwde delen van Rijn en Maas en in lokale wateren evenals in het grondwater in hoog Nederland (zoals in het jaar 2003) jaarlijks zullen voorkomen. Modelstudies^{3,4} wijzen uit dat in bepaalde gebieden in Zuid-Holland bij gelijkblijvend landgebruik de verzilting van het grondwater toeneemt als gevolg van de verwachte zeespiegelstijging, bodemdaling en verandering in de netto grondwateraanvulling.

En leren uit het buitenland...

Iedereen kent beelden uit warme en droge gebieden, veelal ontwikkelingslanden, waar oogsten mislukken door droogte, vee sterft en waar mensen moeten vluchten voor een beter bestaan. Ook dichterbij is droogte een meer voorkomend fenomeen. Spanje, Griekenland en andere mediterrane landen kampen steeds vaker met droogte en watertekort. Deze landen gaan al langer en vaker met droogte en watertekort om. In Nederland kunnen we hiervan leren.

Echter het klimaat, de ondergrond en het waterbeheer van deze droogtegevoelige landen zijn anders dan in ons eigen land. Dit geldt zeker voor het laaggelegen deel van Nederland met haar polders. Bij de inventarisatie van droogte-innovaties is expliciet naar de veel in het buitenland toegepaste maatregelen gekeken. We hebben alleen die droogte-innovaties geselecteerd waarvan wij verwachten dat ze in de Nederlandse context passen.

Oplossingsrichtingen droogte-innovaties

Zoals gezegd bestrijken de gepresenteerde droogte-innovaties een breed palet aan mogelijke maatregelen ter inspiratie voor de verschillende manieren waarop we de droogteproblematiek kunnen benaderden.

Vraag en beschikbaarheid

Om de verschillende droogte-innovaties te kunnen rubriceren hebben we de facetten onderscheiden die relevant zijn bij het aanpakken van droogteproblemen. Zo onderscheiden we maatregelen gericht op het verhogen van de waterbeschikbaarheid en maatregelen die juist betrekking hebben op het verkleinen van de watervraag. Beide typen maatregelen leiden netto tot minder droogtegevoeligheid en watertekort.

Hard en zacht

Ook is onderscheid mogelijk naar harde en zachte maatregelen. Harde maatregelen vragen om veranderingen in de ruimtelijke inrichting en de verbetering en implementatie van technologieën en infrastructuur. Zachte maatregelen omvatten procesachtige activiteiten gericht op bewustwording, gedragsbeïnvloeding om de watervraag te sturen en institutionele veranderingen die leiden tot een betere voorbereiding op droogte.

Lokaal en internationaal

Daarnaast kunnen we droogtemaatregelen onderscheiden naar schaalniveau, afhankelijk van de schaalgrootte van de processen die droogte veroorzaken. Een individuele agrariër die droogte ervaart kan wellicht op *lokale* schaal maatregelen nemen en daarmee zijn risico's verkleinen. Andere maatregelen vragen juist om een aanpak op regionaal of zelfs *internationaal* niveau, bijvoorbeeld het gehele stroomgebied van de Rijn.

Structureel en calamiteit

Naast het ruimtelijke schaalniveau kunnen we ook een onderscheid maken naar het temporele schaalniveau. Droogte heeft een tijdelijk karakter en is onvoorspelbaar terwijl waterschaarste structureel van aard is en daarmee beter beheersbaar. Deze verschillen vragen ook verschil in houding en aanpak van waterbeheerders.

Tegen en acceptatie

Uiteindelijk kunnen we nog een laatste onderscheid maken. Gaan we de droogte *tegenwerken* met maatregelen, of *accepteren* we de droogte? In het eerste geval voorkomen vooral technologische en infrastructurele aanpassingen dat droogte ontstaat of dat functies schade van droogte ondervinden. In het laatste geval vindt aanpassing aan droogte plaats door het overstappen naar functies die minder droogtegevoelig zijn, het verplaatsen van droogtegevoelige functies naar gebieden waar droogte niet of minder voorkomt of door het bestaan van droogte te accepteren en de schade ervan financieel te compenseren.

Voor de verschillende beschreven droogte-innovaties is met behulp van het figuur op de volgende pagina aangegeven om wat voor type maatregel het gaat.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

De assen met bolletjes geven de vijf manieren weer waarop we de maatregelen onderscheiden. Bijvoorbeeld watervraag versus waterbeschikbaarheid, harde versus zachte maatregelen enzovoort. Hieronder zijn ze kort toegelicht.

Vraag:	gericht op het beperken van de watervraag/behoefte;
Beschikbaarheid:	gericht op het verhogen van de waterbeschikbaarheid;
Hard:	betreft het gebruik/implementatie van technologie of infrastructuur;
Zacht:	heeft betrekking op een niet-technisch product (bewustwording, samenwerking, proces);
Lokaal:	qua ruimteschaal gericht op perceelsniveau;
Internationaal:	qua ruimteschaal gericht op een (inter)nationaal (deel)stroomgebied;
Structureel:	gericht op het structureel verhogen van de waterbeschikbaarheid of het structureel beperken van (de groei van) de watervraag;
Calamiteit:	gericht op het beheersen van de tijdelijke tekorten die tijdens droogte kunnen optreden;
Tegen:	gericht op bestrijding van droogte en watertekort;
Acceptatie:	accepteert het voorkomen van droogte maar compenseert de schade ervan.

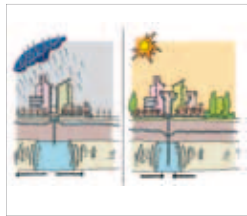
Het is natuurlijk mogelijk dat een maatregel niet helemaal hard of zacht is maar een combinatie ervan. In dat geval zijn verschillende bolletjes gekleurd. Wanneer de categorie niet echt van toepassing is bij een maatregel, is geen enkel bolletje gekleurd. Een droogteverzekering leidt bijvoorbeeld noch tot meer waterbeschikbaarheid noch tot beperking van de watervraag. De droogte-innovaties zijn met zorg ingedeeld. Wij hopen de lezer hiermee uit te dagen dit te toetsen en na te denken over bredere toepassing.

Leeswijzer

Dit boekje bevat twintig beknopte beschrijvingen van droogte-innovaties die in samenspraak met RWS, DLG, LTO, de binnenvaartsector en Unie van Waterschappen zijn geselecteerd. Het boekje biedt een breed palet aan droogte-innovaties waar waterbeheerders mee aan de slag kunnen. De beschrijvingen zijn los van elkaar te lezen. De titel, de korte beschrijving, de cartoons en de bijgevoegde schema's van de type innovatie kunnen u helpen om snel en selectief te lezen.



1 Watertankers



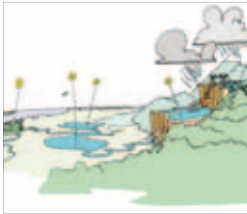
2 Waterberging



3 Serious Gaming



4 Eco-labeling



5 Droogteaanpak



6 Watertarieven



7 Ontziltling



8 Buienradar



9 Droogteschip



10 Waterhouderij



11 Sensoren



12 Verzekeringen



13 Zoutindringing



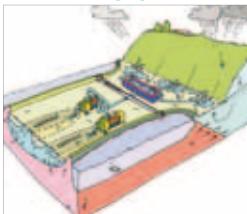
14 Achteroevers



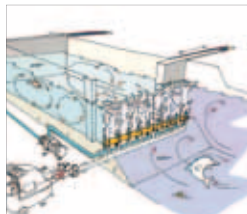
15 Hydraulische barrière



16 Droogtesessies



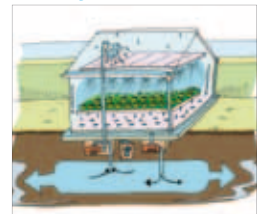
17 Wal



18 Bellenschermen



19 Drainage



20 Zoetblijver



Watertankers

1

Droogte, beschouwd als een acuut en onverwacht voorraadprobleem, kent eigenlijk maar één oplossing: transporteer water van een plek met een teveel aan water naar de plek waar een tekort aan water is.

Principe

Deze droogte-innovatie maakt *ad hoc* gebruik van geïmproviseerde maatregelen als zich onverwachts een droogtecalamiteit voordoet. Alles waarmee je water kunt vervoeren, zoals tankwagens, treinwagons en watertankers, is bruikbaar om aan de acute en urgente watervraag te voldoen.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

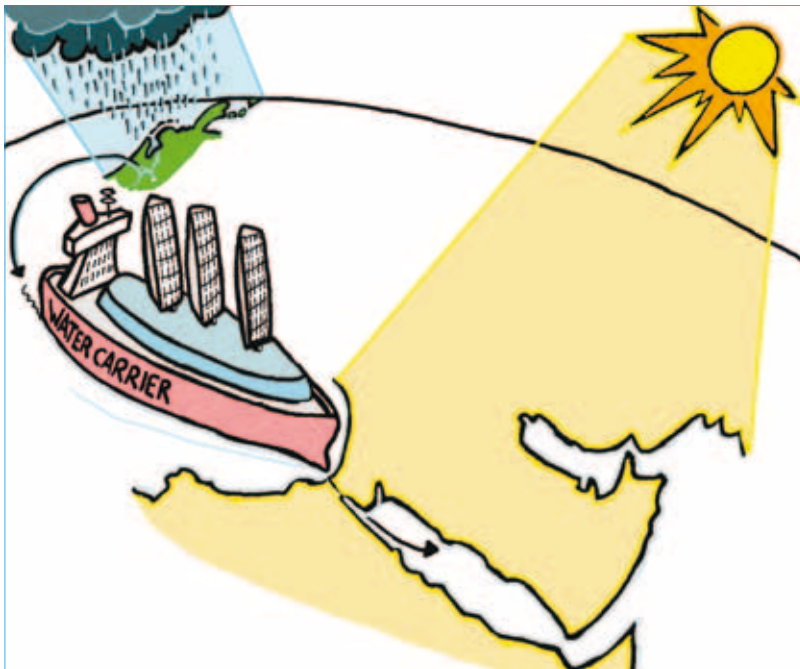
Case studies

In het voorjaar van 2008 kampte Barcelona met een ernstige droogte. Voorraden uit bovenstroomse reservoirs waren uitgeput en er was onvoldoende drinkwater voorradig voor de bewoners en de vele toeristen. Aanvulling vanuit een naastgelegen rivierbekken bleek politiek onmogelijk. Uiteindelijk ontving Barcelona grote hoeveelheden zoet water via zeetransport vanuit Tarragona, Marseille en een ontziltingsfabriek in Almería. Niet goedkoop! De kosten bedroegen 22 miljoen euro om 2,6 miljoen kubieke meter te vervoeren. Dit komt neer op 8,5 euro per kubieke meter drinkwater. Ter vergelijking, in Nederland kost één kubieke meter drinkwater circa 1,45 euro.

Ook dichterbij huis zien we recent nog voorbeelden van bulktransport. In april 2007 voerden Zeeuwse boeren met gehuurde tankwagens grote hoeveelheden water aan vanuit West-Brabant om tijdens de kwetsbare start van het groei-seizoen de urgente droogte op te lossen. De kosten bedroegen ongeveer vijf euro per kubieke meter. Ondanks de hoge kosten rechtvaardigt dit soort bulktransport blijkbaar de urgente vraag. In Alaska zijn er zelfs commerciële plannen om water vanuit *The Blue Lake* via watertankers of in grote drijvende polytheenzakken naar India en het Midden-Oosten te transporteren. Het slagen van zulke bulkwatertransporten is niet alleen afhankelijk van een simpele kosten-batenvergelijking maar ook van allerlei nationale en internationale exportregels en niet te vergeten van voldoende draagvlak in de samenleving.

Toepasbaarheid in Nederland

Nederland heeft in het algemeen een wateroverschot en een goede haveninfrastructuur. Wellicht kan Nederland 'blauwe diensten' via watertankers en het Europese spoornetwerk aanbieden aan landen die in ernstige mate met droogte kampen. Het is interessant om te weten of het wenselijk en haalbaar is om 'Nederlands water' te exporteren om op die manier in de wereld droogteproblemen te bestrijden. De verwachting is dat de transportkosten vooral bepalend zijn voor de haalbaarheid.



Referentie

http://en.wikipedia.org/wiki/Water_export

Obeidi, A., Keith W. Hipel and D.M. Kilgour, 2002. *Canadian bulk water exports: Analyzing the sun belt conflict using the graph model for conflict resolution*, *Knowledge, Technology & Policy* Volume 14, Number 4, 145-163, DOI: 10.1007/s12130-002-1020-2



Strategische waterberging in de diepte

2

Waterberging in de diepte of ondergrondse waterberging gaat uit van het langdurig opslaan van grote volumes zoet water in ondergrondse watervoerende lagen in tijden van overschot zodat dit strategisch kan worden benut in tijden van tekort.

Principe

In perioden van wateroverschot ('s winters en in natte jaren) onttrekken we water aan het oppervlaktewater, of treffen we voorzieningen om regenwater op te vangen. Vervolgens brengen we dit water onder druk in een put die in contact staat met het grondwater in de diepe ondergrond. Zo ontstaat er een strategische 'voorraadbelt' waaruit we kunnen putten in tijden van watertekorten ('s zomers en/of in droge jaren).

