

Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities

Kennis- en innovatieopgaven

Dit advies werd opgesteld door:

Dr.ir. H.J. van Oosten en Dr.ir. J.G. de Wilt (NRLO)

op verzoek van:

Directie Wetenschap en Kennisoverdracht, Ministerie van LNV



Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek

Postbus 20401

2500 EK Den Haag

tel.: 070 378 56 53

internet: <http://www.agro.nl/nrlo/>

ISBN: 90 - 5059 - 111 - 6

Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

NRLO-rapport nr. 2000/10, Den Haag, juni 2000

Ten Geleide

De discussie over de potenties van zoutwaterlandbouw heeft plaatsgevonden vanuit de visie dat de wereldbevolking in de komende decennia explosief groeit en dat de voedselvoorziening op de lange termijn een van de grootste zorgen van de wereld zou gaan worden. Er ontstaat schaarste aan zoet water door toenemend huishoudelijk en industrieel gebruik met als gevolg dat er voor de landbouw steeds minder zoet water ter beschikking is. Tevens zou het landbouwareaal voor voedselproductie afnemen door verzouting. Vanuit die optiek is gewezen op de potenties van hergebruik van zoute gronden voor voedselproductie of andere doelen met zouttolerante plantensoorten (halofyten). Enkele halofyten leveren eetbare producten. Het zou de moeite waard zijn te investeren in onderzoek om de potenties van halofyten voor voedselvoorziening en andere doelen zichtbaar te maken.

De NRLO heeft op verzoek van het Ministerie van LNV in een korte tijd een quick scan uitgevoerd over het onderwerp. Er is gekozen voor een bredere aanpak om de potenties van zoutwaterlandbouw voor de wereldvoedselvoorziening in een ruimer perspectief te beoordelen. Ook andere opties voor bioproductie zijn in vogelvlucht de revue gepasseerd. De vraagstelling van LNV - de potenties van zoutwaterlandbouw - heeft wel een centrale plaats behouden in de activiteiten.

Het is gebleken dat de betekenis van halofyten voor de voedselvoorziening nu beperkt is. De verzoutingsproblematiek is wel degelijk ernstig, maar biedt ook nieuwe kansen. Ook voor Nederlandse kustgebieden is dat het geval. Herbenutting van zoute gronden met zoutresistente gewassen (waaronder halofyten) is een nieuwe uitdaging. De kansrijkheid van zoute milieus (zoute gronden én zout water) voor bioproductie en ecosysteemontwikkeling wordt onderschat en dient internationaal te worden geagendeerd.

*Dr.ir. A.P. Verkaik,
Directeur Bureau NRLO.*

Inhoudsopgave

Ten Geleide	i
Beleidssamenvatting	1
1. Inleiding	5
2. Zoetwatergebruik wereldwijd onder druk	7
3. Potenties van zoute milieus	9
3.1. Benutting van zoute gronden met halofyten	9
3.2. Benutting van zoute gronden met cultuurgewassen	13
3.3. Benutting van zout water als productiemilieu	14
4. Kennisbronnen en -infrastructuur	19
4.1. Halofyten op zoute gronden	19
4.2. Zoutresistentie bij cultuurgewassen	20
4.3. Mariene cultures	21
4.4. Zoetwatergebruik	21
5. Opgaven voor kennisontwikkeling en innovatie	23
5.1. Halofyten op zoute gronden	23
5.2. Cultuurgewassen: veredeling op zoutresistentie	24
5.3. Mariene cultures	24
5.4. Zoetwatergebruik	25
6. Hoe verder: voorstellen voor actie	27
6.1. Rollen voor kennisinstellingen, bedrijven en overheid	27
6.2. Voorstel voor actie van LNV	28
Referenties	31
Bijlagen:	
1. Overzicht van geïnterviewde personen	33
2. Leden klankbordgroep	35

Beleidssamenvatting

- 1. Wereldwijd is sprake van een toenemende schaarste aan zoet water en een verzilting van gronden. Ook in gematigde klimaatzones zal de verzilting toenemen. Dit noopt tot een versterking van de aandacht voor bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities.**

Het gebruik van zoet water in huishoudens, de industrie en de landbouw stijgt zo snel dat overal ter wereld watertekorten zijn te verwachten.

Op veel plaatsen ter wereld neemt de verzilting en verzouting van oppervlakte- en grondwater in landbouwgebieden toe en ontstaan er zoutwoestijnen (door ontbrekende aanvoer van zoet water) en verzoute “inland basins” (stijging van zout grondwater door lekkage van drainagewater). In Nederland zal de verzilting van grond- en oppervlakte-water in het gehele kustgebied verder toenemen door bodemdaling en zeespiegelrijzing, en wellicht een ander waterbeleid. *Er is een nieuwe denkwijze nodig, die uitgaat van de benutting van zoute milieus voor bioproductie en ecosysteemontwikkeling.*

- 2. De teelt van zouttolerante gewassen op zoute gronden (zoutwater-landbouw) heeft een aantal maatschappelijk en economisch interessante potenties, die verder geëxploreerd en ontwikkeld moeten worden.**

De perspectieven van halofyten als commodities voor voedsel, veevoer en fijnchemie op de (wereld-)markt van lijken vooralsnog beperkt. Bepaalde producten kunnen als groente een verrassende verbreding zijn van het assortiment in “Westerse” markten. Sommige toepassingen zijn geschikt voor regionale markten waar ook ter wereld. Voorts kunnen halofyten een wezenlijke bijdrage leveren aan het realiseren diverse maatschappelijke doelen zoals herbebossing of herbeplanting en ecologisch herstel van in onbruik geraakte zoute gebieden, kustontwikkeling en –bescherming, goedkope biomassaproductie voor duurzame energie, klimaatverbetering en CO₂-opslag. Deze benadering vraagt een internationaal perspectief.

- 3. De kennisontwikkeling op het gebied van zoutwaterlandbouw is zowel mondiaal als nationaal relatief beperkt, weinig gefocust en sterk gedreven vanuit de wetenschap. Dit opent perspectieven voor Nederland om mondiaal een rol van betekenis te spelen in de toegepaste, op innovatie gerichte kennisontwikkeling.**

Er bestaat een rijke wetenschappelijke literatuur over halofyten. De benutting van deze kennis is minimaal. Kennisinstituten in tal van landen houden zich bezig met de nationale verzoutingsproblematiek, maar er zijn geen grote internationale onderzoeksprogramma's of netwerken op het gebied van halofyten. In agrarische ontwikkelings-

programma's staan landgebruik, gewaskunde en irrigatiemanagement centraal en ontbreekt het gebruik van halofyten onder verzoute omstandigheden. In Europese programma's heeft dit onderzoek geen prioriteit.

De Nederlandse kennisinstellingen op het gebied van de landbouw en biologie zijn in het algemeen van een goed niveau, sterk toepassingsgericht en hebben een breed vertakt internationaal netwerk. Zij zijn in staat snel op zoutwaterlandbouw in te spelen. Bovendien is er een aantal Nederlandse ondernemingen (MKB, consultants en multinationals), die op termijn de vruchten van bepaalde innovaties kunnen plukken.

4. Om de kansen voor productie van biomassa en ontwikkeling van eco-systemen onder zoute omstandigheden te benutten is het gewenst het brede thema *"Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities"* te ontwikkelen. Binnen dit thema kunnen verschillende activiteiten worden uitgewerkt:

a. een innovatieprogramma betreffende:

"Bioproductie en ecosysteemontwikkeling op zoute gronden"

b. een verkennende studie over:

"Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in mariene en estuariene systemen"

Het innovatieprogramma voorziet in het uitwerken van enkele uitdagende pilots. Op basis van de uitwerking van deze pilots kan worden besloten welke vervolgvactiteiten van LNV en andere actoren zoals het bedrijfsleven of onderzoeksinstellingen gewenst zijn.

Voorbeelden van pilots zijn:

1. Een polder met zoute kwel
2. Zee-Land als regioconcept
3. Halofyten als biomassa voor energiedoeleinden
4. Halofyten als grondstof voor de (fijn)chemie
5. Benutting van halofyten in zoutgradiënten van irrigatiesystemen
6. Benutting van halofyten in projecten voor integrale kustbescherming en -ontwikkeling

Bij het opzetten en uitvoeren van een innovatieprogramma is samenwerking tussen partijen vereist. De overheid kan een initiërende rol spelen, maar anderen (bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties, kennisinstellingen) moeten de urgentie voelen en er in willen investeren. Het innovatieprogramma raakt aan de werkterreinen van meerdere departementen (V&W, VROM, EZ, BuZa-DGIS).

Het uitwerken van een innovatieprogramma zal 6-9 maanden vragen.

Het is niet zinvol nu al te denken aan een fysieke onderzoekslocatie in Nederland (proefstation of proefboerderij) voor zoutwaterlandbouw. Allereerst dient zicht te komen op de inhoud en de omvang van het innovatieprogramma. Daarnaast zijn er voldoende mogelijkheden om aan te sluiten bij de bestaande infrastructuur voor onderzoek en innovatie.

De kansen van bioproductie en ecosysteemontwikkeling in *zoutwatermilieus* verdienen ook verdere aandacht. Deze zijn nog onderbelicht in de huidige kennisinfrastructuur en moeten verder worden verkend.