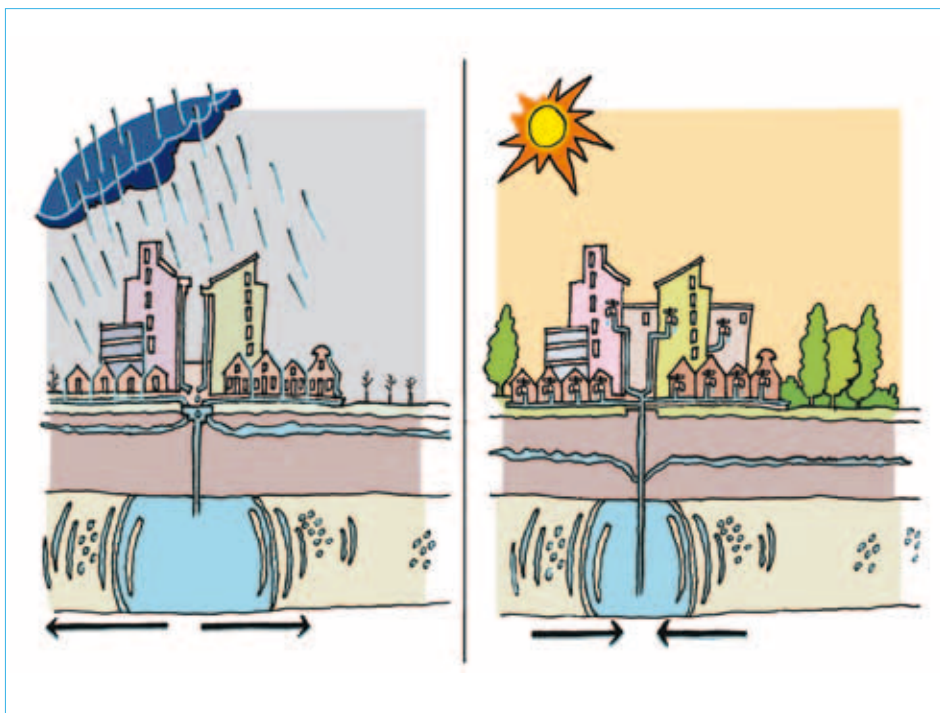
	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Case studies

In het buitenland wordt ondergrondse waterberging al veelvuldig toegepast, vooral voor de opslag van drinkwater en in de landbouw. Zo gebruiken boeren in Gujarat (India) hun gegraven putten (enkele 10-tallen meters diep) om tijdens de moesson het hemelwater dat van hun velden afstroomt in aquifers op te slaan. In Nederland vindt ondergrondse waterberging vooral plaats in relatie tot drinkwatervoorziening vanwege de zuiverende werking van de ondergrond. Maar daarnaast infiltreren we steeds vaker in bebouwd gebied hemelwater in de bodem. Hiermee voorkomen we na hevige buien wateroverlast op straat en in het rioolsysteem. Bijkomend voordeel is dat er extra grondwateraanvulling plaatsvindt en daarmee aan droogtebestrijding wordt gedaan. Het Nederlandse beleid op grondwaterbemalingen is erop gericht om grondwater als een strategische waterbron zoveel mogelijk te behouden. Wanneer grondwateronttrekkingen bepaalde drempels overschrijden, moet het water door middel van diepinfiltratie worden teruggebracht. Dit is bijvoorbeeld uitgevoerd binnen de gemeente Haarlemmermeer waar bemalingswater in diepe watervoerende lagen wordt geïnfilteerd. Ondergrondse waterberging is echter nog niet toegepast voor strategisch voorraadbeheer zelf.

Toepasbaarheid in Nederland

Waterberging in de diepte vormt een interessant alternatief in hellende gebieden en/of gebieden met tekort aan ruimte, omdat bovengrondse waterberging (op maaiveld of in oppervlaktewatersystemen) vaak tot conflicten leidt met bestaand gebruik. Voorwaarde is dat de opbouw van de ondergrond een dergelijke toepassing mogelijk maakt. Waterberging in de diepte is veelbelovend maar nog geen bewezen technologie. Er is een haalbaarheidsstudie beschikbaar voor de regio Haarlemmermeer met veelbelovende resultaten (technisch mogelijk en economisch aantrekkelijk). Ook juridisch gezien lijken er op voorhand geen overwegende bezwaren te zijn. Voor andere regio's zoals de Veluwe kan de haalbaarheid wellicht anders uitpakken of is een aangepaste techniek nodig.



Referentie

Houwing, E.T., Bremer, D.T., Kooiman, J.W., Brouwer, W., en A. Willemsen, 2005. *Waterberging in de diepte, Definitiestudie ondergrondse waterberging als aanvulling op waterberging op het maaiveld bij Zwaansbroek (gemeente Haarlemmermeer)*, hoofdrapport, Stichting Leven met Water



Serious gaming

3

Serious games zijn (computer)spellen die bijdragen aan het oplossen van complexe vraagstukken in de maatschappij. Zo zijn ze bijvoorbeeld prima in te zetten bij waterbeheer en droogte.

Principe

Droogte is een maatschappelijk complex probleem. Oplossingen hiervoor vragen veel creativiteit voor zowel de inhoud (kennis en techniek) als het proces (samenwerking tussen de vele belanghebbenden). De grootste uitdaging zit hem vaak in het proces. Hoe inhoud en proces goed op elkaar af te stemmen en alle belangen en opties af te wegen? En dan ook nog in dezelfde taal te spreken. Met serious games kunnen de belanghebbenden juist dit proces in een virtuele wereld oefenen.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Case studies

Voorbeelden van serious games in het waterbeheer zijn:

- *Climate Quest*, ontwikkeld door UNESCO-IHE om vooral jongeren bewust te maken van klimaatverandering en het effect daarvan op het waterbeheer.
- *CityOne*, een trainingssgame ontwikkeld door IBM voor professionals om met stedelijke uitdagingen zoals waterbeheer om te gaan.
- *De Waterverdeler* is een *serious game* bedoeld voor de geïnteresseerde burger. In het spel ben je watermanager en zorg je voor het waterbeheer. Als watermanager stuur je rivierwater dat ons land binnenstroomt naar de gebieden waar dat nodig is. Je voorkomt binnendringen van zout en het optreden van droogteschade in de zomer. Dat regel je allemaal met stuwen en sluizen in het hoofdwatersysteem. De Waterverdeler is onder de vlag van WINN ontwikkeld door RWS Waterdienst, Deltares, Tygron Serious Gaming en gesteund door Leven met Water.

Toepasbaarheid in Nederland

Serious gaming is sterk in opmars. Ook in het waterbeheer. *Games* bestaan er in verschillende vormen en zijn gemaakt voor professionals en leken, voor jong en oud. *Serious games* informeren, maken mensen bewust, trainen beheerders en maken complexe communicatie en beslisprocessen, actoren en belangen inzichtelijk.

Voordelen van serious gaming:

- Simulaties kosten veel minder dan tests in de werkelijkheid;
- Je kunt gemakkelijk varianten uittesten;
- Je kunt volop experimenteren en leren zonder je een buil te vallen;
- Het is leuk en slaat aan bij de moderne manier van beleving en communicatie;
- Het bereikt jongeren.

Daarnaast zijn er natuurlijk ook nadelen zoals ‘spelers’ die een game als een werkelijkheid ervaren.



Referentie

www.watervedeler.nl

Rijkswaterstaat Waterdienst, 2010. *Serious Gaming, Tool van de toekomst!* Verslag van de WINN/LEF werkconferentie gehouden op 11 februari 2010, Een initiatief van Rijkswaterstaat Waterdienst en Inspectie Verkeer en Waterstaat in samenwerking met Deltares en het LEF future center van Rijkswaterstaat.



Eco-labeling met water footprints

4

Een waterkeurmerk of eco-label maakt consumenten bewust van de hoeveelheid water die nodig is geweest om een bepaald product of dienst te produceren en tot bij de consument te brengen ('*water footprint*').

Principe

De wereld wordt steeds complexer en dat geldt zeker voor de productie- en transportketens van de producten (of de diensten) die wij kopen. Als consument weten we hier steeds minder over en dus ook over de mogelijk negatieve gevolgen voor het watergebruik van onze consumptie.

Het *Water Footprint Network* berekent *water footprints* voor producten, het dagelijks leven van personen, bedrijven en landen. Zo 'kost' een kilo rundvlees circa 10.000 liter water en een kilo graan 1.000 liter. Een liter bier uit Zuid-Afrika heeft een *water footprint* van 150 liter terwijl een Tsjechische brouwer het met slechts 45 liter kan produceren.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Keurmerken voorzien de consument op eenvoudige wijze van informatie over de *water footprint* van het product of de dienst, zodat deze een bewuste keuze kan maken. Door een product met een lagere *footprint* te kiezen draagt de consument bij aan het verlagen van het watergebruik.

Case studies

Keurmerken worden op vele terreinen succesvol toegepast, zowel nationaal als internationaal. Enkele bekende voorbeelden:

- Voor veiligheid van de consument: Ik kies bewust, KEMA-keurmerk;
- Voor betrouwbaarheid van bedrijven en diensten: Fair trade, child labour free;
- Milieuvriendelijk: FSC-hout keurmerk, EKO keurmerk, EU Eco-label.

Toepasbaarheid in Nederland

Er zijn veel toepassingen te bedenken voor een waterkeurmerk in Nederland. Belangrijk is dat men beseft dat niet alleen consumptieproducten uit de supermarkt baat hebben bij een eco-label, maar ook volledig andere soorten diensten of producten. Wateronttrekkende industrieën zouden bijvoorbeeld een waterkeurmerk kunnen krijgen als zij waterbesparende maatregelen nemen om hun producten te genereren. Ook de *water footprint* van bepaalde typen landgebruik kan worden getoetst en gelabeld. Als we bijvoorbeeld graag willen dat waterdoorspoeling zoutindringing tegengaat waardoor het water zoet blijft, dan heeft die keus een bepaalde *water footprint*.



Referentie
www.waterfootprint.org



Grensoverschrijdende droogteaanpak

5

De *West European Climate Corridor (WECC)* is een voorstel tot grensoverschrijdende samenwerking om droogteproblematiek aan te pakken op de schaal van het Rijnstroomgebied.

Principe

De *West European Climate Corridor (WECC)* is gebaseerd op principes die het huidige waterbeheer typeren. Het gaat ervan uit dat oplossingen voor droogte (zoals ervaren in Nederland) in het gehele Rijnstroomgebied liggen. Dus ook helemaal bovenstrooms in Zwitserland. Oplossingen liggen in de rivier zelf, in meren, het grondwater en ook in de bodem. Dit zijn immers gekoppelde systemen. Ze vormen onderdeel van een geheel. In grote lijn gaat het om het vertragen van de waterafvoer door het water langer aan de bron vast te houden en om een meer natuurlijke regulering van de afvoer door de bufferwerking te versterken van het landschap.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

WECC gaat uit van de multifunctionaliteit van mogelijke maatregelen die tegelijkertijd hoogwaterproblematiek, droogte, CO₂-reductie en natuurherstel combineren. Het probeert mee te koppelen met al ingezette andere initiatieven en beleid op het gebied van water, natuur en ruimtelijke ontwikkeling.

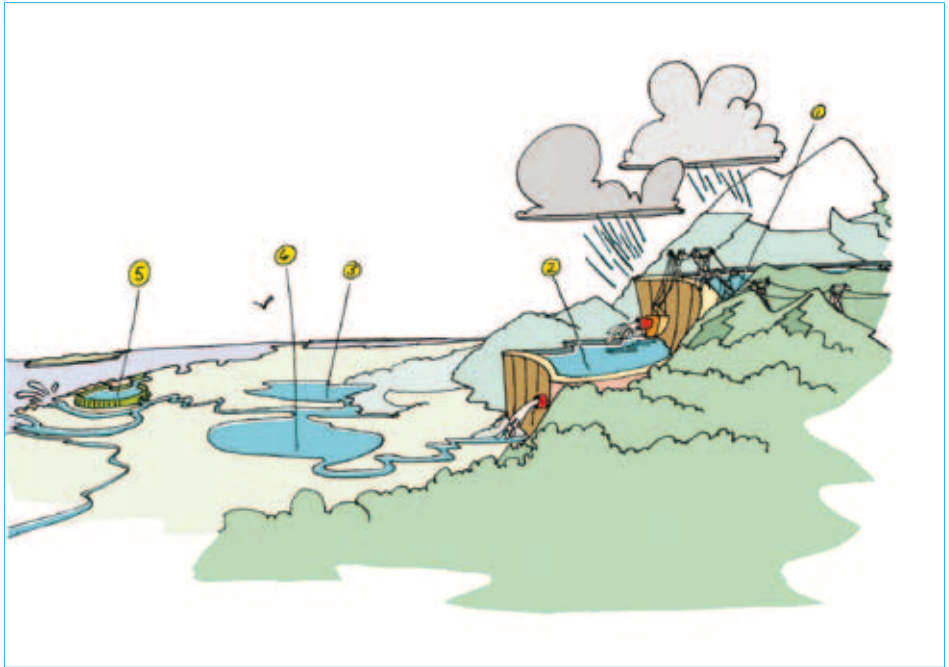
Case studies

De studie verkent onder andere de inzet van stuwmuren in de Alpen (1, 2 nummers verwijzen naar cartoon op volgende pagina), berging in de Bodensee, berging in de haarvaten van de Rijn (3) en in het grondwatersysteem in uitgestrekte gebieden in Duitsland als mogelijke maatregelen. Het plaatst dat naast Nederlandse voorbeelden zoals Ruimte voor de Rivier (4) en berging in het IJsselmeer (5).

Toepasbaarheid in Nederland

Het aanpakken van de droogteproblematiek vraagt niet louter om een Nederlandse aanpak maar juist om een internationale samenwerking. Droogte is binnen het stroomgebied van de Rijn immers een *'common issue'* (treft deels ook de bovenstroomse landen) en een grensoverschrijdende kwestie (internationaal waterbeheer).

De *West-European Climate Corridor* is een goed voorbeeld van een Nederlandse belanghebbende in het waterbeheer (in dit geval de Provincie Gelderland) die proactief en in een internationaal verband oplossingen onderzoekt voor de droogte- en laagwaterproblematiek. Natuurlijk zijn er meer van deze initiatieven. Zo stuurt ook de Europese Unie via de Kaderrichtlijn Water aan op oplossingen op stroomgebiedsniveau door te vragen om *'Drought Management Plans'*. Bundeling van de initiatieven en samenwerking tussen de verschillende Nederlandse waterbeheerders met buitenlandse waterbeheerders spreekt daarbij vanzelf.



Referentie

Royal Haskoning, 2010. *West European Climate Corridor, Onderbouwing van watergerelateerde aspecten*, iov Provincie Gelderland



Droogte-afhankelijke watertarieven

6

Bij droogte-afhankelijke watertarieven zijn de kosten van watergebruik afhankelijk van de mate van droogte die op die locatie en in die periode heerst. De economische prikkel maakt de watergebruiker bewust van het tekort aan water en verleidt hem tot zuiniger gebruik.

Principe

In veel landen betalen mensen voor het gebruik van water niets of slechts een deel van de kosten om het water tot aan de consument te brengen. De reden hiervoor is dat de meeste samenlevingen vinden dat iedereen over schoon water voor consumptie en huishoudelijk gebruik moet kunnen beschikken. Maar als water niets kost gaan gebruikers er minder zuinig mee om en wordt het beschikbare water niet op de economisch meest optimale manier ingezet.

Dit principe baseert zich op het uitgangspunt dat we water kunnen zien als een economisch goed en dat het beprijzen van waterconsumptie en andere vormen van watergebruik leidt tot zuiniger en effectiever gebruik.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

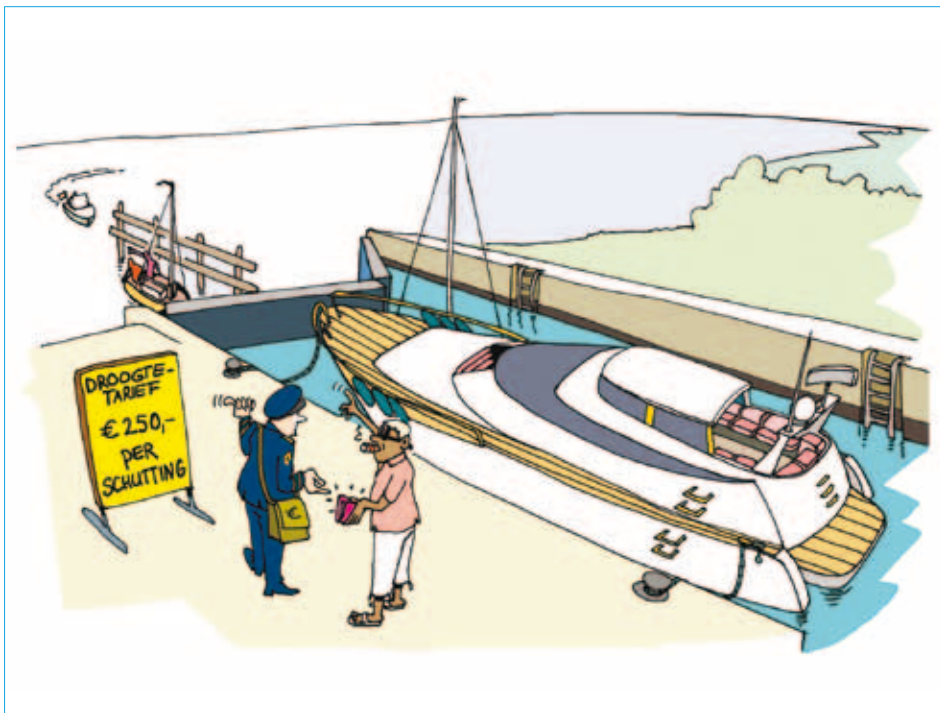
Case studies

Vanwege politieke gevoeligheid zijn maar weinig landen bereid om waterbeprijzing als economische prikkel te hanteren voor het managen van de watervraag. Een wereldwijd onderzoek^{5,6} in 2008 naar watertarieven laat zien dat watertarieven de laatste jaren maar zeer beperkt zijn gestegen. Verder toont het onderzoek aan dat watertarieven veelal niet afhankelijk zijn van de mate van watertekort. Consumenten in waterschaarse delen van de VS en in het Midden-Oosten betalen veel minder voor hun water dan gebruikers in Noordwest-Europa. Slechts weinig landen beprijsen de landbouwberegening terwijl de agrarische sector juist een grote watergebruiker is.

Toepasbaarheid in Nederland

Droogte-afhankelijke watertarieven zijn in Nederland toepasbaar bij het watergebruik door huishoudens. Droogtevariabele tarieven maken burgers bewust van de schaarste en prikkelen hen tot zuiniger gebruik. Dit systeem werkt vooral als het bemeteren van de waterconsumptie over korte tijdsintervallen gebeurt en als de consument inzicht heeft in zijn watergebruik. Huishoudens kunnen zien of er droogte heerst op publiekelijk toegankelijke *Drought Early Warning Systems* (zie Buienradar voor droogtes).

Dit systeem van droogte-afhankelijke watertarieven is voor waterbeheerders interessant als we niet alleen waterconsumptie maar ook andere waterdiensten beprijsen en deze door de gebruiker laten betalen. Gedacht kan worden aan het laten betalen voor het inlaten van koelwater gedurende droogtes en het schutten van die sluzen waarbij waterverlies optreedt. De vraag die dan meteen rijst is wie de uiteindelijke klanten zijn van dit soort waterdiensten. Immers de gebruiker betaalt.



Referentie

Anonymous, 2010. *Water metering and Billing*, Waterbiz, Vol. 2 (2), pag. 16-17



Innovatieve ontzilting

7

Innovatieve ontziltingstechnieken vergroten de waterbeschikbaarheid in kwetsbare gebieden. Het is kosteneffectief en duurzaam.

Principe

De ontziltingstechnologie heeft zich de afgelopen jaren sterk ontwikkeld en wordt steeds breder toegepast. Het basisprincipe achter deze technologie is dat je uit zout water, zoet water kan maken door het te laten verdampen (distillatie) of door het door een membraanfilter te sturen dat het water doorlaat en het zout tegenhoudt. Er is echter veel energie nodig om uit zout water zoet water te maken. Ook het restproduct van ontzilting, de 'brijn' met zeer hoge zoutconcentraties heeft negatieve effecten op het milieu als daar niet slim mee om wordt gegaan.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Innovaties in de ontziltingstechnologie richten zich daarom op:

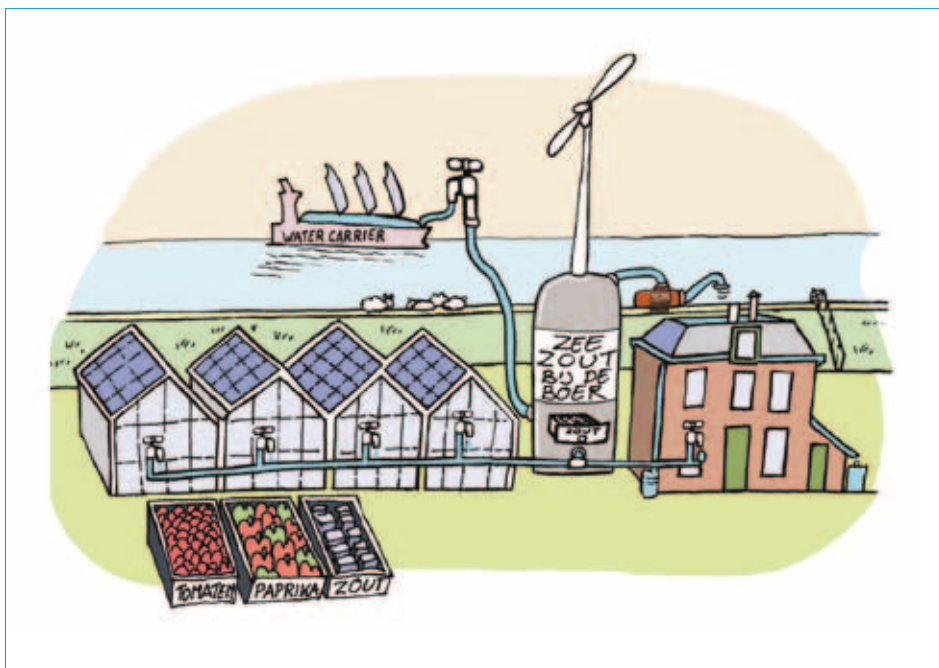
- Het verminderen van de energiebehoeften van de verschillende ontziltingsprocessen;
- Het gebruik maken van slimme energiebronnen anders dan fossiele brandstoffen zoals wind- en zonne-energie, aardwarmte en het slim gebruiken van restwarmte of afvalwarmte uit andere industrieprocessen (co-generatie);
- Het slim positioneren zodat zij minder negatieve milieueffecten geven.

Case studies

Ontwikkelingen in de membraantechnologie, zoals door TNO en NORIT uitgevoerd, hebben geleid tot ultra-filtratie en nano-filtratie met een lage energieconsumptie. Technologieën zoals *Aquastill* en *Memstill* combineren distillatieprocessen met membraantechnologie en gebruiken deels afvalwarmte als energiebron. *Het Dutyion Root Hydration System* is een slim landbouw-irrigatiesysteem bestaande uit een netwerk van ondergrondse pijpjes. Door verschillen in vochtgehalten diffundeert het door pijpjes aangevoerde brakke water door de pijpwanden naar de bodem. De pijpwand dient als filter waardoor het zout achterblijft. De *Water Pyramid* bestaat uit een pyramidevormige tent die met zonne-energie brakwater destilleert (vooral geschikt voor de tropen en subtropen).

Toepasbaarheid in Nederland

De *Dutch Rainmaker* gebruikt windenergie om het ontziltingsproces te sturen. De ontwikkelde windturbine kan circa 60 m³ per dag ontzilten. Dit kan decentraal op elke plek waar wind en zout water aanwezig is en zonder veel ruimtebeslag en energiekosten. Wind is in Nederland goed voorhanden. Wellicht dat Nederlandse boeren in gebieden met brak en zout grondwater hiermee een waterhouderij kunnen vullen (zie blz. 24). Aanvoer van zoet water uit andere gebieden kunnen we daar dan beperken.



Referentie

www.dutchrainmaker.nl



Buienradar voor droogte

De 'buienradar voor droogte' is een computersysteem dat, op basis van meteorologische en hydrologische metingen, de huidige mate van droogte weergeeft. Het voorspelt hoe die zich ontwikkelt en communiceert dit effectief aan belanghebbenden.

Principe

De buienradar voor droogte combineert gegevens uit verschillende meetnetten met de voorspellende kwaliteit van computermodellen in de meteorologie en hydrologie. Droogtevoorspellingen starten veelal met weersvoorspellingen door meteorologische instituten. Door deze waarden als input te gebruiken in verschillende typen hydrologische modellen worden allerlei watervariabelen voorspeld zoals waterstanden, watertemperatuur, stroomsnelheden in het riviersysteem en bodemvochtgehaltes in het ondiepe bodemprofiel en grondwaterstanden in de diepere ondergrond.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

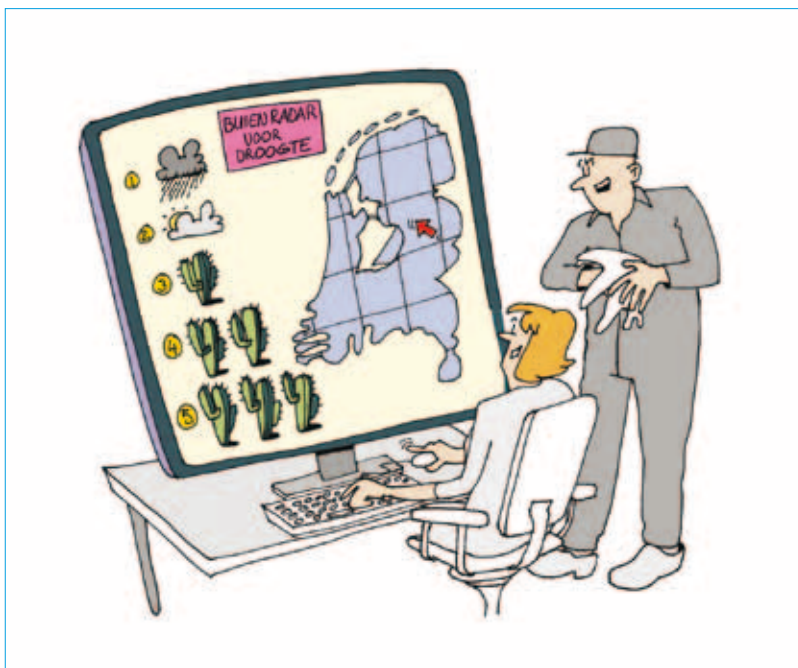
Gekoppelde modellen die vervolgens plantgroeistress, zoutindringing in rivieren en grondwater, bosbrandgevaar, ecosysteemgezondheid, eutrofiëring, voedselbeschikbaarheid simuleren, completeren de droogtevoorspelling. De waarde van zo'n droogtevoorspelling stijgt als we deze continu, snel en overtuigend met waterbeheerders, boeren, scheepvaartsector, natuurbeheerders communiceren. Goede droogte-indicatoren en toegankelijke *real-time* ICT-systemen kunnen dit faciliteren.

Case studies

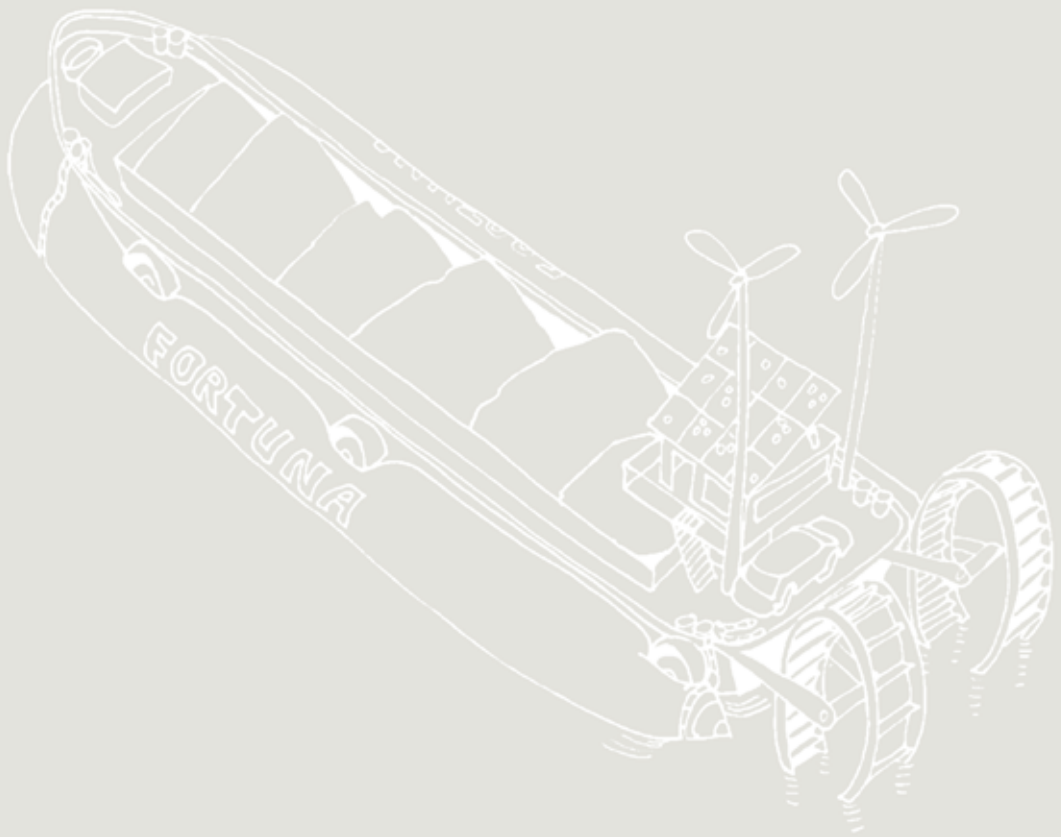
De ontwikkeling en toepassing van DEWS-systemen (*drought early warning systems*) is mondiaal zeer actueel. Weerinstellingen zoals het KNMI, VN-organisaties zoals de FAO, kennisinstellingen, waterbeheerders en ontwikkelingshulporganisaties zijn alle bezig DEWS-systemen te ontwikkelen.