...I am very happy that the NRLO is taking up a detailed study on "agriculture under saline conditions". *This is a timely initiative.*

Dr. M.S. Swaminathan (de Indiase vader van de groene revolutie) in een brief aan de NRLO

Research on the salt tolerant halophytic species has so far been devoted to biological and eco-physiological inquiries but their exploitation for rehabilitation of salt-affected wastelands has not fully attempted. Many halophytic plants have industrial applications in the form of essential oils, medicinal, alcohol, fiber, latex, pulp, cosmetics etc. These species grow mostly in the wild on salty lands and are of economic value. *However, these halophytes continue to be either under or unexplored. Thus, it seems to be the time to initiate research efforts in this direction.*

Dr. R.S. Paroda (Directeur Generaal van de Indian Council of Agricultural Research) in een brief aan de NRLO

Halophytes are non conventional crops and it would take a little to make people believe that they are good food for them. However, there are potentials to extract good quality oil from them and this would not have any problem of acceptability. Same would be true for feed, fiber and forage crops. *There is no doubt that saline agriculture is here to stay. It would need fine tuning in different ecological situations. Basic and applied research is needed.*

Prof. Dr. M. Ajmal Khan (University of Karachi) in een brief aan de NRLO

1. Inleiding

De afgelopen jaren wordt steeds duidelijker dat de schaarste aan zoet water en de verzilting van landbouwgronden wereldwijd steeds ernstiger vormen aannemen. Beide ontwikkelingen worden gezien als een bedreiging voor de wereldvoedselvoorziening. Tegelijkertijd komen er steeds meer signalen dat de teelt van gewassen met een hoge zouttolerantie gezien kan worden als een interessante optie om zoute gronden te benutten en zoet water te besparen (1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 17). Deze teelt wordt kortweg *zoutwaterlandbouw* genoemd, terwijl de zouttolerante planten worden aangeduid met de naam *halofyten*). In Nederland heeft met name Ocean Desert Enterprises B.V. (ODE B.V.) te Amsterdam zich sterk gemaakt voor de agendering van dit thema bij het bedrijfsleven, de politiek en kennisinstellingen. Indien deze perspectieven van de teelt van gewassen op zoute gronden inderdaad reëel zijn, doet zich de vraag voor of de Nederlandse kennisinfrastructuur hier meer actief op zou moeten inspelen.

Dit was aanleiding voor het Ministerie van LNV om in maart 2000 aan de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO) te vragen om een verkenning uit te voeren naar de perspectieven van zoutwaterlandbouw en de wenselijkheid van een kennis- en innovatieprogramma op dit gebied. Vanwege de korte doorlooptijd (3 maanden) heeft de verkenning het karakter gekregen van een quick scan, waarin in vogelvlucht enkele hoofdlijnen worden aangegeven.

De hoofdvraag is door LNV als volgt geformuleerd:

Wat zijn de potenties van zoutwaterlandbouw voor Nederland met betrekking tot de opbouw van expertise over zoutwaterlandbouw voor kennisexport in een mondiale c.q. Europese context?

In de quick scan zijn vier parallelle activiteiten uitgevoerd:

1. Een essay over de perspectieven voor zoutwaterlandbouw.
2. Een literatuurscan, vooral gericht op het in kaart brengen van nationale en internationale netwerken en onderzoeksactiviteiten.
3. Een twintigtal interviews met vertegenwoordigers van diverse organisaties (bijlage 1).
4. Een werkbezoek aan twee locaties in Mexico, bestemd voor de productie van zeekraal en voor selectie- en veredelingsactiviteiten bij zoutminnende plantensoorten (ODE B.V. en Saline Seed Inc., Mexico).

Een klankbordgroep is ingesteld om bij te dragen aan de gedachtenvorming en om opvattingen te toetsen (bijlage 2).

Het essay, de literatuurscan en de verslagen van de interviews en het werkbezoek zijn gepubliceerd als NRLO-rapport 2000/11.

Dit rapport is opgebouwd langs de volgende lijnen. In hoofdstuk 2 wordt de context beschreven: de toenemende schaarste aan zoet water in de wereld en de verzouting van gronden. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de potenties van zoute milieus beschreven, Daarin komen zowel zoute gronden als zout water als productiemilieu aan de orde. In hoofdstuk 4 wordt een impressie gegeven van de kennisbronnen en -infrastructuur en in hoofdstuk 5 worden de kennis- en innovatieopgaven geschetst. Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de rollen van diverse actoren beschreven en wordt een voorstel gedaan voor actie door LNV.

2. Zoetwatergebruik wereldwijd onder druk

Wereld

Lokale tekorten aan zoet water en verzouting van landbouwgronden zijn bekend uit de historie van de mensheid. Hele culturen dankten hun voortbestaan aan het vernuft om efficiënte waterbeheersingssystemen op te bouwen en te exploiteren. Soms, is de productie eeuwenlang uitgevoerd door teelt in zoet water, zoals bij de rijstteelt. Momenteel stijgt het gebruik van zoet water in huishoudens, de industrie en de landbouw zo snel dat overal ter wereld tekorten aan zoet water zijn te verwachten. Op diverse plaatsen is dat al het geval. Vooral in aride tropische en subtropische gebieden neemt verzilting en verzouting van oppervlakte- en grondwater in landbouwgebieden snel toe en ontstaan er zoutwoestijnen (door ontbrekende aanvoer van zoet water) en verzoute “inland basins” (stijging van zout grondwater door lekkage van drainagewater). Uit FAO-gegevens blijkt dat zeker 40% van het wereldareaal te maken heeft met enige vorm van verzouting (8). De werkelijke impact van deze schatting is niet geheel duidelijk. Wel blijkt uit diverse bronnen dat grote gebieden in Australië, India, Pakistan, Egypte, Centraal Azië, Zuid-Amerika en Mexico en de Verenigde Staten (1, 2, 11) in meer of minder ernstige mate met verzouting te kampen hebben.

De problematiek van watertekorten en verzilting wordt wereldwijd erkend, zoals is gebleken tijdens het World Water Forum te Den Haag (maart 2000). Er wordt langs verschillende lijnen gewerkt aan oplossingen (7).

1. Er wordt gezocht naar mogelijkheden om wereldwijd de zoetwatervoorraden efficiënter te gebruiken, bijvoorbeeld door het verbeteren van de irrigatietechnieken. Alleen al in India en Pakistan zijn er tienduizenden kilometers irrigatiekanalen waar de lekverliezen 50% of meer bedragen. Voorbeelden uit met name Israël tonen aan dat met een goed irrigatiemanagement en precisie (druppel)bevloeiing de efficiëntie van irrigatie nog sterk is te verbeteren.
2. Ook het ontzilten van zout water is een mogelijkheid. Dit is momenteel nog kostbaar, maar er zijn doorbraken te verwachten waardoor de kosten sterk kunnen dalen. Zo kan door ultrafiltratie op basis van zonne-energie zoet water beschikbaar komen tegen relatief lage kosten. Deze methode is momenteel in ontwikkeling.
3. Een andere optie is het reduceren van het watergebruik van verschillende gewassen door geavanceerde teelttechnieken en veredeling bijvoorbeeld in de rijstteelt (7). Dit is niet alleen een zaak van techniek, maar dit vergt ook sociale en culturele veranderingen in de lokale gemeenschappen.

4. Voorts wordt getracht om verzoute gebieden weer te ontzouten door technische ingrepen (zoals doorspoelen met zoetwater), maar dat is een zeer kostbare methode waarbij veel zoetwater moet worden gebruikt. Deze aanpak lijkt weinig kansrijk. In grote, laag liggende verzoute gebieden (zoals de *inland basins* in Pakistan en India) wordt geprobeerd om het water af te voeren naar zee. Dat vraagt kostbare en omvangrijke infrastructurele werken.
5. Ook zijn er nog tal van mogelijkheden in de wereld om de voedsel- en biomassa-productie te concentreren in gebieden waar zich geen verzoutingsproblemen voordoen, zoals Oost-Europa (incl. Oekraïne en Rusland), Zuid- en Noord-Amerika.

Gelet op de omvang en de urgentie van het vraagstuk van de beschikbaarheid van zoet water is het verstandig om de inspanningen niet alleen te richten op de preventie van verzouting, maar ook op de benutting van zoute milieus.

Nederland

In Nederland is vanouds een gevecht gaande tegen de verzouting van landbouwarealen. De deltawerken - primair opgezet vanuit veiligheidsoverwegingen - zijn ook aangegrepen om te proberen de binnenwateren te verzoeten (o.a. Grevelingen, Volkerak, Haringvliet), overigens zonder veel succes. In veel polders in het kustgebied wordt met zoet water doorgespoeld om verzilting tegen te gaan, die nog zal toenemen als gevolg van de verwachte zeespiegelstijging. Dit leidt tot een enorme verspilling van zoet water. Om zoet water te sparen zijn plannen in voorbereiding, die ruimte laten voor verzilting van bepaalde gebieden (5, 13, 16). Voor deze gebieden moeten nieuwe gebruiksvormen worden ontwikkeld. Daarnaast is er door het huidige waterbeheer in diepe polders zoals de Wieringermeer sprake van bodemdaling en verzilting door zoute kwel.

Dit betekent dat ook in Nederland de verzilting in de gehele kuststreek door allerlei oorzaken zal gaan toenemen (bodemdaling, zeespiegelstijging, ander waterbeheer). Dit zou niet als een bedreiging moeten gezien, maar als een nieuw en uitdagend perspectief. Het recente advies van de NRLO, RMNO en AWT ("Over stromen") betreft deze uitdagingen (NRLO-rapport 2000/4).