Toepasbaarheid in Nederland

Gedurende perioden van droogte adviseert de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling (LCW) op welke manier het beschikbare water wordt toegewezen aan de diverse gebruikers. Informatie over huidige en toekomstige waterbeschikbaarheid ondersteunt deze beslissing. Het Nationaal Hydrologisch Instrument (NHI) dat deze informatie genereert, is een verzameling modellen die dagelijks wordt ingezet en bestaat uit een landsdekkend distributiemodel en een oppervlaktewatermodel. Deze zijn gekoppeld met een eveneens landsdekkend model voor de verzadigde en onverzadigde zone. Het NHI krijgt zijn meteorologische input van gemeten en voorspelde neerslag en verdamping. Het instrument geeft ook inzicht in de actuele en voorziene watervraag door verschillende sectoren. Het gehele systeem is geoperationaliseerd binnen een operationeel voorspellingssysteem om gegevens en modellen te beheren in een *real-time* omgeving. RWS is één van de Nederlandse partijen die het NHI-*Drought Early Warning System* ontwikkelt en toepast.



Referentie
www.nhi.nu



Droogteschip staat voor een stelsel van oplossingsrichtingen die de binnenvaartsector kan aanwenden voor het omgaan met laagwaterproblematiek en gaat uit van de zelfredzaamheid van de sector.

Principe

Op basis van studies wordt aangenomen dat omstreeks 2050, uitgaande van het droge klimaatscenario, jaarlijks extreem lage waterstanden zoals die van het jaar 2003 zullen voorkomen. Dit gegeven in combinatie met een vlootontwikkeling van steeds grotere schepen met meer diepgang leidt tot een grotere gevoeligheid voor laagwater bij de binnenscheepvaart. De binnenvaartsector die zich daar rekenschap van geeft is daarom ook zelf op zoek naar verschillende oplossingen om met deze problematiek om te gaan. Hetzelfde geldt voor hoogwater, wat mogelijk een nog groter vervoersprobleem vormt.

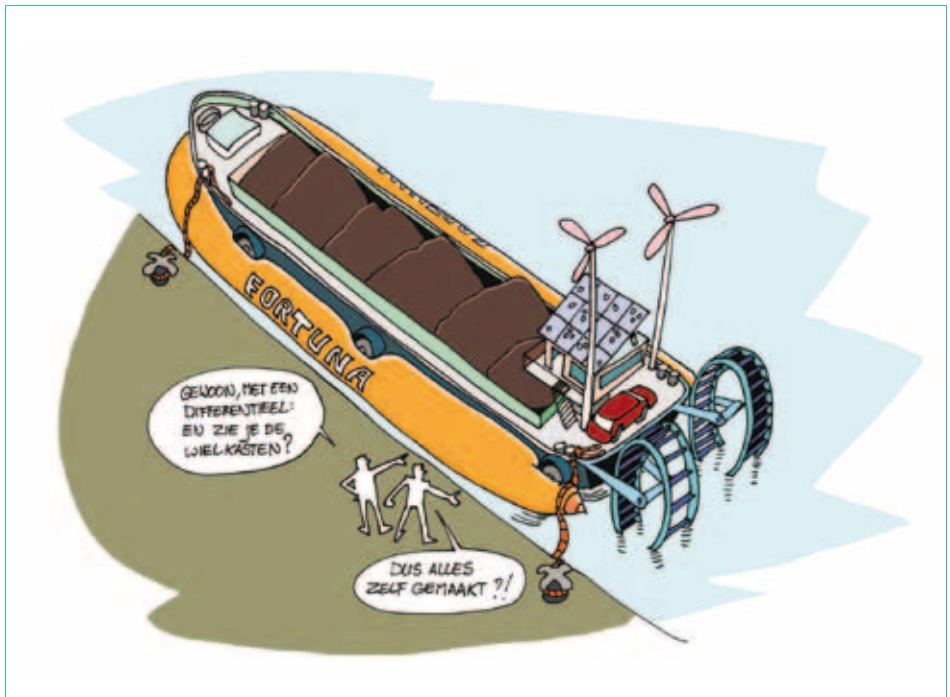
	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Case studies

Binnen de binnenvaartsector leven verschillende oplossingsrichtingen voor het omgaan met laagwater. Voorgestelde infrastructurele oplossingsrichtingen zijn het verhogen van de terugpompcapaciteit bij sluizen zodat schutverliezen worden beperkt en de schutfrequentie bij laagwater niet naar beneden hoeft. Logistiek gezien liggen oplossingen in het gedurende laagwater per dag langer varen en het garanderen van voldoende reservecapaciteit aan schepen en schippers. De oplossing om bij laagwater halfbeladen te varen hoeft voor de schipper niet direct ongunstig te zijn. De dan verhoogde vraag naar schepen drijft de vervoersprijs op. Ontwikkelingen in ITC, waarbij op elk moment de laagwatersituatie, scheepsposities, capaciteit van havens en sluizen bekend zijn, maken slim logistiek plannen mogelijk. DSM in Limburg heeft een dergelijk systeem al operationeel om hun vervoer over de Maas te optimaliseren. Vanzelfsprekend kan de laagwaterproblematiek deels ook worden beperkt door schepen te ontwerpen die minder diepgang hebben en sneller kunnen varen. Gebruik van lichtere materialen, twee kleine in plaats van één grote schroef en andere typen aandrijving die minder turbulentie veroorzaken illustreren hoe de binnenvaartsector zijn eigen productiemiddelen verbetert.

Toepasbaarheid in Nederland

De dienstbaarheid van publieke waterbeheerders zoals het bevaarbaar houden van waterwegen tijdens droogtes kent een grens. Waterbeheerders moeten deze belangrijke boodschap combineren met het stimuleren van de ‘zelfredzaamheid’ van private sectoren zoals de binnenscheepvaart maar ook landbouw. Niet alleen door *topdown* sturing maar vooral ook door als gelijkwaardige partner met die sectoren naar oplossingen te zoeken.



Referentie

Boschieter, C.G., 2005. *Klimaatverandering en binnenvaart. Effecten op de binnenvaart van meer extreemlage (en hoge) waterstanden op de Rijn*, Afstudeerscriptie faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Delft



Binnen de Waterhouderij werken grondbezitters, overheden en bewoners samen om het water tot 'de laatste druppel' te benutten. De Waterhouderij ontvangt, bewaart, bergt, gebruikt, bewerkt en levert water op een zodanige manier dat de aanvoer van water van elders niet nodig is.

Principe

De Waterhouderij organiseert en beheert wateropslaggebieden zodanig dat deze potentie heeft om uit te groeien tot een economisch aantrekkelijke activiteit voor agrariërs en andere betrokkenen. In een ambitieus vergezicht kan dit er als volgt uitzien: in een pilotgebied van 500 hectare richten agrariërs, andere ondernemers, grondeigenaren, gemeente, waterschap en gebiedsbewoners een coöperatie op, de zogeheten 'Waterhouderij'. Deze bergt het water voor het gebied na perioden van neerslag en houdt het neerslagoverschot vast om in het droge groeiseizoen (eventueel nieuwe) commerciële gewassen optimaal van water te voorzien.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Case studies

Eén van de pilot-studies wordt op Walcheren uitgevoerd. Dit gebied kende de afgelopen jaren in het voorjaar en de zomer het grootste neerslagtekort van Nederland. Bronnen voor zoet water zijn niet eenvoudig beschikbaar en dit resulteerde in droogteschade. Bij voldoende zoet water verwachten agrariërs in dit gebied een meeropbrengst van zeker 20% voor de huidige teelten. Ook eigenaren van landgoederen en natuurgebieden geven aan last te hebben van een tekort aan zoet water. Alle gebiedspartijen verkennen samen met overheidspartijen mogelijkheden voor het beheren van zoet water zonder wateroverlast te veroorzaken in natte perioden. Hierbij wordt o.a. gekeken naar mogelijke oplossingen voor het opvangen van zoet water uit de duinen, opslag van zoet water bij landgoederen, natuurgebieden inrichten als retentiegebied en water beter vasthouden in de bodem.

Toepasbaarheid in Nederland

De verwachting is dat in de toekomst extreme natte perioden worden afgewisseld met grotere perioden van droogte. Hierdoor neemt in sommige gebieden de kans op droogteschade (en/of zoutschade) toe. Toenemende watervraag tijdens droogtes verhoogt de druk op het hoofdwatersysteem. Door de zelfvoorziening van regio's te verhogen kunnen we wateraanvoerkosten besparen.

Deze problematiek speelt al in diverse gebieden. Zo is onder andere Tholen voor zijn zoet water afhankelijk van het nu nog zoete Volkerak-Zoommeer. Indien het Volkerak-Zoommeer zout wordt en Tholen zelfstandig de zoetwatervoorziening organiseert, hoeven geen dure investeringen te worden gedaan om Tholen via het hoofdwatersysteem te voorzien van zoet water.



Referentie
www.waterhouderij.nl



Sensoren om droogteschade te voorkomen

11

In een veld met gewassen kunnen meetinstrumenten *real time data* leveren over bodemvocht- en voedingsstofgehaltes. Een beslissingsondersteunend systeem (BOS) adviseert op basis van deze data de agrariër wanneer, waar en hoeveel water en kunstmest toe te dienen.

Principe

Voor een goede gewasontwikkeling zijn de juiste hoeveelheid bodemvocht en de aanwezigheid van voedingsstoffen van cruciaal belang. Vanzelfsprekend zijn deze waarden niet constant. Ze veranderen continu door verschillende processen zoals het weer en de mate van opname door de gewassen. In het verleden was het voor agrariërs vaak moeilijk om tijdige maatregelen te treffen door een gebrek aan harde informatie. Pas bij de oogst, bij langdurige droogte of als planten zichtbaar ziek waren, bleek dat de water- en nutriëntenhuishouding onvoldoende was geoptimaliseerd.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Ontwikkelingen in informatietechnologie en een toenemende kennis van agrohydrologie maken het steeds beter mogelijk om sensorinformatie van bijvoorbeeld een akkerland te combineren met andere informatie, zoals weersverwachtingen afkomstig van satellietdata. Een beslissingsondersteunend systeem (BOS) brengt deze informatie samen en analyseert deze. Uitkomst is een beheersadvies om te beregenen/irrigeren of om meststoffen toe te voegen.

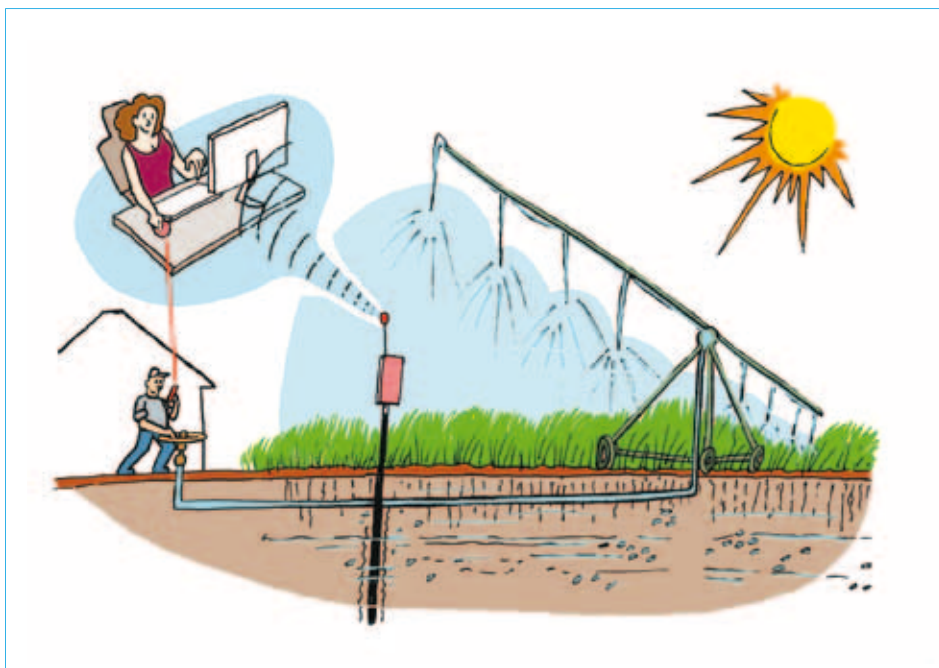
Case studies

In 2010 ontving de organisatie Dacom vanuit 'Partners voor Water' de innovatieprijs. Op basis van deze sensortechnologie levert Dacom online adviesdiensten aan akkerbouwbedrijven over de hele wereld. Met hun diensten kunnen telers gedurende het groeiseizoen hun teelt continu volgen en bijsturen. Uit verschillende studies blijkt dat dit leidt tot een waterbesparing én een grotere opbrengst. Zonder deze continue monitoring wordt vaak teveel beregend/geïrrigeerd, wat uitspoeling van nutriënten maar ook rot en ziektes veroorzaakt. Omgekeerd kan te laat beregenen of irrigeren bij droogte de oogst onherstelbaar beschadigen.

In het project WaterSense werken ongeveer 70 Nederlandse agrariërs en een groot aantal partners aan het ontwikkelen van een BOS voor waterkwantiteit- en kwaliteitbeheer. Ook hier meten honderden sensoren het bodemvocht. De resultaten worden gecombineerd met neerslagegegevens en weersverwachtingen. Een proefboerderij experimenteert met beregening, verschillende mestgiften en gewasbeschermingsmiddelen.

Toepasbaarheid in Nederland

De hier beschreven innovatie illustreert hoe individuele watergebruikers op perceelschaal droogteschade kunnen voorkomen. De technologie levert de gebruiker die informatie die nodig is om adequaat op droogte te kunnen anticiperen. Het verhoogt daarmee de veerkracht van een groep watergebruikers (in dit geval de agrariërs) en vermindert daarmee de afhankelijkheid van toevoer van zoet water via bijvoorbeeld hoofdwatersystemen.



Referentie

www.projectwatersense.nl, www.thesoilcompany.nl

Hadders, J., 2009. *Agri Yield Management, the next revolution in agriculture*, DACOM

www.partnersvoorwater.nl



Verzekeringen tegen 'natjes' en 'droogjes'

12

Verzekeringen keren een financiële vergoeding uit aan ondernemers met een inkomstenverlies dat ontstaat als ze hun werkzaamheden tijdens droogte niet kunnen uitvoeren of als er schade ontstaat aan hun verkoopproducten.

Principe

Met de verwachte klimaatverandering wordt de onzekerheid op het gebied van water alleen maar groter: men voorspelt een toename in *'extreme events'*. Meer overstromingen en droogtes betekenen inkomstenderving voor die ondernemers die voor hun bedrijfsvoering afhankelijk zijn van een gewenste watertoestand, zoals agrariërs en de binnenscheepvaart.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Acceptatie

Verzekeringen vormen al eeuwen een beproefd middel waarmee men zich indekt tegen onvoorziene hoge kosten. Het financiële risico van de verzekerde wordt gedekt, terwijl de verzekeraar potentieel grote winst kan maken. Ook op het gebied van water kunnen verzekeringen uitkomst bieden. Particulieren, boeren, maar ook waterschappen of Rijkswaterstaat zelf zouden zich kunnen verzekeren tegen waterschade zowel door overstromingen als door droogte.

De verzekeringsaanpak tegen droogte is gebaseerd op de aanname dat een deel van het droogterisico niet door middel van mitigatie en adaptatie is te voorkomen. Een belangrijk discussiepunt is de relatie tussen de verzekerde ondernemer, de verzekeraar en de waterbeheerder wiens taak het is om de gewenste watertoestand voor die ondernemers te realiseren.

Case studies

Akkerbouwers kunnen zich sinds 2010 verzekeren tegen alle weersafhankelijke schades bij extreme omstandigheden voor gewassen in het open veld. LTO en Achmea bundelden zich tot de 'Onderlinge Weerschade Verzekering.' Ook in ontwikkelingslanden past men water-gerelateerde verzekeringen met succes toe. In onder meer Kenia en Ethiopië bieden verschillende bedrijven en fondsen verzekeringen aan kleine boeren in gebieden waar droogte gemakkelijk oogsten en veestapels aantast. Met behulp van satellietbeelden controleert de verzekeraar op afstand of de geclaimde schade inderdaad door droogte is veroorzaakt.

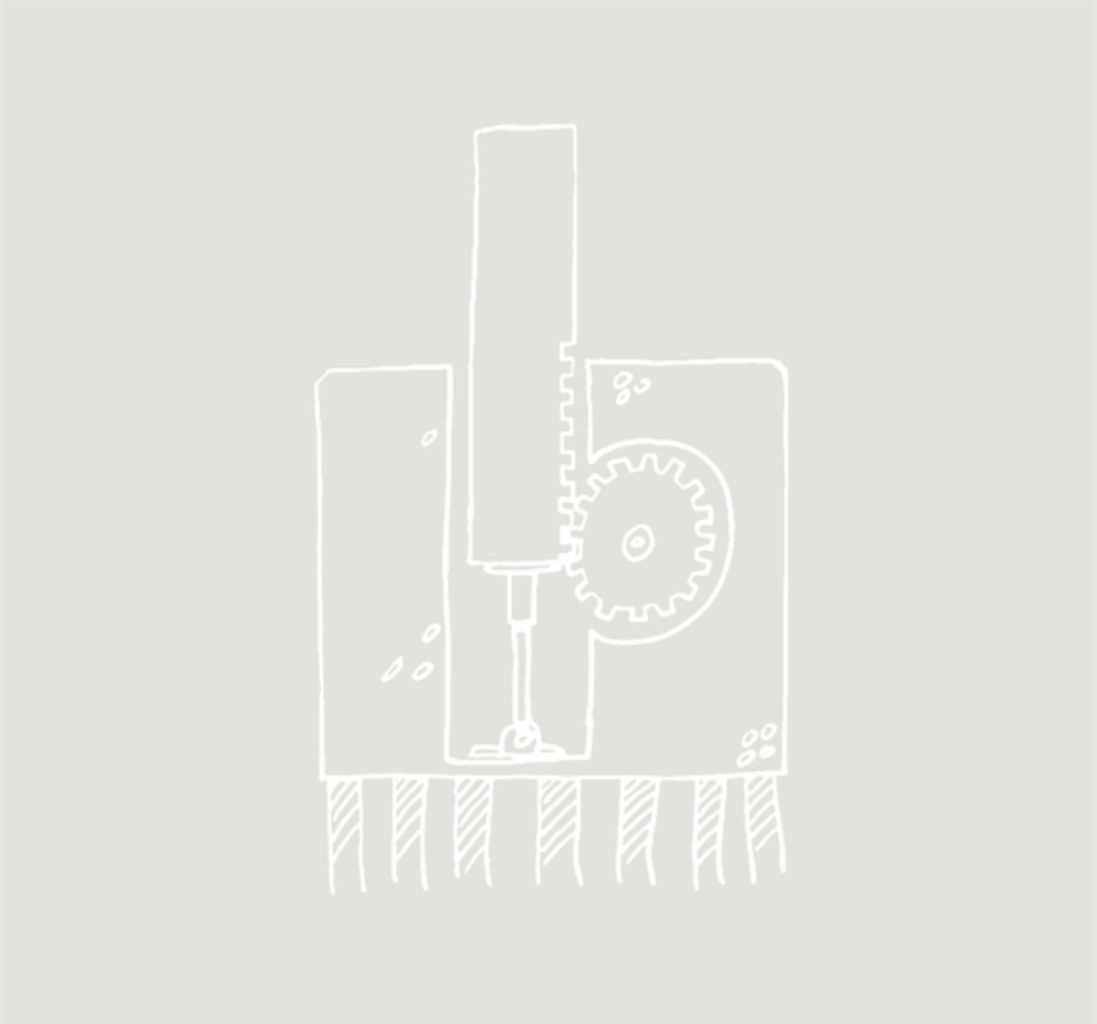
Toepasbaarheid in Nederland

Akkerbouwers kunnen zich sinds kort tegen alle typen weerschade verzekeren, maar ook voor andere partijen kunnen verzekeringen interessant zijn. Waterbeheerders zouden zich bijvoorbeeld kunnen verzekeren tegen schade aan infrastructuur door te veel of te weinig water.



Referentie

Osgood, D. and D. Warren, 2007. *Drought insurance in Malawi in Climate Risk Management in Africa: Learning from Practice*, Hellmuth, M.E., Moorhead, A., Thomson, M.C., and Williams, J. (eds), International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University



Beperken van zoutindringing in riviermondingen

13

Dit cluster van innovaties beperkt de ongewenste zoutindringing in riviermondingen zonder andere rivierfuncties zoals scheepvaart te hinderen.

Principe

Het zoute zeewater dringt in zekere mate het zoete water van de rivier binnen. Dit is een natuurlijk proces dat in bijna elke riviermonding in de zee voorkomt. Afvoerdynamiek en riviermorfologie zijn de bepalende factoren. De combinatie van de verwachte zeespiegelstijging en langere periodes van lage waterafvoer in de rivieren zullen zoutindringing in de toekomst bevorderen. Zoutindringing is vaak ongewenst omdat wij en de natuur afhankelijk zijn van het zoete water in de riviermonding.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Voor de Nieuwe Waterweg worden verschillende innovatieve maatregelen verkend om zoutindringing tegen te gaan. Vanzelfsprekend willen we niet dat deze maatregelen de rivier afsluiten en daarmee de toegang tot de Rotterdamse havens beperken. Opties zijn:

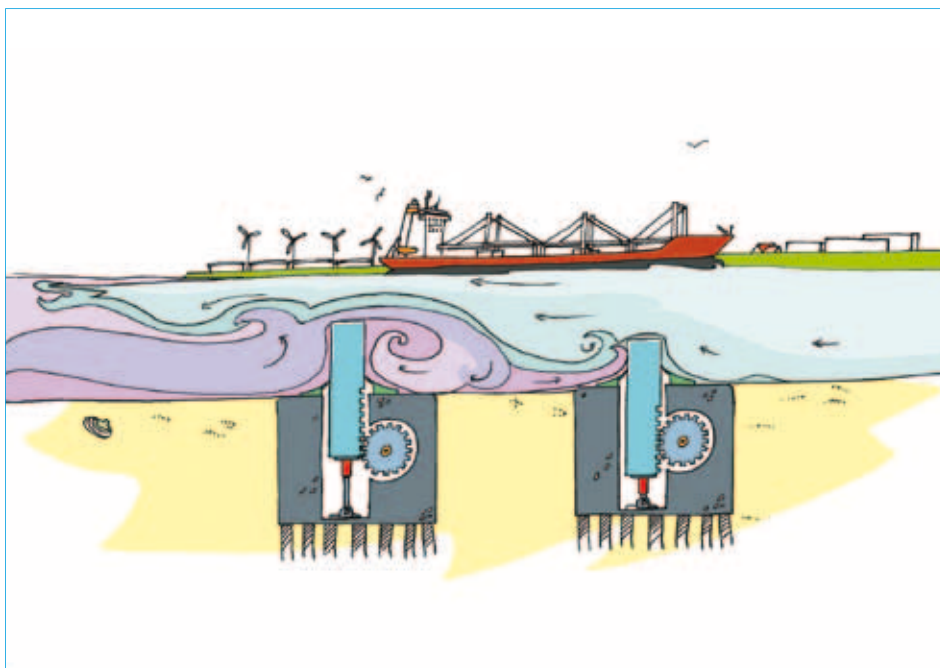
- Het inzetten van een beweegbare drempel, balgstuwen, verlengde en speciaal vormgegeven kribben en bodemschermen veroorzaken een turbulente waterstroming waardoor de dichtheidsstroom beperkt wordt (zie figuur).
- Zout water opslaan in diepe bodempotten in het havengebied. De putten moeten wel steeds weer worden ontzilt.
- Het hele aanvoersysteem in het Deltasysteem verfijnen en optimaliseren: de diverse takken tijdelijk afsluiten met bestaande sluizen, zo getimed, dat het zout niet daar komt waar het niet gewenst is.

Case studies

Verziltning van riviermondingen is wereldwijd een probleem. Zo kampt de miljoenenstad Khulna in de dichtbevolkte delta in Bangladesh steeds meer met verziltingsproblematiek. Hoewel de stad 130 km landinwaarts ligt, verzilt de rivier daar steeds meer. Een kostbare bovenstroomse verplaatsing van de rivierinlaat voor de drinkwatervoorziening voorkomt voorlopig het acute drinkwatertekort.

Toepasbaarheid in Nederland

Binnen het WINN-programma Watermanagement van de toekomst werkt een projectgroep (Waterschappen, Havenbedrijf en RWS Zuid-Holland en Deltares) enkele van de genoemde technieken met rekenmodellen of schaalmodellen verder uit voor de specifieke situatie in de Nieuwe Waterweg tot een mogelijke pilot. De ervaringen daar vormen een goede basis om innovatieve beperking van zoutindringing op andere plaatsen in Nederland toe te passen. En omdat er wereldwijd sterke behoefte bestaat aan deze oplossingen kunnen we deze Nederlandse kennis en expertise exporteren naar vele andere gebieden waar riviermondingen belangrijke economische waarden vertegenwoordigen.



Referentie

Rijkswaterstaat, 2010. *Nieuwsbrief over zoet-zoutvraagstukken*, Nr. 1



Onder achteroevers verstaan we binnendijkse waterbergingsgebieden, veelal gepland rondom het IJsselmeer met een duidelijke waterhuishoudkundige functie. Doordat forse peilvariaties (meer dan een meter) mogelijk zijn kunnen deze gebieden water bergen in tijden van wateroverschot en water beschikbaar stellen in tijden van watertekorten.

Principe

Het IJsselmeergebied heeft op landelijk schaalniveau een belangrijke rol voor de strategische zoetwatervoorziening. Anticiperend op toekomstige ontwikkelingen heeft de Deltacommissie aanbevolen deze functie uit te bouwen door het IJsselmeerpeil tot 1,5 m mee te laten stijgen met de zeespiegel. Deze stijging heeft echter negatieve gevolgen voor de ecologie en voor de omliggende infrastructuur. De wens is geuit om met alternatieven te komen. Achteroevers kunnen een alternatief of welkome aanvulling zijn op de aanbeveling van de Deltacommissie.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Binnendijkse seizoensberging kost ruimte, zeker als het om berging van enige betekenis gaat. Daar staat tegenover dat deze optie een meer toekomst-robuuste inrichting van Nederland lijkt te zijn met het oog op klimaatverandering. Daarnaast kunnen talloze beleidsdoelen, die voor het IJsselmeer gelden, meeliften. Kortom, een grotere investering, maar ook één met meer toegevoegde waarde.