Conclusie

De problematiek van zoetwatertekorten en verzilting wordt wereldwijd erkend. Er wordt wereldwijd gewerkt aan methoden voor een beter en efficiënter zoetwater gebruik. De verzilting in de gematigde klimaatzones en dus ook in Nederland is beperkter van aard en omvang dan in de aride en semi-aride gebieden in de wereld. Zoutwaterlandbouw zou één van de opties kunnen zijn om verzoute gronden te benutten, in de eerste plaats vanuit een mondiaal perspectief, en in de tweede plaats ook in een nationale context. De vraag is waar de potenties van zoutwaterlandbouw dan concreet liggen.

3. Potenties van zoute milieus

3.1. Benutting van zoute gronden met halofyten

Zoutwaterlandbouw is een vorm van landbouw, waarbij op zoute gronden gewassen worden geteeld (behorende tot de halofyten) die een hoger zoutgehalte kunnen verdragen dan normale cultuurgewassen. Globaal kunnen we onderscheid maken tussen verschillende typen halofyten op basis van het zoutgehalte van het water dat ze verdragen (13):

1. Planten met een hoge zouttolerantie: ontwikkelen zich in water met zoutgehaltes als in zeewater of zelfs hoger.
2. Gemiddeld zouttolerante gewassen: groeien in brak water.
3. Matig zouttolerante gewassen: groeien in licht brak water, dat ongeschikt is voor conventionele landbouw.

In de eerste categorie vallen de zoutwaterhalofyten, die direct aan zee voorkomen (laag op de kwelder) en die over zeer gespecialiseerde mechanismen beschikken om met zout om te gaan. Voorbeelden zijn zeekraal, slijkgras en schorrenkruid. In de tweede categorie bevinden zich de brakwaterhalofyten, zoals lamsoor, zeebiet en zeekool, terwijl de voederbiet een voorbeeld is van een gewas uit de derde categorie.

Enkele halofyten vallen op door hun spectaculaire groei en productie onder zoute condities. Toch is het aantal voorbeelden waarin halofyten werkelijk worden toegepast voor een bepaald nutsdoel buitengewoon gering. Veel van de toepassingsmogelijkheden en potenties van zoutwaterlandbouw kunnen bovendien slechts in kwalitatieve termen worden aangeduid. De belangrijkste oorzaak van de geringe benutting tot nu toe is dat er vrijwel nergens tot nu toe sprake was van enige urgentie omdat normale landbouwgewassen aan de behoeften voldeden.

Bij halofyten is vrijwel uitsluitend sprake van in het wild voorkomende plantensoorten. Er heeft nog vrijwel geen selectie of veredeling van halofyten plaatsgevonden met het oog op nutsfuncties (zie 4.1.). Het is niet ondenkbaar dat zodra er echt wordt gezocht, er halofyten met unieke eigenschappen kunnen worden gevonden.

In onderstaand overzicht zijn de potenties van halofyten gerangschikt naar denkbare behoeften vanuit de markt en de maatschappij, zowel vanuit een lokale, regionale, nationale als een internationale context (1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13).

Voedsel

In verschillende publicaties wordt gesteld dat op de lange termijn de wereldvoedselvoorziening door de toenemende verzouting in het geding is. De cultivering van bepaalde

halofyten zou een bijdrage aan de oplossing van dat probleem kunnen leveren. Het aantal concrete aanknopingspunten voor deze stellingname is echter beperkt.

Slechts twee plantensoorten zijn algemeen bekend als zilte groente: zeekraal en zeeaster.

Beide worden in Nederland en enkele andere Europese landen geconsumeerd. Veel producten worden wild gesneden en op de markt gebracht, maar er zijn enkele ondernemers die een teelt hebben opgezet en een marktpositie opgebouwd. Zeekraal en zeeaster komen over de hele wereld langs kusten voor en worden daar door de lokale bevolking geconsumeerd. Het valt te verwachten dat deze gewassen een eigen plaats zullen gaan innemen in de markt van speciale groente- of saladeproducten. De ideeën over het benodigde aantal hectares voor productie lopen sterk uiteen: van enkele hectares voor de Nederlandse markt tot enkele duizenden hectares in de Europese markt. De Amerikaanse markt lijkt nog vrijwel onontgonnen.

De zaden van (in elk geval verscheidene) halofyten zijn vrijwel zoutloos, dit in tegenstelling tot andere plantendelen. Deze zaden zouden, net als granen en rijst, kunnen worden gebruikt voor verwerking.

Er zijn nauwelijks halofyten bekend, die een rol kunnen spelen als basisvoedsel (zoals granen, rijst en aardappelen). Onder de schaarse voorbeelden zijn een zoutwaterresistente guave en een tomaat.

De verwachting is dat er meer halofyten geïdentificeerd kunnen worden die in voedselmarkten een plaats kunnen verwerven, met name als (luxe) groenten. In meer algemene zin zijn halofyten rijk aan proteïnen, oliën en vetten die bruikbaar zijn voor menselijke consumptie.

Veevoer

Een aantal halofytensoorten is te benutten als veevoer. Overal ter wereld zijn voorbeelden, zoals het Kallargras in Pakistan en diverse *Atriplex* sp. in Australië. Langs de Franse en Nederlandse kust worden schapen buitendijks geweid waarna het vlees als regionale specialiteit op de markt wordt gebracht (*d'agneau pré salé*). Overigens lijken daar ook grenzen aan te zijn, omdat de consumptie van bepaalde zouttolerante gewassen de zoetwaterbehoefte bij vee kan doen toenemen (in Zeeland zijn de buitendijkse hooggelegen zoetwaterdrinkplaatsen, de hollestellen, voor dat doel bekend). Tevens kunnen bepaalde inhoudstoffen (saponinen) de groei beperken.

(Fijn)chemie

In publicaties over de potenties van halofyten worden tal van mogelijke interessante toepassingen voor de (fijn)chemie genoemd. Daaronder zijn verschillende oliën (vervangers voor andere plantaardige oliën), vetten, harsen, proteïnen, stoffen voor gebruik in cosmetica. Dit zijn meestal kwalitatieve aanduidingen. Het is niet duidelijk in hoeverre deze stoffen unieke eigenschappen bezitten of unieke waarden vertegenwoordigen. Veel

chemische stoffen zijn als *commodity* op de wereldmarkt en dat betekent dat de stoffen uit halofyten moeten concurreren (kosten, eigenschappen, kwaliteit, zuiverheid e.d.) op bestaande markten. Bepaalde producten hebben een wel een grote waarde voor lokale gemeenschappen, die geen toegang hebben tot de *commodities* op de wereldmarkt.

Vezels en bouwmaterialen

In de literatuur wordt vaak gewezen op het feit dat bepaalde halofyten zeer vezelrijk zijn waardoor er tal van gebruiksmogelijkheden ontstaan in de sfeer van vezels en bouwmaterialen. Dergelijke toepassingen zijn vooral van belang voor de lokale gemeenschappen in de verzoute gebieden.

Siergewassen

Sommige halofyten of onderdelen hiervan kunnen als siergewas worden benut. Dit is bijvoorbeeld het geval met de gedroogde bloemstengels van zeeaster.

Energie

Een potentieel interessante optie is om biomassa te telen voor energieproductie. In de literatuur worden voor bepaalde halofyten productieniveaus genoemd (50 - 60 ton verse gewicht per hectare), die voldoende interessant zijn om de gebruiksmogelijkheden van halofyten voor de productie van biomassa verder te exploreren. In scenario's van Shell over de energievoorziening in 2050 wordt ervan uitgegaan dat circa 20 % van de energievoorziening voor de wereld zal komen uit biomassa. Alleen al vanuit die optiek is het volgens de Stichting Duurzame Chemie Ontwikkeling de moeite waard te investeren in de potenties van bepaalde halofyten voor de productie van biomassa. Het produceren van goedkope grondstof (biomassa) op zoute gronden die voor andere doelen ongeschikt zijn, is een aantrekkelijk perspectief voor grote multinationals zoals Shell. Shell beschikt al over een techniek om biomassa direct om te zetten in olie.

Kustontwikkeling en -bescherming

Op verschillende plaatsen in de wereld tracht men te komen tot nieuwe vormen van kustontwikkeling en -bescherming. Belangrijke voorbeelden zijn daarvan ook in Nederland te vinden (kustuitbreiding Maasvlakte en de Zuid- en Noordhollandse kust, zie 20). Essentieel is het inzicht dat gebruik kan worden gemaakt van de dynamiek van water en land, dat kan leiden tot "bouwen met de natuur". Daartoe behoren concepten als "levende rivieren", "meegroeien met de zee", estuariene ontwikkeling voor de kust van Voorne (uitloeijsel van de Maasvlakte) en de buitenwaartse kustverplaatsing vanaf Hoek van Holland tot aan IJmuiden. Daarin kan nadrukkelijk een plaats zijn voor brak en zoutwatermilieus en exploratie van zoet-zoutgradiënten met kansen voor natuur- en landschapsontwikkeling, en mariene en estuariene bioproductie. Bij deze concepten gaat het niet langer om puur de

harde techniek van dijken bouwen of anderszins met technische middelen kusten beschermen.

In de provincies Zeeland, Friesland en Groningen zijn verschillende projecten in uitvoering waarbij in polders langs resp. de Oosterschelde en de Waddenzee brakke natuurgebieden worden gecreëerd. In Groningen en Friesland worden zelfs dijken doorgestoken om de verzilting te bevorderen en opnieuw zoet-zoutgradiënten te creëren. In Groningen zijn studies verricht naar de combinatie van natuurontwikkeling en productie van halofyten zoals zeeaster en zeekraal. Tot nu toe blijft het bij brakwater-natuurontwikkeling.