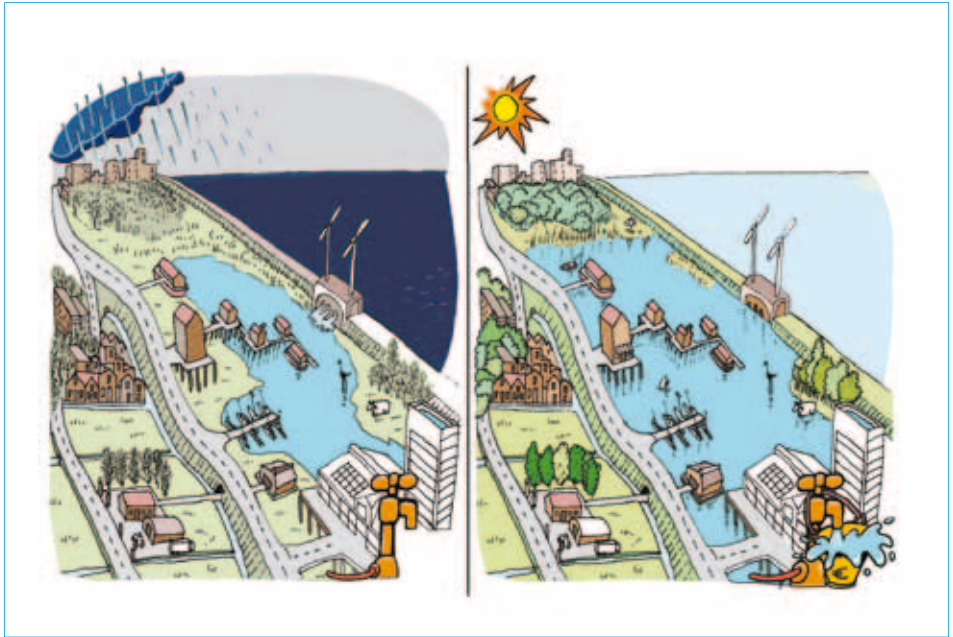
Het concept is op de lange termijn haalbaar als we talloze slimme functie-combinaties kunnen inzetten, zoals wonen en werken bij en op het water, natuurontwikkeling, recreatie en duurzame landbouw en visserij. Achteroevers kunnen zich ontwikkelen tot duurzame woon-werkgebieden met nieuwe kansen voor de regionale economie in een warmer wordend klimaat. Daarnaast is het een bron voor innovaties op het vlak van klimaatadaptatie.

Case studies

In Nederland zijn diverse grote en kleine waterbergingsprojecten in voorbereiding en/of in uitvoering waarbij sprake is van multifunctioneel ruimtegebruik. Voorbeelden zijn Meerstad, Zuid-Westflank Haarlemmermeer en de Klimaatbuffer-projecten. Vaak is daarbij de waterhuishoudkundige functie in relatie tot zoetwatervoorziening ondergeschikt. In het achteroeverconcept staat zoetwatervoorziening centraal.

Toepasbaarheid in Nederland

Dit concept betekent dat we naast verticale waterberging ook mogen kijken naar horizontale berging, buiten de grenzen van het hoofdsysteem. Nu is de primaire waterkering een harde grens tussen land en water, tussen mens en natuur, en tussen organisaties. Met achteroevers wordt die grens zachter, vanuit het nieuwe waterveiligheidsdenken. Dit concept werkt als waterbeheerders over hun grenzen heen samenwerken en voldoende baten kunnen ontwikkelen. Er zijn nog heel veel vragen rondom de mogelijkheden en baten van achteroevers, die we waarschijnlijk alleen kunnen beantwoorden via (kleinschalige) praktijkexperimenten. In 2011 kan naar verwachting hiermee een start worden gemaakt via een proefproject in de Koopmanspolder nabij Andijk.



Referentie

Rijkswaterstaat Waterdienst (in samenwerking met Deltares), 2009. *Achter de oever liggen de kansen*, WINN-werkconferentie Achteroever, 27 augustus 2009, Rijkswaterstaat Lef Future Center
<http://public.deltares.nl/display/CAW/Achterevers>



Ondergrondse hydraulische barrière

15

De ondergrondse hydraulische barrière is een systeem van kunstmatige infiltratie van zoet water in het grondwater om zo de ondergrondse indringing van zeewater tegen te gaan. Barcelona heeft een dergelijk systeem operationeel sinds 2007 en heeft hiermee een primeur binnen Europa.

Principe

Onder Barcelona ligt een watervoerende laag, de Llobregat aquifer. Deze aquifer is van belang voor de onttrekking van drinkwater voor de stad. Als gevolg van de overexploitatie is er sinds de jaren zestig van de vorige eeuw sprake van een toenemende verzilting vanuit zee. Door 14 infiltratieputten in een rij te plaatsen langs de kust kan een hydraulische overdruk worden gegenereerd die als een hydraulische 'ondergrondse dijk' functioneert. Het water dat wordt geïnfiltrerd, is een combinatie van voorgezuiverd rivier- en afvalwater.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

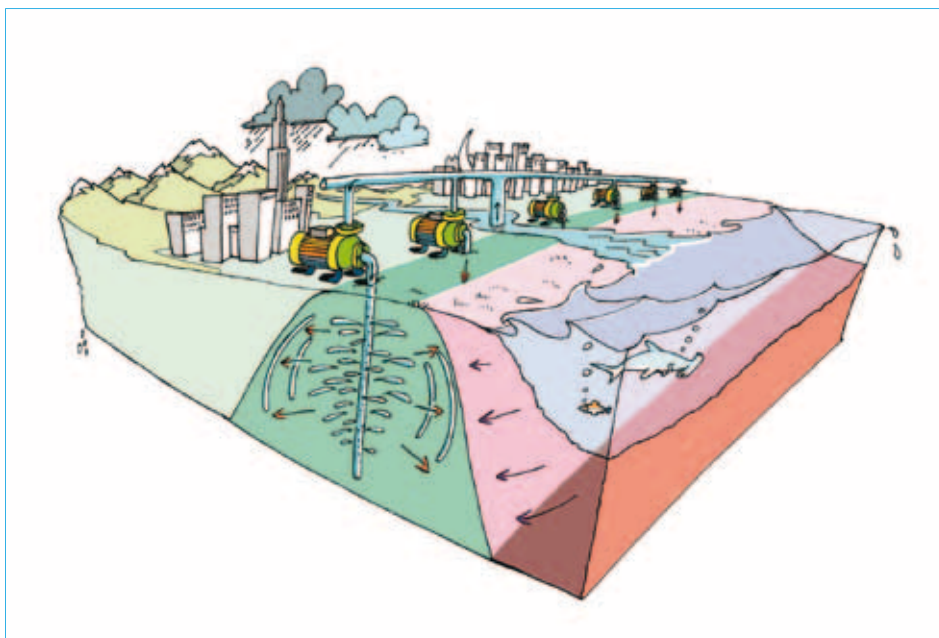
De aanlegkosten van het systeem bedroegen 23 miljoen euro. Naast de infiltratieputten zijn er ook putten voor grondwatermonitoring. Uit de monitoring blijkt dat de grondwaterkwaliteit van de aquifer verbetert en dat het systeem goed functioneert. De verzilting is omgebogen naar een verzoeting van het grondwatersysteem.

Case studies

Diepinfiltratie van voorgezuiverd oppervlaktewater om verzilting van grondwater door overexploitatie tegen te gaan is een welbekende techniek die wordt toegepast in de Nederlandse duinen. Barcelona is echter de enige bekende locatie in Europa waarbij de infiltratieputten zodanig zijn geplaatst dat er sprake is van een grootschalige hydraulische barrière.

Toepasbaarheid in Nederland

Ook Nederland heeft vanwege zijn ligging te maken met ondergrondse indringing van zout water vanuit de Noordzee. De techniek kan bruikbaar zijn om overmatige intrusie tegen te gaan op die locaties waar dit tot grote problemen leidt. Het gaat hier om een zone direct langs de kust waar zeewater binnen treedt via het hoofdsysteem. De techniek is geen oplossing voor diffuse brakke kwel in droogmakerijen.



Referentie

Teijón, G., Tamoh, K., Soler, M., and L. Candela, 2009. *Treated wastewater reuse for a seawater intrusion hydraulic barrier implementation in the Llobregat delta aquifer (Barcelona, Spain), First phase, Options Méditerranéennes*, Nr. 88, Technological Perspectives for Rational Use of Water Resources in the Mediterranean Region



Droogtesessies

Een droogtesessie is een workshop waarbij Regionale Diensten van Rijkswaterstaat samen met de waterschappen voor een specifiek gebied verkennen wat hun handelingsperspectief en innovatiebehoefte is in tijden van oplopende watertekorten. Het doel is om te komen tot een (korte termijn) innovatieagenda voor de zoetwatervoorziening die goed aansluit op het primaire proces van Rijkswaterstaat in samenwerking met de waterschappen.

Principe

Het urgentiegevoel voor droogte en watertekorten in Nederland is in de praktijk nog beperkt maar neemt wel toe. We hebben in Nederland al droge jaren meegemaakt, maar de problemen waren meestal nog te overzien, zeker voor het hoofdsysteem. Er zijn inmiddels instrumenten ontwikkeld om te anticiperen op calamiteiten met droogte en watertekort. Zo zijn er draaiboeken 'droogte' beschikbaar bij RWS en waterschappen en beschikken we over een landelijke verdringingsreeks⁷ en regionale uitwerkingen daarvan.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Tevens wordt gewerkt aan een zogenaamd *Drought Early Warning System* voor het operationele waterbeheer. Echter, omdat we dergelijke instrumenten nog nauwelijks hebben hoeven in te zetten is onduidelijk in hoeverre dergelijke systemen nu ook daadwerkelijk optimaal bruikbaar zijn in de praktijk, als de nood aan de man is. Aan welke sturingsinformatie is echt behoefte? Zijn de systemen voldoende operationeel en op elkaar afgestemd? Wat zijn de specifieke knelpunten in het beheersgebied waar op termijn een innovatieve oplossing gewenst is? Hebben de waterbeheerders zelf specifieke suggesties waarop zij graag zouden zien dat het RWS innovatieprogramma voor droogte zich op richt?

Case studies

In november 2010 vond de eerste droogtesessie plaats. Het beheergebied van RWS Utrecht en RWS Oost-Nederland met de betrokken waterschappen werd hiervoor als studiegebied gekozen. De ervaringen uit deze sessie zijn te lezen op de Droogtesessie website.

Toepasbaarheid in Nederland

Een droogtesessie op zich is nog niet zozeer een innovatie, maar kan wel de benodigde informatie opleveren die leidt tot innovatie voor waterbeheerders in relatie tot droogte. Ook kunnen de sessies bijdragen aan het vergroten van inzicht over de consequenties van droogte voor inrichting en beheer. Een goede interactie tussen beheerders van het hoofdsysteem en het regionale systeem is essentieel. De droogtesessie staat niet op zichzelf. Zij maakt deel uit van het traject waarin RWS en de regionale waterbeheerders steeds meer in gezamenlijkheid toekomstige uitdagingen aangaan. Met de droogtesessie wil RWS de regionale samenwerking op het uitvoeringsniveau stimuleren. Dit zou een reguliere activiteit kunnen worden voor het Watermanagement centrum van Rijkswaterstaat dat momenteel in oprichting is.



Referentie

<http://public.deltares.nl/display/CAW/Droogtesessies>



Water uit de wal

Deze oplossing is gericht op het beter benutten van kwelwater afkomstig uit de 'Brabantse Wal' voor de zoetwatervoorziening ten behoeve van de fruitteelt in Zuid-Beveland via een systeem van opvang, opslag en doorvoeren.

Principe

In Zuid-Beveland is zoet water beperkt beschikbaar omdat het water veelal brak is. Het gunstige klimaat maakt de fruitteelt daar succesvol, maar de behoefte aan zoet water is groot. Het drinkwaterbedrijf Evides heeft sinds 1991 een speciale landbouwwaterleiding aangelegd. Deze voert water door vanuit de Biesbosch (Maaswater) naar Zuid-Beveland. In tijden van droogte is de wateraanvoer capaciteit echter te beperkt gebleken. Tevens is deze voorziening relatief duur. In de nabijheid van Zuid-Beveland ligt de Brabantse Wal. Doordat de grondwaterwinning in die wal terugloopt, komt er meer zoet kwelwater beschikbaar. Momenteel stroomt dit water nog onbenut de Westerschelde in.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

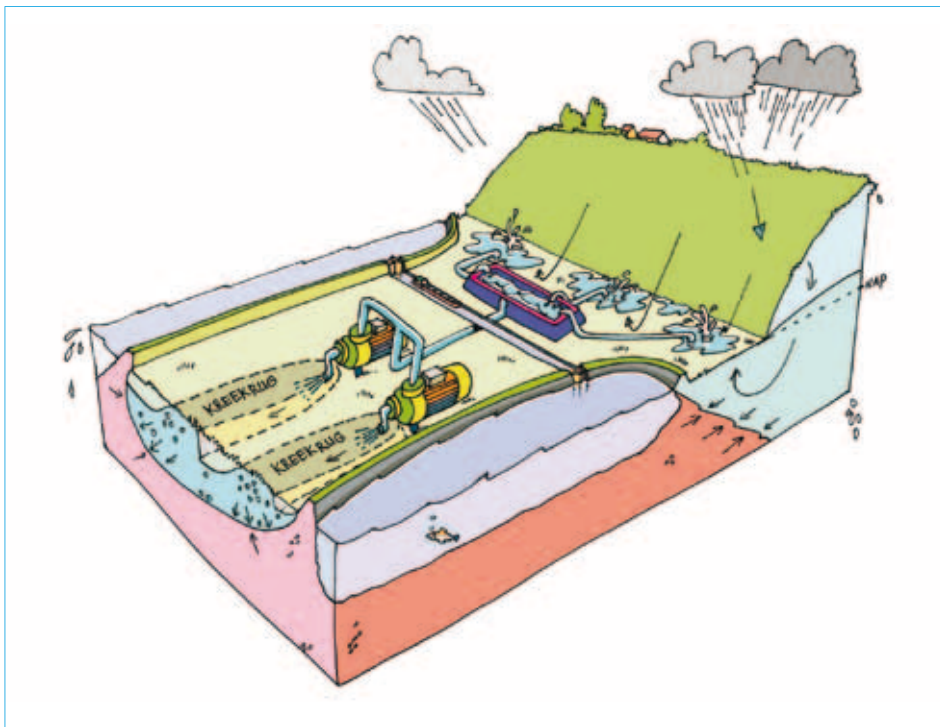
Opslag van het zoete kwelwater is mogelijk in bekkens voor de zoetwatervoorziening van de Reigerbergsche polder. In de toekomst kan het water ook doorgevoerd worden naar de locaties voor fruitteelt die verder in het westen liggen. Doorvoer van kwelwater is ook mogelijk in combinatie met wegaanleg of wegverbetering. Kreekruggen kunnen dienst doen als ondergrondse water opslagplaatsen. Ze zijn nu al in gebruik voor opslag en onttrekking van zoet water in een overheersend brakwatergebied. Onderzoek is gepland naar de uitbreiding van de opslagcapaciteit van de kreekrugsystemen.