In de tropen zijn de mangrovebossen langs de kusten voorbeelden van natuurlijke kustbescherming. Mangroven zijn nadrukkelijk halofyten, boomsoorten die gedijen in zoutwatermilieus. Mangrovesystemen zijn feitelijk getijdebossen op de grens van zoet en zout water. Zij hebben ook een zeer belangrijke rol als biotoop voor talloze vissoorten en kreeftachtigen (zie 3.3.).

De integratie van inzichten in de mogelijkheden van natuurlijke, zoute ecosystemen en technische kennis kan een rijke bron vormen voor nieuwe kustontwikkeling en het beheer ervan.

Tegengaan verwoestijning

Door verzouting worden bestaande functies van landgebruik in verschillende werelddelen bedreigd en op diverse plaatsen vernietigd. In sommige gebieden, afhankelijk van de grondsoort, is dat zelfs onomkeerbaar. Daarnaast zijn er gebieden waar herstel denkbaar is, met name daar waar sprake is van lichtere zand- of leemgronden en waar zoet of zout grondwater beschikbaar is.

Een aantal voorbeelden is te vinden in deltagebieden van grote rivieren (Nijl, Colorado). De delta van de Colorado in Mexico is zo'n voorbeeld van een *man-made* zoute woestijn, die steeds verder noordwaarts opruikt en Mexicaanse landbouwbedrijven doet verdwijnen onder zand- en zoutlagen die met zuidelijke winden worden aangevoerd. Langs de Nijl wordt zoveel irrigatiewater onttrokken, dat stroomafwaarts de rivier steeds verder verzout met grote gevolgen voor de uitgestrekte landbouwgebieden in de delta.

De groep halofyten kent ook vele boom- en struiksoorten, die in zoutgebieden verrassend goed gedijen. Een van de meest sprekende voorbeelden bevindt zich in de zoutwoestijn in het noorden van Chili, waar de overheid circa 20.000 hectare zoutwoestijn beplant heeft met de boomsoort *Prosopis sp.* In India wordt momenteel met deze boomsoort geëxperimenteerd en is men buitengewoon verrast door de positieve resultaten (Swanminathan, pers. comm.). In Mexico wordt dat bevestigd en heeft men daarnaast zeer opmerkelijke resultaten met *Tamarisk aphylla*, die zich eveneens goed ontwikkelt met uitsluitend zeewater als bron. In India en Egypte heeft men ook hoopgevende ervaringen met *Jujuba sp.* met oliehoudende zaden. Van deze boomsoorten is inmiddels bekend dat ze enkele meters diep kunnen wortelen en daardoor gebruik kunnen maken van zout grondwater. Dat biedt

intrigerende kansen voor herbeplanting van thans lege en verlaten zoutgebieden. De hoop bestaat dat de dreigende verwoestijning van gebieden kan worden voorkomen en het leefklimaat voor bewoners kan worden verbeterd.

In Egypte worstelt men niet alleen met de vraag hoe verzouting te voorkomen, maar ook met de vraag hoe bepaalde verzoute gebieden landschappelijk en ecologisch verbeterd kunnen worden om daarmee aantrekkelijker gebieden te creëren voor toerisme.

Klimaat

Beplanting van verzoute gebieden kan belangrijke positieve gevolgen hebben. Niet alleen kan sprake zijn van ecologisch herstel (zowel voor flora als fauna) en vorming van lokaal nieuwe biologische ecosystemen, maar dat kan ook verreikende gevolgen hebben voor de leefomstandigheden van de lokale bevolkingen. In een bredere visie kan het ook bijdragen aan verbetering van de klimaatcondities op de wereld. Tenslotte lijkt te kunnen worden ingespeeld op een internationaal maatschappelijk doel, namelijk de vastlegging van CO₂ door het aanleggen van grootschalige beplantingen op anderszins waardeloze zoute gronden.

Conclusie

De perspectieven van halofyten op de wereldmarkt voor voedsel, veevoer en fijnchemie lijken nu beperkt. Wel kunnen bepaalde producten als groente een verrassende verbreding zijn van het assortiment op met name “Westerse” markten. Voor lokale of regionale gemeenschappen, zowel in Westelijke landen als (sub-)tropische gebieden kunnen halofyten wel een belangrijke functie vervullen als voedsel, veevoer en (fijn)chemische producten en andere grondstoffen.

De belangrijkste potenties van halofyten zijn niet zozeer gelegen in hun bijdrage aan de wereldvoedselvoorziening maar vooral in hun bijdrage aan de benutting voor diverse doeleinden van het groeiende areaal zoute gronden. De belangrijkste mogelijkheden liggen bij herbebossing of herbeplanting en ecologisch herstel van in onbruik geraakte zoute gebieden, kustontwikkeling en -bescherming, de productie van goedkope biomassa voor duurzame energie, klimaatverbetering en CO₂-opslag. Het verder ontwikkelen van deze potenties vraagt een internationaal perspectief.

3.2. Benutting van zoute gronden met cultuurgewassen

De groei en ontwikkeling van normale cultuurgewassen neemt af naarmate het zoutgehalte van het groeimedium (grond, substraat) toeneemt. Dat betekent dat deze gewassen nauwelijks in aanmerking komen voor teelt op zoute gronden. Tussen de diverse cultuur-

gewassen is er een beperkte variatie in zoutgevoeligheid. Zo is van de plantenfamilie van de biet (*Beta* sp) bekend dat deze een zekere mate van zouttolerantie bezit (17). Binnen een plantenfamilie komt ook enige variatie voor. Veredelaars maken daar nu gebruik van door te selecteren op zouttolerantie. In de glastuinbouw is dat voor verschillende soorten groenten (het gangbare sortiment tomaat, paprika, sla) en bloemen vrij nauwkeurig bekend. Het zoutgehalte van het substraat heeft hier namelijk een grote invloed op productie en productkwaliteit.

In veel gebieden is het steeds vaker noodzakelijk om drainagewater te hergebruiken. De consequentie is dat dit irrigatiewater vaak veel zouter is. Men zou dan gebruik moeten kunnen maken van verschillen in zouttolerantie bij zowel halofyten als cultuurgewassen. Het is van belang de verschillen in zouttolerantie bij cultuurgewassen nauwkeuriger uit te zoeken.

Conclusie

Er is een beperkte variatie in zouttolerantie bij de gangbare cultuurgewassen. De kennis daarover kan waarschijnlijk worden vergroot. Deze variatie is vooralsnog onvoldoende om aan verzilting het hoofd te bieden.

3.3. Benutting van zout water als productiemilieu

Micro- en macro-algen

Op verschillende plaatsen ter wereld worden (macro-)algensoorten langs kusten verzameld en in zeecultures geproduceerd voor uiteenlopende doeleinden (voedingsingrediënten, chemische componenten zoals agar) (18, 21). Dat gebeurt vaak langs rotsachtige kusten. Experimenteel zijn er ook cultures met polystyreenplaten op zee om mariene algen te kweken. Het sterkst is dat ontwikkeld in Japan, Zuid en Oost Azië en Californië. Van daar uit worden diverse producten in gedroogde of verwerkte vorm over de wereld geëxporteerd. In Nederland worden enkele tientallen tonnen algen in gedroogde vorm (soms gemalen, soms in tabletvorm) geïmporteerd (15). Het grootste deel daarvan komt terecht in natuurvoedingswinkels. Langs de Europese Atlantische kusten (Portugal, Spanje en Frankrijk) worden wieren voornamelijk verzameld. In Frankrijk bestaat een proefstation voor algenproductie en het valoriseren van de producten. In Nederland is de belangstelling voor algen gering. Vers zeewier wordt uit Frankrijk aangevoerd, meestal voor garnering van visproducten. In Zeeland is wel geëxperimenteerd met het oogsten van zeesla uit het Veerse Meer, zowel voor menselijke consumptie als om vee bij te voeren. Het blijkt ook zeer gemakkelijk te kweken in gesloten systemen. De "verse" markt bleek toch te beperkt. Eén Nederlandse ondernemer tracht verschillende innovatieve producten op de markt te brengen gebaseerd op zeewier. Men probeert in te spelen op de gezondheidsmarkt, omdat

wieren van nature over een hoog gehalte van ijzer en jodium beschikken. De kweek van algen in kustwateren kan als probleem hebben dat gemakkelijk zware metalen en andere verontreinigingen door wieren uit het zeewater worden opgenomen.

Ook hier liggen volgens enkele ondernemers de belangrijkste problemen niet zozeer in de productie van wieren maar in het ontwikkelen van een markt.

Het gebruik van micro-algen (plankton) staat nog vrijwel geheel in de kinderschoenen. Dit heeft wel een groot potentieel alleen al vanwege de enorme oppervlakte van de oceanen. Een van de ideeën is om microalgen te gebruiken voor energieproductie.

Bioproductie van dierlijke organismen in zout-zoetgradiënten

Estuaria, baaien, lagunes, zeearmen en rivierdelta's behoren tot de meest productieve natuurlijke ecosystemen ter wereld (18, 21). Er kunnen productieniveaus van biomassa (vis en kreeftachtigen) worden gehaald die ten minste vergelijkbaar zijn die uit moderne landbouwsystemen. Deze gebieden zijn te beschouwen als natuurlijke "fabrieken". Deze gebieden zijn de grote kraamkamers voor al het leven uit de zeeën en oceanen en dragen ook bij aan de rijkdom van het natuurlijke ecosysteem. Geen enkel natuurlijk systeem op deze wereld kent zo'n variëteit aan leven en toont tegelijkertijd zulke grote potenties voor voedselproductie.

De belangrijkste reden voor de productiviteit van deze gebieden is dat het zoete rivierwater en het zoute zeewater hier samenkomen. Er ontstaan zoet-zoutgradiënten die de basis vormen voor deze enorme productiviteit. Enerzijds sterven in deze gradiënten mariene en zoetwater organismen af maar daardoor ontstaat een grote massa organisch materiaal dat weer als voedsel kan dienen voor allerlei vormen van marien leven.

Deze rijke vorm van bioproductie wordt op lokale schaal benut als voedselbron. Overal ter wereld zijn daarvoor kansrijke gebieden aan te wijzen.

In dit kader moet ook de aandacht worden gevestigd op de potenties van mangrove-getijdebossen langs de kusten in tropische gebieden. Deze bossen vervullen tal van functies zoals kustbescherming en biotoop voor dierlijke organismen, maar ook als leverancier van producten voor lokaal gebruik.

Industriële eiwitproductie met micro-algen

In Nederland vindt als vervolg op het DTO-programma (duurzame technologische ontwikkeling) op kleine schaal onderzoek plaats om (zoet water) micro-algen in bioreactoren te produceren vanwege hun potentieel voor eiwitproductie. De potenties voor de voedselvoorziening worden hoog ingeschat. Dit onderwerp is in het kader van deze quick scan niet uitgewerkt.

Mariene aquacultuur in gesloten systemen (zeelandbouw)

Voor de kweek van zeevis worden verschillende vormen van aquacultuur ontwikkeld. Het verst ontwikkeld is de viskweek in afgesloten zeearmen of fjorden. Voor Nederland kan interessant zijn de kweek van zeevis in gesloten systemen op het land (zeelandbouw). Eén ondernemer loopt op dit gebied in Nederland voorop. Deze vorm van mariene bio-productie is in deze quick scan niet meegenomen (zie de interviews in het achtergrond-document NRLO-rapport 2000/11).

Conclusies

De potenties van micro- en macro-algen als bron voor voeding, voedingsingrediënten en natuurlijke chemische grondstoffen worden hier slechts in kleine kring gezien. In Japan en Zuidoost Azië is daarentegen sprake van een zeer sterk groeiende bedrijvigheid. Estuaria en deltagebieden bieden in het kader van de wereldvoedselvoorziening grote mogelijkheden voor bioproductie en ecosysteemontwikkeling door het benutten van de daarin voorkomende zoet-zoutgradiënten. Dat is ook het geval met mangrove-getijdebossen langs kusten.

Naast het ontwikkelen van een teelttechniek is het ontwikkelen van een markt het allerbelangrijkste.

Roelof Hoogland (ondernemer) in een telefonisch interview

Vanuit de wetenschap worden vaak vele mogelijke functies aangedragen zonder dat er een productconcept aanwezig is. Bij zoutwaterlandbouw lijkt ook sprake te zijn van een wetenschapsgedreven technologie met vele mogelijke functies. Als men succesvol wil zijn dat is het noodzakelijk om potentiële klanten te vinden en met hen de gewenste productapplicaties te ontwikkelen.

Ir. J.H. Voûte (DIMI) in een interview

Het gaat niet alleen om het valoriseren van producten uit zeewier, *maar om het creëren van een nieuwe branche op basis van gezonde zilte producten.* Het gaat uit van een breed concept van voedingsstoffen en gezondheidsproducten op basis van mariene grondstoffen.

Ir. M. Stevens (ondernemer)

Bij Shell gaat men er van uit dat over enkele decennia biomassa zo'n 20% van de energiebehoefte dekt. De vraag is of men over goedkope grondstof kan beschikken. *Stel dat er een hoge biomassaproductie mogelijk is op zoute gronden die geen andere functies dienen of waardeloos zijn, dan is dat een interessante optie.*

Ir. J.J.M. Mulderink (DCO) in een interview

Essentieel is de mogelijke benutting van zoute gronden, en het leren benutten van de zoutvegetatie. *De verzoutingsproblematiek moet vooral worden gezien vanuit de lokale en regionale situaties.* Het gaat vaak om basisbehoeften van de mensen die daar wonen en geen andere bronnen hebben voor voedsel of grondstoffen.

Dr. E. Erasmus (ODE B.V.)

De zeeën en oceanen bedekken tezamen drie kwart van onze aarde en zijn al sinds menscheugenis een bron van leven en levensondersteuning.het is geen toeval dat 60% van de wereldbevolking leeft in een strook van 60 km langs de kusten. Wereldbevolkingsprojecties laten voor de komende 25 jaar een verdubbeling van het aantal mensen in kuststreken zien. De kustwateren waren een rijke bron van mariene productie voor deze bevolking.

J.C.J. van Zon (Arcadis/Euroconsult) in zijn essay "De zee van bron tot hulpbron"

In verband met de rol die mariene productie in de toekomst kan gaan spelen is nu een discussie verantwoord over de potentiële rol hierbij van het landbouwkundig onderzoek in Nederland. Dit fameuze onderzoeksapparaat heeft zijn sporen verdiend voor, tijdens en kort na de groene revolutie. *Het is de vraag of de huidige onderzoeksthema's nog economisch relevant zijn en **of een omschakeling naar de blauwe revolutie** niet meer zoden aan de dijk zou zetten.*

J.C.J. van Zon (Arcadis/Euroconsult) in zijn essay "" De zee van bron tot hulpbron"

In Nederland is vanouds een gevecht gaande tegen de verzouting van landbouwgronden. Daarop is het beleid gebaseerd van waterschappen om in kustgebieden met zoet rivierwater door te spoelen. *Daarmede is de overheid de grootste zoetwater verspiller van Nederland. We moeten de verzilting accepteren en nieuwe gebruiksvormen bedenken en laten ontstaan. We moeten kiezen voor gezonde zoute milieus en overgangen van zoet naar zout. Dat kan leiden tot gebieden met hoge eiwit-producties, waarin eenvoudig kan worden geoogst.*

Prof.dr. H. Saeijs (EUR) in een interview

De zeeën herbergen niet alleen veel meer vissoorten dan thans gevangen worden, er bevinden zich ook andere organismen die interessant kunnen zijn voor benutting door de mens - niet alleen voor voedsel maar ook voor andere doeleinden. Daarnaast zijn er mogelijkheden om wél benutte biomassa op een betere of andere wijze te gebruiken. *Het mariene ecosysteem biedt kortom in potentie diverse interessante mogelijkheden. Wat zou er moeten gebeuren om beter gebruik te maken van de aanwezige biomassa?*

Dr.ir. A.P. Verkaik (NRLO) in het NRLO-rapport "Zeeën van mogelijkheden" (98/10)

De mariene procestechnologie houdt zich bezig met het vertalen van marien-biologische ontdekkingen naar processen of systemen waarmee producten op praktische schaal gemaakt kunnen worden: efficiënte en effectieve productie van mariene biomassa in bioreactoren onder gecontroleerde omstandigheden. *De mariene bioprocestechnologie slaat zo een brug tussen de oceaan en de industrie.*

J. Tramper (WageningenUR) in het essay "Concepten voor een nieuw elan in de Nederlandse landbouw"

4. Kennisbronnen en -infrastructuur

4.1. Halofyten op zoute gronden (8)

Wereld

In een aantal landen waar de verzouting grote vormen heeft aangenomen vindt onderzoek plaats in speciale instituten die geheel gericht zijn op “gangbare” landbouw onder verzoutende condities. Het onderzoek - zowel bij instituten als bedrijven - is voornamelijk gefocust op het produceren van zoetwater cultuurgewassen onder condities van een steeds verder verzoutend water/bodem-systeem. Men maakt daarbij gebruik van kleine verschillen in zouttolerantie tussen cultuurgewassen of tussen rassen van één gewas. Voor halofyten was tot voor kort geen aandacht. Dat begint nu te veranderen.

Nu de verzoutingsproblematiek grote vormen aanneemt ontstaan er op tal van plaatsen initiatieven om de benuttingsmogelijkheden van halofyten te evalueren. Dit gebeurt o.a. in Australië, Pakistan, India, Saoedi-Arabië, Chili, Mexico en Californië.

Europa

In Europa is de aandacht voor de verzoutingsproblematiek gering. De laatste 10 jaar zijn 20 projecten op het gebied van zouttolerantie gesteund met EU-financiering. Op het gebied van zoutwaterlandbouw is één project gehonoreerd waaraan meerdere landen hebben deelgenomen. Aan dit project heeft LNV medefinanciering verleend. Daarmede is de infrastructuur van een proefveld in Burgh Haamstede (Zeeland) aangelegd. De financiering van het project werd na 4 jaar door de EU niet verlengd wegens te magere resultaten. Het onderzoek werd daarna gestaakt.

Recent is een Europees netwerk van onderzoekers op het gebied van halofyten opgericht, dat wordt gecoördineerd door onderzoekers van de universiteit van Osnabrück (Duitsland).