Case studies

Voor Zuid-Beveland is het pakket aan innovatieve maatregelen nu in studie. De kennis en ervaring die dit oplevert kan bruikbaar zijn voor diverse andere delen van de Zuidwestelijke Delta, waar sprake is van onbenut zoet water en opslagmogelijkheden in kreekruggen.

Toepasbaarheid in Nederland

Rondom een aantal stuwwallen, zoals in de Veluwezoom, verwachten we hogere grondwaterstanden als gevolg van de klimaatverandering. Mogelijk leidt dat tot overlast in het bebouwde gebied. Het zinvol benutten van die (waarschijnlijk toenemende) kwelstromen rondom die stuwwallen biedt twee oplossingen. Het voorkomt grondwateroverlast en als we het opgevangen kwelwater transporteren en/of opslaan, kunnen we het inzetten om droogte te bestrijden.



Referentie

Kennis voor Klimaat en Zuidwestelijk Delta, 2009. *Vraag en aanbod van zoet water in de Zuidwestelijke Delta, een verkenning*



Bellenschermen en andere sluisaanpassingen

18

Bellenschermen en andere sluisaanpassingen voorkomen zoutlek bij sluisen.

Principe

Een belangrijke bron voor zoutindringing is een sluis, want daar staat het zoete water direct met het zoute water in verbinding. Ook als de waterstand aan beide zijden nauwelijks verschil toont of zelfs aan de zoete kant hoger staat, stroomt zout water naar het zoete als gevolg van dichtheidsverschillen. Er is een inventarisatie gemaakt voor mogelijke technieken om deze zoutlekkage te verminderen. Deze technieken zijn:

- Bellenscherm, combinatie van lucht en waterinjectie, optimalisatie van lucht en waterdebiet;
- Flappen/borstels waar schepen doorheen varen;
- Aanpassing drempelhoogte schutkolken;
- Kolkvolume verkleinen door bodem ophoging;
- Lekkende ebdeuren (klein debiet van zoet water naar zoute voorhaven);
- Gebruik maken van bekkens om zout water af te leiden en tijdelijk op te slaan, gebruik maken van dichtheidsstroom.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

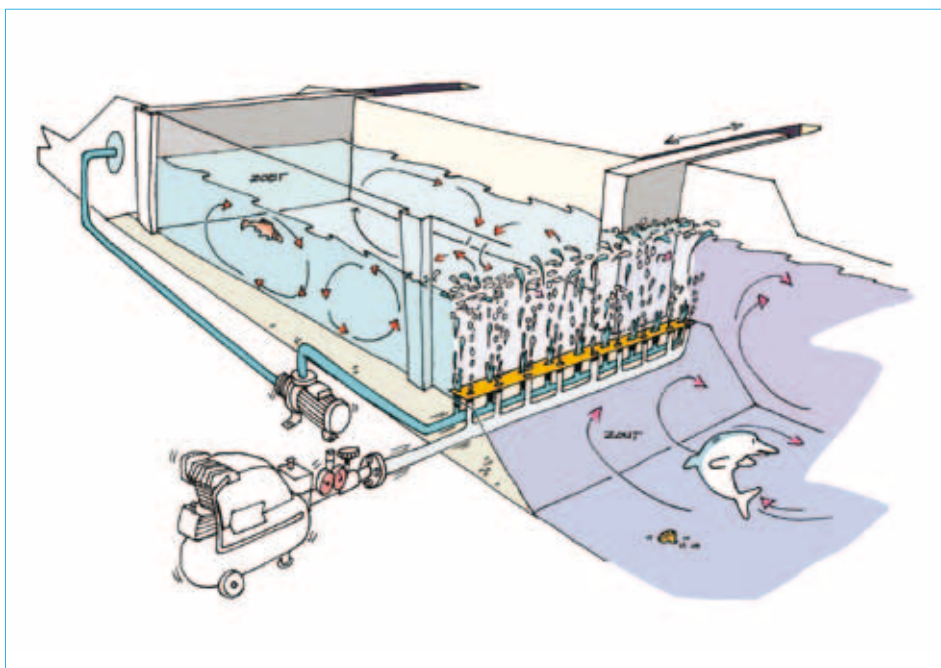
Case studies

In Nederland zijn bellenschermen geïnstalleerd in verschillende sluizen, zoals de Volkeraksluizen, de sluizen in de Afsluitdijk en de sluizen van IJmuiden. De ervaringen hiermee zijn wisselend, wat vooral het gevolg is van een niet altijd even duidelijke aansturing in de beheerpraktijk.

Testen in 2010 in de Afsluitdijk hebben geleid tot een optimale aansturing van bellenschermen in combinatie met zoetwaterinjectie. Er zijn ook andere maatregelen zoals sterker lekkende ebdeuren. Voor de Volkeraksluizen zal, in het kader van het verzouten van het Volkerak-Zoommeer, een pakket van maatregelen verder worden uitgewerkt.

Toepasbaarheid in Nederland

In Nederland zijn verschillende sluisprojecten in wording zoals de nieuwe sluis IJmuiden en de nieuwe sluis Terneuzen, waar zoutindringing een belangrijke kwestie is. Een keuze uit bovengenoemde maatregelen kan een belangrijke bijdrage leveren aan het omgaan met deze problematiek. Omdat er in veel delta's op de wereld sluizen zijn, kunnen we de kennis die wij in deze overgangen van zoet naar zout water opdoen, wereldwijd toepassen.



Referentie

Rijkswaterstaat Bouwdienst, 2008. *Maatregelen tegen zoutindringing bij schutsluizen*, Planstudie Waterkwaliteit Volkerak Zoommeer



Peilgestuurde drainage

19

Met peilgestuurde drainage beïnvloeden agrariërs op droge zandgronden de grondwaterstand op hun percelen en houden zo bodemvocht langer vast bij droogte.

Principe

Door het regenwateroverschot tijdens Nederlandse winters ontstaan ondiepe grondwaterstanden. Bij de conventionele manier van landbouwontwatering stroomt het water snel weg van de percelen naar benedenstroomse watergangen en beken gedurende de wintermaanden. Dit heeft tijdens natte winters al verschillende keren tot hoogwaterproblematiek geleid. In de zomer kan de snelle afvoer juist zorgen voor verdroging van de landbouwpercelen en omliggende natuur.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

De oplossing ligt in het flexibeler en perceelsgewijs vasthouden van water. Door middel van boerenstuwen en samengestelde drainage kan een individuele agrariër de optimale grondwaterstand veel verfijnder bepalen. Met de zogenaamde boerenstuwen in ontwateringsloten is in de jaren negentig al veel ervaring opgedaan. Dit principe werkt goed maar de vele stuwtjes verminderen de doorstroming in de sloten waardoor allerlei ecologische problemen ontstaan. Samengestelde peilgestuurde drainage kent dit probleem niet omdat de drains dan niet direct afwateren op sloten. Het water komt eerst terecht in een verzameldrain waarvan het peil simpel kan worden ingesteld. Zo kunnen agrariërs naar behoefte hogere of lagere grondwaterstanden handhaven.

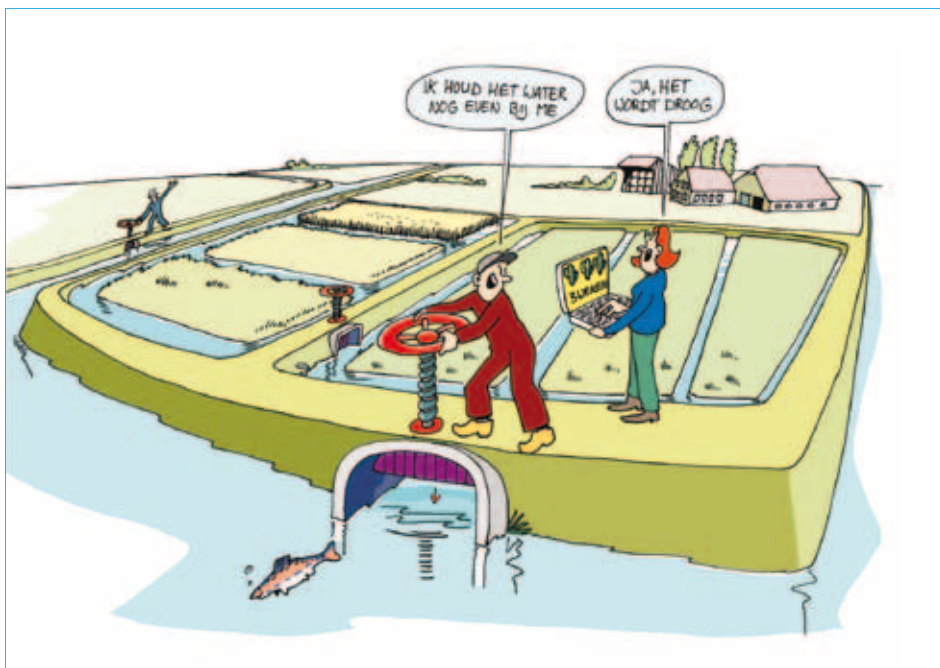
De vochtvoorziening blijft met deze nieuwe drainagemethode beter op peil, waardoor beregening minder vaak nodig is. In drogere perioden is het mogelijk om met de drains het op het terrein verzameld hemelwater in de bodem te laten infiltreren: het omgekeerde van drainage dus. Het systeem bespaart ook op bemestingskosten want er wordt immers minder water afgevoerd met daarin opgelost fosfaat en stikstof.

Case studies

Op dit moment wordt in een groot aantal *pilots* onderzoek gedaan naar de effectiviteit van verschillende vormen van flexibel peilbeheer. Agrariërs werken hier samen met Land en Tuinbouworganisatie (LTO) en waterschappen en onderzoeksbureaus zoals Alterra, Deltares en KWR en ingenieursbureaus zoals Artesia, FutureWater en Grontmij. In verschillende studies wordt onderzocht hoe flexibel peilbeheer ongewenste veenoxidatie en daarmee samenhangende bodemdaling kan voorkomen.

Toepasbaarheid in Nederland

Deze innovatie gaat uit van ondiepe ondergrondse en seizoensgebonden waterberging op perceelschaal. De mogelijkheid om het waterbeheer op eigen land te kunnen regelen en daarmee droogte en wateroverlast te helpen voorkomen en tegelijkertijd kosten te besparen, spreekt agrariërs aan. In het Waterschap Peel en Maasvallei, dat voorop loopt in Nederland met peilgestuurde drainage, is er een snelle toename van agrariërs die op deze vorm van ontwatering overgaan. Deze technisch simpele, robuuste en financieel haalbare manier van droogtebestrijding heeft het potentieel om breed in Nederland te worden toegepast.



Referentie

Waterschap Peel en Maasvallei, informatiefolder Peilgestuurde Drainage
www.waterschappeelenmaasvallei.nl



Het decentraal en ondergronds opslaan van overtollig winters hemelwater om de glastuinbouw zo waterneutraal mogelijk te maken.

Principe

De glastuinbouw gaat slim om met water. Reservoirs verzamelen het hemelwater dat het verharde (glazen) dakoppervlak opvangt. Dit voorkomt hoogwaterpieken in de omgeving en creëert bovendien een gratis voorraad gietwater. Vooral het kustgebied, waar zoet water gering beschikbaar en in droge perioden schaars is, heeft baat bij zoet wateropslag. Echter, bovengrondse opslag gebruikt ruimte waar ook kassen zouden kunnen staan. Deze ondergrondse oplossing spaart ruimte en is mede daardoor relatief goedkoop.

De uitdaging in het kustgebied bestaat uit het ontwerpen van een infiltratie- en beheerssysteem om zoet water als een bel in een zoute aquifer op te slaan. Hierbij kan men denken aan een slimme inrichting met behulp van onttrekkings- en injectieputten waarbij de ondergrondse zoet waterbel niet wordt verdrongen en daardoor goed terugwinbaar is. Sensorinformatie stuurt dit pompproces.

	Sterk	Matig	Neutraal	Matig	Sterk	
Vraag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Beschikbaarheid
Hard	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zacht
Lokaal	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Internationaal
Structureel	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Calamiteit
Tegen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Acceptatie

Case studies

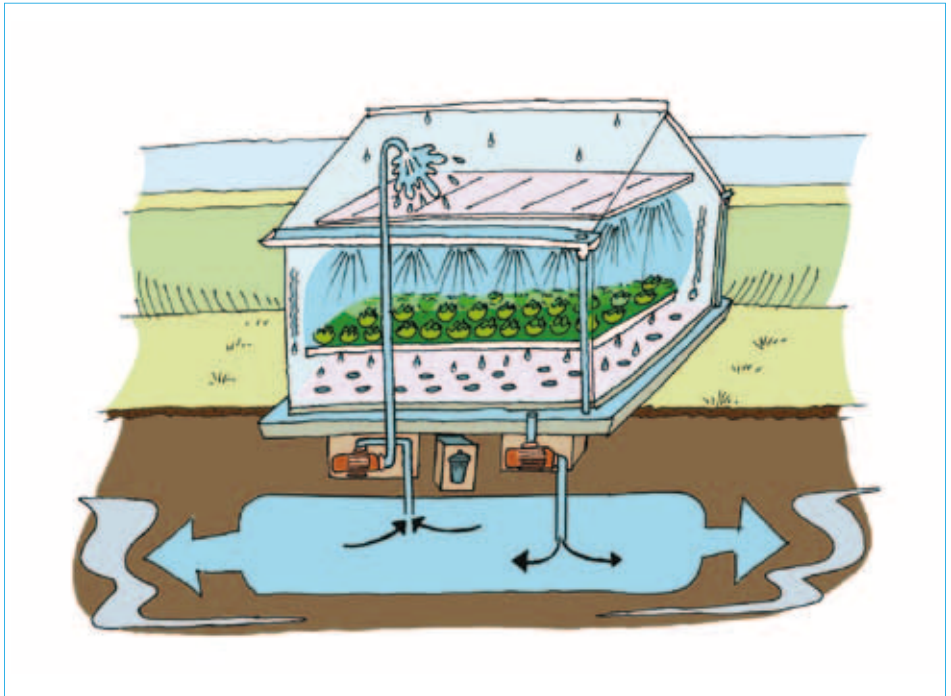
Wateropslag in de ondergrond kent weer een groeiende belangstelling. Deze toepassing is niet nieuw. Al meer dan vijftien jaar geleden sloeg de glastuinbouw in het Westland regenwater of ontzilt diep grondwater in ondiepe watervoerende pakketten op.