Nederland

De kennis over halofyten is in Nederland beperkt tot enkele onderzoekers aan drie instituten: NIOO te Yerseke, Vrije Universiteit Amsterdam, Plant Research International te Wageningen. Deze onderzoekers besteden slechts een beperkt deel van hun tijd aan dit onderwerp. Het bedrijf Rijk Zwaan (De Lier, Nederland) heeft samen met Scrops B.V. in Zeeland enige veredelingsactiviteiten uitgevoerd bij zeeaster (*Aster tripolium*) om de nutsfuncties (groei, productie, eet- of gebruikskwaliteit van het product, ziekteresistentie e.d.) te verbeteren. ODE B.V. (Amsterdam) is samen met het bedrijf Saline Seed Inc. te Mexico bezig met veredeling van zeekraal (*Salicornia bigelovii*). Als *spin-off* van het EU-

project hebben enkele Nederlandse en Belgische (MKB-)ondernemers (zie bijlage 1) de productie van zeekraal en zeeaster opgepakt, zij het dat de productie ten dele buiten Nederland plaatsvindt (Portugal, Mexico). Hun grootste zorg is niet zozeer de teelt, maar het opbouwen van een marktpositie.

Conclusie

Op het gebied van halofyten is de kennis internationaal vooral geconcentreerd in de wetenschappelijke wereld bij individuen of kleine groepen onderzoekers. Onlangs is een initiatief genomen om een wetenschappelijk netwerk te vormen.

Er bestaat een rijke wetenschappelijke literatuur over halofyten. Het aantal concrete toepassingen is tot nu toe echter zeer beperkt. Het lijkt alsof er een barrière bestaat tussen de bestaande landbouwcultuur en de wetenschappelijke wereld van halofytenexperts.

Er zijn op de genoemde terreinen geen grote internationale onderzoeksprogramma's. In agrarische ontwikkelingsprogramma's staan landgebruik, gewaskunde en irrigatiemanagement centraal en ontbreekt het gebruik van halofyten onder verzoute omstandigheden. In Europese programma's heeft het onderzoek op elk van de hier genoemde gebieden geen prioriteit.

De Nederlandse kennisinfrastructuur kan op dit gebied (benutting zoute gronden met halofyten) direct inspelen door snel kennis op te bouwen.

4.2. Zoutresistentie bij cultuurgewassen

Op verscheidene instituten verspreid over de wereld wordt gewerkt aan het ontrafelen van verschillende mechanismen voor zoutresistentie. Tevens wordt getracht de genetische basis van zoutresistentie bij uiteenlopende gewassen te identificeren. Veredelingsbedrijven wijzen unaniem op het feit dat meer inzicht in de mechanismen van zoutresistentie nodig is alvorens dit in veredelingsprogramma's voor cultuurgewassen kan worden opgenomen. Gelet op de problematiek is de inspanning in de wereld (en in Nederland) op dit terrein beperkt.

Conclusie

Ondanks de geringe prioriteit is de Nederlandse kennisinfrastructuur in staat hierop direct in te spelen.

4.3. Mariene cultures

Benutting van micro- en macro-algen

De kennis over algenteelt in zeewater voor productiedoeleinden is voornamelijk geconcentreerd in Japan, India, Zuid en Oost Azië en Californië (8). In Europa is er uitsluitend een Frans proefstation op dit gebied actief. Het vervult daar een rol in de regionale ontwikkeling waarbij men zeeproducten ziet als regionale specialiteit.

Benutting van algen voor eiwitproductie in industriële systemen

In Nederland vindt als vervolg op het DTO-programma (duurzame technologische ontwikkeling) op kleine schaal onderzoek plaats om microalgen in bioreactoren te produceren vanwege hun potentieel voor eiwitproductie (19). Onderzoek dat hierop is gericht vindt plaats aan verschillende universiteiten. Er lijkt van enige coördinatie geen sprake.

Zout-zoetgradiënten en mangrove-getijdesystemen

In deze quick scan was het niet mogelijk relevante informatie te verzamelen over instellingen die op deze gebieden actief zijn. Voor mangrove-getijdebossen is kennis beschikbaar bij Wetlands International (gevestigd in Wageningen en ondersteund door LNV).

Internationaal komen de mangrove-getijdebossen steeds meer onder de aandacht en komt financiering beschikbaar. Van enkele Nederlandse consultancybureaus (DHV, Arcadis) is bekend dat zij bij herstelprogramma's voor mangroves zijn betrokken.

De gevarieerde Nederlandse delta biedt goede mogelijkheden voor kennisopbouw over de benutting van zout-zoetgradiënten (18).

Conclusie

Nederland kan in de wereld een rol van betekenis spelen bij het ontwikkelen van deze potenties op elk van de genoemde terreinen. Daarbij kan worden aangesloten bij de bestaande kennisinfrastructuur.

4.4. Zoetwatergebruik

Vrijwel overal ter wereld waar landbouw plaatsvindt of wordt ontwikkeld staan goed land- en zoetwatergebruik op de agenda. Steeds meer aandacht wordt besteed aan (zoet)watermanagement: optimalisatie van irrigatie- en bevoeiingstechnieken in de lokale context. Onderzoeksinstituten en consultancybureaus vanuit Nederland zijn op dat vlak zeer actief.

Overal waar verzouting van gronden of drainagewater een rol speelt wordt getracht daar op in te spelen. Dat wordt tot nu toe voornamelijk benaderd vanuit de mogelijkheden van het lokale watermanagement.

Instellingen van grote internationale organisaties (CGIAR, IFPRI, UNEP-programma's) spelen op dat gebied ook een actieve rol. De wereldbank is vaak betrokken in de financiering van regionale projecten op het gebied van waterbeheer, bevoeiing, irrigatie e.d. Over het algemeen vindt onderzoek plaats in lokale landbouwonderzoeksinstellingen.

Conclusie

De Nederlandse kennisinfrastructuur is reeds zeer actief op dit terrein. Een extra inspanning lijkt niet nodig.

5. Opgaven voor kennis-ontwikkeling en innovatie

5.1. Halofyten op zoute gronden

Om de potenties van zoutwaterlandbouw, en in het bijzonder de halofyten, ten volle te kunnen benutten is kennisontwikkeling en innovatie op verschillende gebieden nodig. Een aantal van die gebieden wordt hieronder genoemd. Veel gebieden vragen met name om toegepast onderzoek en op innovatie gerichte activiteiten, enkele met nadruk fundamenteel onderzoek.

Uitbreiding van het aantal bruikbare soorten.

Er ligt een opgave in het identificeren en ontwikkelen van een breed palet aan zouttolerante gewassen voor uiteenlopende toepassingen. Het aantal plantensoorten is momenteel nog zeer beperkt.

Ontwikkeling van voedingsgewassen

Als voedingsgewassen zijn zeeaster en zeekraal overal in opkomst, terwijl als veevoer overwegend Kallargras en *Atriplex sp.* worden gebruikt en als boomsoorten *Tamarisk*, *Prosopis* en Mangrove sterk domineren. De halofyten zijn botanisch goed gedocumenteerd, maar de voedingskwaliteiten zijn onvoldoende geëvalueerd. In het algemeen bevatten halofyten een hoog gehalte aan proteïnen, oliën en vetten die bruikbaar zijn voor menselijke consumptie. De verwachting bestaat dat er meer halofyten geselecteerd kunnen worden die in voedselmarkten een plaats kunnen verwerven, met name als groenten.

Ontwikkeling van toepassingen voor (fijn)chemie

Niet duidelijk is in hoeverre de stoffen uit halofyten unieke fysisch-chemische eigenschappen bezitten of unieke waarden vertegenwoordigen, die ze interessant maken voor specifieke toepassingen in de (fijn)chemie, de farmacie of de cosmetica. De aanpak van DCO (duurzame chemie-ontwikkeling) om alle delen van een plant op bruikbare stoffen te analyseren kan ook voor halofyten worden ingezet (4).

Veredeling en teelt

Veredeling van halofyten is noodzakelijk, niet zozeer om de zoutresistentie te verhogen, maar om de nutsfuncties (groei, productie, eet- of gebruikskwaliteit van het product,

ziekte-resistentie e.d.) te verbeteren. De kennis van de veredeling en de teelt van zout-tolerante gewassen zoals halofyten staat nog in de kinderschoenen. Er zijn nog vele vragen omtrent teelttechniek, bemesting en gewasbescherming.

Marketing

Er is slechts een beperkte kennis en ervaring op het gebied van de marketing van de producten van zoutwaterlandbouw. Enkele ondernemers hebben een bedrijfsmatige productie opgezet. Voor hen is de belangrijkste uitdaging niet de productie op zich, maar de marketing: hoe een nieuw product met een specifieke smaak in de markt te zetten en hoe het logistieke proces in de keten te organiseren?

5.2. Cultuurgewassen: veredeling op zoutresistentie

Zoutresistentie

De mechanismen van zoutresistentie (bij halofyten) zijn zeer divers en complex en worden nog nauwelijks begrepen (17). Inzicht in deze mechanismen is noodzakelijk voor de veredeling van cultuurgewassen op zoutresistentie.

De veredeling van de traditionele cultuurgewassen op zoutresistentie heeft tot nu toe echter tot weinig aansprekende resultaten geleid. Enkele instellingen melden wel enige voortgang. Zo heeft men bijvoorbeeld in Wageningen enig resultaat bij zoutresistentie bij tomaat en in India claimt men succes bij het overbrengen van genen voor zoutresistentie uit mangroven naar rijst (7, 14).

Ontwikkelingen op het gebied van de biotechnologie zouden tot nieuwe doorbraken kunnen leiden. Hier ligt een belangrijke opgave voor het fundamentele onderzoek.

5.3. Mariene cultures

Een nadere verkenning is nodig om de rol van Nederlandse kennisinstellingen en bedrijven op elk van de onderstaande gebieden te preciseren. Deze quick scan heeft slechts de potenties kunnen aanstippen.