In het begin ging deze activiteit vooral gepaard met tegenslagen, zoals putverstopping en het wegstromen of opdrijven van de ondergrondse zoetwaterbel. Door ervaringen wijzer geworden, weten de installatiebureaus steeds beter hoe dit te voorkomen. Er zijn ook voorbeelden van plekken waar men het opvangen hemelwater niet in de ondergrond opslaat maar in waterdichte kelders direct onder de kassen.

Toepasbaarheid in Nederland

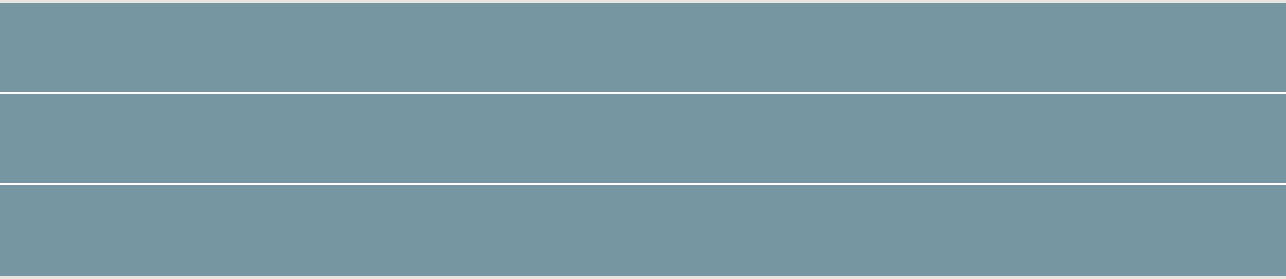
De vraag naar zoet wateropslag zal in de toekomst, met voorspelde droge(-re) zomers, naar verwachting niet alleen in de glastuinbouw toenemen. In de winter kan overtollig zoet water in deze gebieden op verschillende manieren worden 'geogst', bijvoorbeeld uit hoogwaterpieken (sloten) of vanaf daken. Naar verwachting bestaan in de toekomst veel meer kansen voor opslag van regenwater. Het streven naar duurzame bebouwing creëert een nieuwe impuls voor regenwateropslag en hergebruik, bijvoorbeeld voor toiletdoorspoeling,

In de glastuinbouw bieden allerlei innovatieve technologische maatregelen en het slim gebruik maken van natuurlijke processen de mogelijkheid om het bedrijfsproces te verduurzamen. Recycling van eventueel teveel toegediende nutriënten in het beregeningswater en slim gebruikmaken van energierugwinning en koude-warmteopslag in de ondergrond zijn andere vormen die een kasomgeving een grote mate van zelfvoorziening geven.



Referentie

Wageningen Universiteit, 2007. *Kasza: gesloten waterkringloop in kassen*,
Onder Glas, Nr. 2

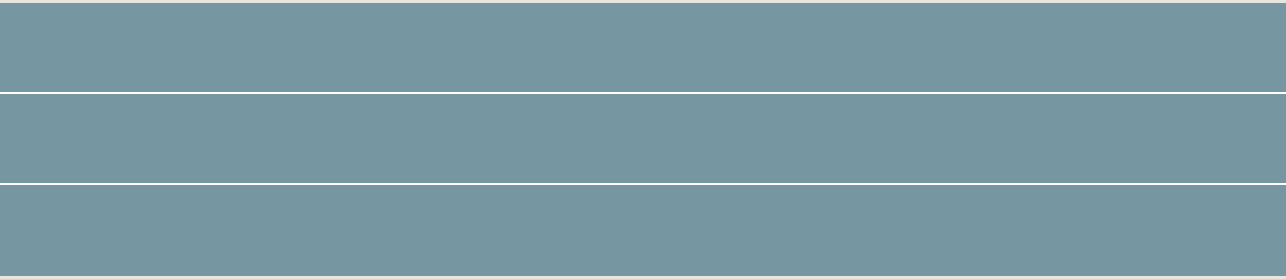


Nawoord

De geïnventariseerde en gerubriceerde droogte-innovaties in dit boekje geven een beeld van de richting voor vernieuwingsmogelijkheden. De aandacht lijkt vooral uit te gaan naar het verhogen van de waterbeschikbaarheid en minder naar het verminderen van de watervraag (75% versus 25%). Vaak gaat het om harde technologische maatregelen en in mindere mate om 'zachte' maatregelen zoals bewustwording en gedragsbeïnvloeding (65% versus 35%). Innovaties met een grootschalige ruimtelijke component blijken vaak lastig door te voeren. Deze inventarisatie laat zien dat de nadruk ligt op toepassing op lokale schaal (perceel, klein deelstroomgebied) en minder op hogere schaalniveaus (70% versus 30%). Verder blijkt innovatie zich vooral te richten op het voorkomen van droogte of het verminderen van de kwetsbaarheid voor droogte dan op acceptatie en compensatie van schade (80% versus 20%).

De vraag rijst of wij de komende jaren met deze mix van maatregelen in Nederland de droogteproblematiek kunnen oplossen. En wie pakt wat op? In enkele gevallen liggen er duidelijke taken bij waterbeheerders. Zo is het implementeren van infrastructurele droogte-maatregelen in het hoofdwatersysteem toch vooral een taak voor Rijkswaterstaat. Andere taken liggen bij de waterschappen. Maar bij sommige droogte-maatregelen is dat minder eenduidig. Daar moeten de waterbeheerders samen met andere waterbelanghebbenden bijvoorbeeld binnen het Deltaprogramma aan de slag of ligt het initiatief juist veel meer bij burgers en de industrie.

Wij hopen dat waterbeheerders en iedereen die kan bijdragen aan het voorkomen van droogte of die ermee moet omgaan zich door deze ideeën laat inspireren en tot creatieve en effectieve oplossingen komt. Deze publicatie is vooral ook een aansporing tot een dialoog. Het is duidelijk dat droogte bij veel partijen hoog op de agenda staat en dat men oplossingen bedenkt voor deze problematiek. Nu is het zaak om slim te combineren. Laten we beginnen met een dialoog tussen de verschillende waterbeheerders in Nederland en in het buitenland en tussen waterbeheerders en andere waterbelanghebbenden.



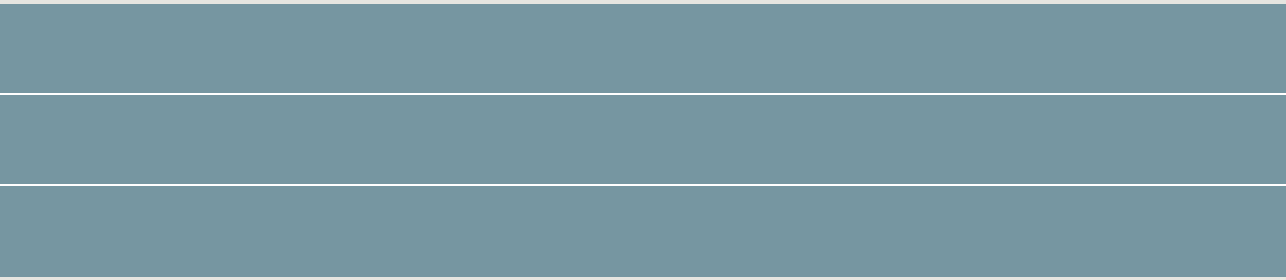
Afkortingen

BOS:	Beslissingsondersteunend systeem
DEWS:	Drought Early Warning System
DLG:	Dienst Landelijk Gebied
FAO:	Food and Agriculture Organisation (UN)
FEWS:	Flood Early Warning System
KRW:	Kaderrichtlijn Water
ICT:	Informatie en Communicatie-technologie
LCW:	Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling
LTO:	Land- en Tuinbouw Organisatie Nederland
NHI:	Nederlands Hydrologisch Instrumentarium
RWS:	Rijkswaterstaat
UNESCO-IHE:	UNESCO Institute for Hydraulic Engineering
UVA:	Universiteit van Amsterdam
VN:	Verenigde Naties
WECC:	West European Climate Corridor



Referenties

- 1 Milieu en natuurplanbureau, 2005. Effecten van klimaatverandering in Nederland
- 2 Beersma J. T.A. Buishand en H. Buiteveld, 2004. Droog, droger, droogst. KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. KNMI-publicatie, De Bilt
- 3 Kuijper, M., Oude Essink, G.H.P., Binsbergen, R., van en B. Minnema, 2005. Kijkje in de toekomst: klimaatveranderingen en verzilting in de provincie Zuid-Holland in beeld gebracht, *H₂O*, Nr. 8, pag. 33-37
- 4 Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S., and P.G.B. de Louw, 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands, *Water Resources Research*, Vol. 46
- 5 Global Water Intelligence & OECD, 2008. Global Water Tariff Survey, *Global Water Intelligence*, Vol. 9 (9)
- 6 Moncur, J.E.T, 1987, Urban water pricing and drought management, *Water Resources Research*, Vol. 23 (3)
- 7 Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Water & Rijkswaterstaat, Waterdienst, 2009. Waterhuishouding en waterverdeling in Nederland, Redactie: Arnold, G., Kielen, N., Bos, H., Luijn, van F., en R. Doef



Bijlage:

Overige droogte-maatregelen

Er zijn nog veel meer maatregelen denkbaar die kunnen bijdragen aan het oplossen van droogte en van watertekorten. Enkele maatregelen staan hier opgesomd, zonder dat deze verder zijn uitgewerkt. Het betreft deels ook maatregelen die buiten de invloedssfeer liggen van de waterbeheerder.

- a Aanpassen droogte en zouttolerantie van gewassen door middel van gentechologie;
- b Keuze door agrariërs voor gewasteelt met een hogere droogte- en zouttolerantie;
- c Keuze door agrariërs voor gewasteelt met een lagere verdampingsbehoefte;
- d Verbrede landbouw in verzilte gebieden naar bijvoorbeeld zout water aquacultuur;
- e Efficiënte beregening (in ontwikkelingslanden wordt veelal ‘*flood irrigation*’ gebruikt; het overvloedig toegepaste water verdampt zonder dat planten daarbij baat hebben of infiltreert in de bodem. Dit laatste is niet direct verlies omdat het leidt tot grondwateraanvulling. Efficiëntere vormen van irrigatie zijn drip- en sprinklerirrigatie;
- f Verbeteren van het watervasthoudend vermogen van bodems door bodemverbeteringstechnieken (menging, gebruik maken van watervasthoudende gels);
- g Waterbesparende maatregelen in het huishouden zoals zuinige douche-koppen, kleine en grote spoelknop op toiletten, waterbesparende toiletten, douchecoaches, opvangen regenwater voor tuinbesproeiing;

-
-
- h Optimaliseren van industriële koel en spoelprocessen waarmee industrieel watergebruik wordt verminderd;
 - i Verplaatsen van droogte-kwetsbare functies naar minder droogtegevoelige gebieden (bijvoorbeeld koelen met zeewater);
 - j Het dichten van zoutwellen in de ondergrond doormiddel van bijvoorbeeld *SmartSoils*;
 - k Zuivering afvalwater en inzetten als beregeningswater;
 - l Bevorderen van infiltratie van hemelwater in bebouwd gebied (afkoppelen);
 - m Bevorderen van infiltratie in landelijk gebied door middel van vertragen afvoer;
 - n Aanpassen van het Nederlandse vergunningsstelsel voor grondwater-onttrekkingen;
 - o Aanpassen van internationale voedselzekerheid en landbouwbeleid op basis van het *water footprint* concept.

Colofon

De inventarisatie van de droogte-innovaties en consultaties met LTO, UVA, DLG en de binnenvaartsector is uitgevoerd door Frank van Weert en Remco van Ek van Deltares. Aansturing op bruikbare resultaten en belangenbehartiging voor Rijkswaterstaat is uitgevoerd door Roel Doef van de Waterdienst.

Tekstbijdragen

Geo Arnold, Esther van Baaren, Herbert Berger, Remco van Ek, Cheryl van Kempen, Willem Oosterberg, Ronald Roosjen, Roelof Stuurman en Frank van Weert.

Cartoons Beeldleveranciers

Foto omslag beeldbank.rws.nl

Tekstredactie Direct Dutch Publications

Vormgeving Sirene Ontwerpers

Dit Inspiratieboekje *'Droge Kost, innoveren op droogte en watertekort'* is geïnitieerd vanuit het thema droogte binnen het programma WINN (Water-innovatie) van Rijkswaterstaat. Deltares is uitvoerend partner binnen het WINN-programma. Binnen WINN Droogte zijn behalve dit project in 2010 nog drie andere projecten uitgevoerd: de Waterhouderij, het Achteroeverconcept en Droogtesessie.

Meer informatie is te vinden op public.deltares.nl/display/CAW/Droogte (werkniveau) en op de algemene WINN-website www.innoverenmetwater.nl. Ook kunt u voor informatie terecht bij de Helpdesk Water. Stel uw vraag via het e-mail formulier op www.helpdeskwater.nl of bel 0800-6592837 (op werkdagen bereikbaar van 09.00-16.00 uur).

Disclaimer

Dit boekje probeert op een inspirerende wijze een aantal droogte-innovaties te presenteren, zonder daarbij volledigheid te suggereren. Informatie die gebruikt is voor dit inspiratieboekje komt uit een veelvoud van bronnen die variëren in kwaliteit, diepte en objectiviteit. Vanzelfsprekend hebben deskundigen de teksten gecheckt op inhoudelijke juistheid.

ISBN/EAN: 978-94-91099-08-3



Deltares

PO Box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
T+31 (0)88 335 82 73
info@deltares.nl
www.deltares.nl