Macro-algen

Kustwateren hebben voor productie van macroalgen een enorme potentie. In Japan en Californië is het gebruik daarvan al gemeengoed en weet men ook stoffen te extraheren die voor de mensheid van nut zijn. Het relatief weinige onderzoeks- en ontwikkelingswerk dat op dit gebied heeft plaatsgevonden heeft al geleid tot een serie bruikbare nieuwe producten, of tot het produceren van bekende producten op goedkopere wijze of met

minder negatieve neveneffecten. De nog onontdekte verbindingen in het marine milieu vormen waarschijnlijk een van de grootste schatten op aarde (NRLO-rapport 98/10 “Zeëen van mogelijkheden”).

Zout-zoetgradiënten

De potenties van bioproductie van dierlijke organismen in zoet-zoutgradiënten in delta-gebieden en in mangrove-getijdesystemen zijn groot. De mogelijkheden voor grootschaliger exploitatie dan thans het geval is lijken aanwezig. Een probleem is dat in verschillende gebieden kleinschalige lokale kust-ecosystemen bedreigd worden door overexploitatie. Het is nodig om stabiele mariene ecosystemen te ontwikkelen voor duurzame bioproductie (ook in de Nederlandse delta).

Nederland heeft vanwege de aanwezigheid van rivieren, delta's en zeearmen een uitgelezen kans om op dit gebied een belangrijke rol te spelen en expertise op te bouwen die overal ter wereld inzetbaar is.

Internationale initiatieven om de functies van de mangrovebossen beter te gebruiken, te versterken of te herstellen kunnen worden gesteund.

Micro-algen voor industriële eiwitproductie

De vertaling van mariene cultures naar industriële processen of systemen staat nog slechts in de kinderschoenen. De potenties voor grote doorbraken zijn aanwezig.

Mariene aquacultuur in gesloten systemen (zeelandbouw)

Deze ontwikkeling staat in de kinderschoenen. Nederland loopt achter bij ontwikkelingen elders in de wereld en Europa.

5.4. Zoetwatergebruik

Zoals blijkt uit paragraaf 4.4. zijn erg veel onderzoeksinstituten actief op het gebied van de verbetering van de efficiëntie van het zoet watergebruik. Er lopen ook tal van internationale programma's op dit gebied.

Er is geen aanleiding om op dit gebied additionele initiatieven voor kennisontwikkeling en innovatie op te stellen.

The contents of a research programme on saline agriculture can be:

- generation of database on the range of adoption of different halophytic species to saline situations under different agro-ecological conditions
- the next step should be generation of information with respect to their agronomic practices towards effective rehabilitation of salt lands
- generation of basic information on mechanisms of salt tolerance etc.
- research to identify and transfer genes and gene systemes that confer salt tolerance in these wild species
- conservation of biodiversity through development of gene banks and multiplication of rare and useful species

Dr. R.S. Paroda (Directeur Generaal van de Indian Council of Agricultural Research) in een brief aan de NRLO

6. Hoe verder: voorstellen voor actie

6.1. Rollen voor kennisinstellingen, bedrijven en overheid

In de voorgaande paragrafen is in vogelvlucht een beeld geschetst van een toenemende schaarste aan zoet water in de wereld en de groeiende noodzaak om zoute milieus (droog én nat) te benutten voor bioproductie en ecosysteemontwikkeling.

Er is vervolgens vooral ingezoomd op de perspectieven van zoutwaterlandbouw en vooral op de potenties van halofyten op zoute gronden (vanwege de door LNV aangegeven vraagstelling). Deze potenties zijn aanwezig - vooral in een internationale context - maar behoeven verdere exploratie en ontwikkeling. De Nederlandse kennisinstellingen kunnen daaraan een wezenlijke bijdrage leveren, terwijl bedrijven (multinationals, maar ook MKB-ondernemingen) daarvan op termijn de vruchten zouden kunnen plukken. De marktperspectieven zijn momenteel echter nog te weinig concreet om grote investeringen van bedrijven aan te trekken. Dit en het feit dat de toepassingsmogelijkheden van halofyten een aantal maatschappelijke doelen kunnen dienen (met name het tegengaan van klimaatverandering en verwoestijning), rechtvaardigen een actieve bemoeienis vanuit de Nederlandse overheid.

De nationale perspectieven voor zoutwaterlandbouw met halofyten zijn beperkter, al zal het aantal regio's in Nederland waar deze vorm van landbouw mogelijk is in de toekomst wel toenemen. De toenemende verzilting van de Nederlandse kustzone noopt tot een grotere aandacht voor de benutting van verzilte gronden voor verschillende doeleinden, waarbij zoutwaterlandbouw één van de opties is. Natuurontwikkeling is nadrukkelijk een andere optie.

Voorts liggen er belangrijke kansen voor Nederland in het benutten van de mogelijkheden van mariene en estuariene zoutwatermilieus voor bioproductie en ecosysteemontwikkeling.

Om de verschillende potenties succesvol te kunnen ontwikkelen is inzet nodig van verschillende partijen, zowel vanuit het bedrijfsleven, de kennisinstellingen als van de overheid.

Rol voor kennisinstellingen

Kennisinstellingen kunnen in de programmering de oriëntatie op de problematiek van zoute gronden, zout-zoetgradiënten, zeecultures en industriële productie op basis van algen versterken. Daarvoor zijn verschillende opties:

- intensiveren van het internationale netwerk;
- versterken van het toegepast onderzoek;
- versterken van het wetenschappelijk onderzoek op genoemde gebieden.

Rol voor het bedrijfsleven

Bedrijven hebben vooral een eigen rol in het ontwikkelen van markten voor specifieke producten. De meeste kleine ondernemers opereren op dit terrein erg individueel en zij zouden er baat bij kunnen hebben een MKB-branche-organisatie te vormen van ondernemingen met “zoute” producten. De grote ondernemingen (bijvoorbeeld de Nederlandse multinationals met eigen onderzoekspotentieel) zouden zelf of in DCO-verband de potenties van halofyten en herbenutting van zoute gronden kunnen analyseren en projectmatig aanpakken. Voor projecten op met een horizon van enkele decennia kunnen samenwerkingsprogramma’s met de overheid en kennisinstellingen worden ontwikkeld.

Rol voor de overheid

De overheid heeft een specifieke taak. Deze is vooral gelegen in het agenderen van wenselijke vernieuwingen vanuit een visie op toekomstige ontwikkelingen. Het gaat dan om met het oog op een langere termijn een conceptuele verandering bevorderen: in deze situatie het leren denken vanuit zoute condities voor bioproductie en ontwikkeling van ecosystemen. Het gaat om het agenderen van de zoutproblematiek en de uitdagingen ervan in internationale fora en in bilaterale overeenkomsten met diverse landen. De overheid kan het initiatief nemen om partijen bij elkaar te brengen en om samen met deze partijen een gezamenlijk programma te ontwikkelen.

6.2. Voorstel voor actie van LNV

Voorgesteld wordt om een initiatief te nemen om het volgende thema te ontwikkelen:

bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities

Vanuit dit thema kunnen 2 kernactiviteiten worden ontwikkeld:

1. een innovatieprogramma betreffende:

bioproductie en ecosysteemontwikkeling op zoute gronden

2. een verkenning over:

bioproductie en ecosysteemontwikkeling in mariene en estuariene systemen

Beide activiteiten worden hierna kort toegelicht.

Ad 1. Ontwikkeling van een innovatieprogramma

“Bioproductie en ecosysteemontwikkeling op zoute gronden”

Het voorgestelde innovatieprogramma voorziet in het uitwerken van enkele uitdagende pilots. Op basis van de uitwerking van deze pilots kan worden besloten welke vervolgactiviteiten gewenst zijn. De overheid kan een initiërende rol spelen, maar anderen (bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties, kennisinstellingen) moeten de urgentie voelen en er in willen investeren. Er zal ook uit die partijen een trekker moeten worden gevonden. Dit programma bestaat uit een nationale en een internationale component. De diverse pilots kunnen elk een ander consortium van “ontwikkelaars” vragen.

Bij de uitwerking moet worden bedacht dat het innovatieprogramma raakt aan de werkterreinen van meerdere departementen (V&W, VROM, EZ, BuZa-DGIS).

De uitwerking van het innovatieprogramma zal 6-9 maanden vragen.

Het programma moet worden getoetst aan de volgende criteria:

- het toekomstperspectief (marktpotentie en bijdrage aan maatschappelijke doelen);
- de bijdrage aan duurzame ontwikkeling;
- de noodzaak van samenwerking tussen partijen.

Tevens moet worden beoordeeld in hoeverre een bijdrage wordt geleverd aan:

- de verbreding van de relevante Nederlandse kennisportefeuille;
- de mogelijkheid om de opgebouwde kennis wereldwijd te exploiteren.

Het lijkt niet zinvol nu al te denken aan een fysieke onderzoekslocatie in Nederland (proefstation of proefboerderij) voor zoutwaterlandbouw. Allereerst dient zicht te komen op de inhoud en de omvang van een innovatieprogramma. Daarnaast lijken er voldoende mogelijkheden om aan te sluiten bij de bestaande infrastructuur voor onderzoek en innovatie.

De volgende uitdagende pilots kunnen in een innovatieprogramma worden uitgewerkt:

Nationaal

1. Een polder met zoute kwel

Uitdaging: als in 2010 in de polder alleen brak water beschikbaar is, welke functies kunnen er dan worden ontwikkeld en welke actoren (ondernemers, overheden, kennisinstellingen, maatschappelijke groepen) zijn daarbij nodig?

2. Zee-Land als regioconcept

Uitdaging: als Zeeland zijn perspectief wijzigt van een land met landbouw in een land met zilte zee, wat staat ons te doen om dat beeld te realiseren en te versterken? Welke nieuwe functies rond zout water en zoute gronden kunnen tot waarde worden gebracht? Denk aan aanvulling of verbreding van het bestaande pakket recreatie, landschap en natuur, productie en ecosysteemontwikkeling met nieuwe functies (productie van zeeaster en zeekraal, zoutwater aquacultuur) of ecosystemen(zout-zoetgradiënten).

Internationaal

1. Halofyten als biomassa voor energiedoeleinden

Uitdaging: het verhogen van de productiviteit en de energiewaarde van halofyten ten behoeve van de benutting als energiegewassen.

2. Halofyten als grondstof voor de (fijn)chemie

Uitdaging: het identificeren van unieke en interessante inhoudsstoffen, met een eigen specifieke waarde (biocascade-onderzoek)

3. Benutting van halofyten in zoutgradiënten van irrigatiesystemen

Uitdaging: het verminderen van de verzoutingsproblemen in irrigatiewater door het integreren van halofytenteelt in het irrigatiemanagement .

4. Benutting van halofyten in projecten voor integrale kustbescherming en -ontwikkeling

Uitdaging: het integreren van halofyten in kustontwikkelingsprojecten.

Ad 2. Uitvoeren van een verkennende studie

“Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in mariene en estuariene systemen”

De uitdagingen op dit gebied zijn inspirerend. De quick scan heeft deze lijn onvoldoende kunnen uitdiepen. Er wordt voorgesteld deelverkenningen te verrichten op twee gebieden:

- mariene en estuariene bioproductie en ecosysteemontwikkeling;
- micro-algen als bron voor industriële eiwitproductie.

Referenties

1. Anon. (1990). Saline agriculture: salt tolerant plants for developing countries. USA National Research Council, National Academic Press Washington DC.
2. Anon. (1998). Dryland salinity: Western Australian State Salinity Strategy.
3. Anon. (1998). Saudi symposium on halophyte plantation April 1998. Riyadh, Saudi Arabia.
4. Anon. (1999). Biocascade: geïntegreerde plantconversie met gecombineerde winning van producten en energie. DCO-rapport 99/04.
5. Anon. (1999). Landbouw en het natte hart. LTO-Nederland nota LWEN.99.0025.
6. Arts, S.F.W. en W.J. Bouma (1982). Zeegroente. Wetenschapswinkel U-Groningen 42 p.
7. Bindraban, P.S. en C.W.J. Roest (2000). Water for food. Wageningen UR, Wageningen.
8. Brandenburg, W. (2000). Literatuurscan zoutwaterlandbouw. In: Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities - Essay, literatuurscan en interviews, NRLO-rapport 2000/11.
9. Glenn, E.P., J.J. Brown en J.W. O'Leary (1998). Irrigating crops with seawater. Scientific American, August 1998 : 76-81.
10. Conniff, K., M. El Zanaty en M. Tawfik (1996). Halophytes as crop alternative in saline areas of Egypt. Water Resources Strategic Research Activity, WRSR publication nr. 26.
11. Glenn, E.P., J.J. Brown en E. Blumwald (1999). Salt tolerance and crop potential of halophytes. Critical Reviews in Plant Sciences 18 (2): 227-255.
12. Goosen, H. (1999) Towards a saline alternative: using halophytes for sustainable agriculture IVM report E-99/13 (confidential).
13. Goosen, H. en P. Vellinga (2000). Perspectieven voor zoutwaterlandbouw. In: Bioproductie en ecosysteemontwikkeling in zoute condities - Essay, literatuurscan en interviews, NRLO-rapport 2000/11.
14. Jansen, H. (1999). Voedselzekerheid is nu vooral een kwestie van koopkracht (interview met de vader van de groene revolutie M.S. Swaminathan). In: IS (internationale samenwerking) 1999 (11): 20-23.
15. Kerkvliet, J.D. (2000). Algen en zeewieren als levensmiddel: onder of overgewaardeerd? Rapport Keuringsdienst van Waren Noordwest (in druk).
16. Postma, R. (1999). Het belang van brak. In: samenvattingen van de inleidingen op het symposium "De gouden rand van de waddenzee" (pag. 5), V&W,-Directie Noord.
17. Rozema, J., H.J. Wiesenekker, R. Decae en J. Broerse (1996). Landbouwproductie op brakke grond in 2040. In: Duurzaamheid en chemie (pag. 109-141) DTO, Delft.
18. Saeijs, H.L.F. (1991). Een zee van mogelijkheden. Voordracht tijdens het symposium "Toekomst van de zee". In: Noordzee een zee van ruimte, ICONA p. 29 - 42.

19. Tramper, J. (1998). Concepten voor een nieuw elan in de Nederlandse landbouw. Interne notitie Wageningen UR.
20. Waterman, R.E. (1991). Naar een integraal kustbeleid via bouwen met de natuur. Delft, 114 p.
21. Zon, J.C.J. van (1998). De zee van bron tot hulpbron. In: Zeeën van mogelijkheden, NRLO-rapport 98/10, p. 49-88.

Bijlage 1: Overzicht van geïnterviewde personen

Onderzoek en consultancy

Ir. H.W. Denecke	International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI)
W. van Dieren	Instituut voor Milieu- en Systeem-Analyse (IMSA)
Dr. W.F.W.M. van Heugten	Stichting Duurzame Chemie-Ontwikkeling (DCO)
Dr. A.H.L. Huiskes	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO)
Mw. Dr. P. Kamermans	Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO)
Prof.dr. M.J. Kropff	Wageningen Universiteit en Researchcentrum/ C.T. de Wit Graduate School
Ir. J.J.M. Mulderink	Stichting Duurzame Chemie-Ontwikkeling (DCO)
Ir. H.P. Ritzema	International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI)
Ir. C.W.J. Roest	ALTERRA
Prof.dr. J. Rozema	Vrije Universiteit Amsterdam (VU)
Prof.dr. H. Saeijs	Erasmus Universiteit Rotterdam (EUR)
Ir. J.H. Voûte	Dutch Institute of Management & Innovation (DIMI)
Prof.dr.ir. R.E. Waterman	Adviseur integraal kustbeleid en -ontwikkeling

Ondernemers in zoutwaterlandbouw (incl. mariene productie)

J. Bogemans	Scrops B.V.
A. Bout	Seafarm B.V.
Mw. Dr. E. Erasmus, Ph.D., M.B.A.	Ocean Desert Enterprises B.V. (ODE)
R. Hoogland	Hoogland
Dan Murphy	Saline Seed S.A. Mexico
José Noriega	Saline Seed S.A. Mexico
G. O'Reilly	Coastal Harvest B.V.
B. Schot	Seafarm B.V.
Ir. M. Stevens	Stevenshield

Veredelingsbedrijven

Ir. J. Berg	Rijk Zwaan Nederland B.V.
Ir. J. Dourleijn	Advanta Nederland
Dr. H. Pennings	Seminis Vegetable Seeds
Dr.ir. O.M.B. de Ponti	Nunhems Zaden B.V. (Aventis)

Milieu en natuur

Th. Kramer	Zeeuwse Milieufederatie
Ing. G.J. Sterkenburg	Stichting Het Groninger Landschap

Internationale referenties (schriftelijk)

Prof.Dr. M. Ajmal Khan	University of Karachi, Karachi, Pakistan
Dr. P.K. Ghosh	Director of the Central Salt & Marine Chemicals Research Institute, Gujarat, India
Dr. S.R. Grattan	University of California, Davis
Dr. S.H. Lips	J. B. Laustein Institute for Desert Research, Ben Gurion University of the Negev, Sede Boqer, Israël
Dr. R.A. Mashelkar	Director General of the Council of Scientific & Industrial Research, New Dehli, India
Prof.Dr. Mona El Qadi	Natural Water Resource Centre, Caïro, Egypte
Dr. R.S. Paroda	Director General Indian Council of Agricultural Research, New Dehli, India
Dr. M. Poole	Csiro centre for Mediteranean Agricultural Research, Wembley, Australië
Dr. M.S. Swaminathan	M.S. Şwaminathan Research Foundation, Madras, India)

Nederlandse landbouwraden:

Mw. Mr. G.A. Kostwinder	New Delhi, India
Mr. B.B. van der Meer	Kairo, Egypte
J.G. van der Vooren	Riyadh, Saoedi-Arabië

Bijlage 2: Leden klankbordgroep

J. van Dijk	Ex-gedeputeerde Provincie Groningen Commissie Waterbeheer 21 ^e eeuw
Prof.dr. M.J.Kropff	Wageningen Universiteit en Researchcentrum/ C.T. de Wit Graduate School
Ir. J.J.M. Mulderink	Stichting Duurzame Chemie-Ontwikkeling (DCO)
Prof.dr. H.L.F. Saeijs	Erasmus Universiteit Rotterdam
Ir. G.H.J. Titulaer	Westelijke Land- en Tuinbouw Organisatie (WLTO)
Prof.dr.ir. P. Vellinga	Instituut voor Milieuvraagstukken/ Vrije Universiteit Amsterdam (IvM/VU)
Drs. J.C.J. van Zon	Arcadis-Euroconsult B.V.
Dr.ir. H.J. van Oosten (projectleider)	Bureau NRLO
Dr.ir. J.G. de Wilt	Bureau NRLO